



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2023





Assessorato alla Transizione ecologica, contrasto al cambiamento climatico,
Ambiente, Difesa del suolo e della costa, Protezione civile



Arpae

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

Struttura Oceanografica Daphne

Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2023

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	11
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.....	23
3.2.1.c	Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton.....	23
3.2.2	Matrice sedimento	23
3.2.2.a	Indagini chimico/fisiche	23
3.2.2.b	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	24
3.2.2.c	Analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	25
3.2.3	Matrice biota.....	26
3.2.3.a	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	26
3.2.4	Indagini meteo-marine.....	27
4	LO STATO TROFICO	28
4.1	Rete di monitoraggio	28
4.1.1	Parametri e frequenza di campionamento.....	31
4.2	Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano romagnolo.....	33
4.3	Elaborazione bollettino	50
4.3.1	Parametri idrologici	52
4.3.1.a	Temperatura	52
4.3.1.b	Salinità.....	58
4.3.1.c	Ossigeno disciolto.....	66
4.3.1.d	Clorofilla "a"	70
4.3.2	Elementi nutritivi	73
4.3.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃).....	73
4.3.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	77
4.3.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃).....	80
4.3.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN)	84
4.3.2.e	Azoto totale (N tot).....	87
4.3.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄)	91

4.3.2.g	Fosforo totale (P tot).....	96
4.3.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	101
4.3.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile)	104
4.4	Definizione dello Stato Trofico	106
4.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	106
4.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	111
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	114
5.1	Rete di monitoraggio	115
5.2	Analisi dei risultati.....	119
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB).....	119
5.2.1.a	Fitoplancton	119
5.2.1.b	Macrozoobenthos	140
5.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB.....	157
5.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica	157
5.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti	159
	Granulometria.....	159
	Carbonio Organico Totale	161
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità	162
5.2.4	Inquinanti appartenenti all'elenco di priorità.....	163
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua	164
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel biota	164
5.2.4.c	Sostanze ricercate nel sedimento	165
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI.....	170
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	172
7.1	MEDUSE	172
7.2	AVVISTAMENTI DI <i>MNEMIOPSIS LEIDYI</i>.....	173

HANNO CONTRIBUITO

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
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
Rita Pellegrino
Cinzia Pellegrino

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori multisito di Ravenna e Ferrara

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Silvia Pigozzi
Elena Riccardi
Sara Buratti

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpae - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

<https://www.arpae.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 marine 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 resta quanto previsto dal D.M. 367/03 alla tab.2 e concorrono anch'esse 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

L'Adriatico ha un'estensione di 132.000 km², con una superficie pari ad 1/19 di quella del Mediterraneo (2.504.000 km²). Ha un volume di 36.000 km³ corrispondente a 1/103 dell'intera massa acquee mediterranea (3.700.000 km³). Straordinaria è la quantità di acque dolci che in esso si immettono; pur essendo un bacino di modeste dimensioni riceve 1/3 di tutti gli apporti fluviali confluenti nel Mediterraneo (il Mar Nero non è compreso in queste valutazioni).

Presenta una forma allungata secondo un asse principale orientato in direzione Nord Ovest–Sud Est, ha una lunghezza di circa 800 km e una larghezza massima di 220 km. Ricorda un lungo e stretto golfo, chiuso a nord in corrispondenza del Golfo di Trieste ed aperto verso sud, che comunica con il Mar Ionio attraverso il Canale d'Otranto largo appena 74 km. L'Adriatico presenta scarse profondità nella parte settentrionale (Figura 1), sul transetto Rimini-Pola (Croazia) si raggiungono a malapena i 50 m, più a sud, al traverso di Pescara, si trova una depressione, la Fossa di Pomo, che raggiunge i 238 m. La profondità massima di 1200 m si rileva però nella parte meridionale del bacino al largo di Bari. La pendenza dei fondali prospicienti l'Emilia-Romagna è molto lieve, soprattutto se si considera che la profondità oltre ad 1 km dalla costa aumenta di un metro ogni chilometro.

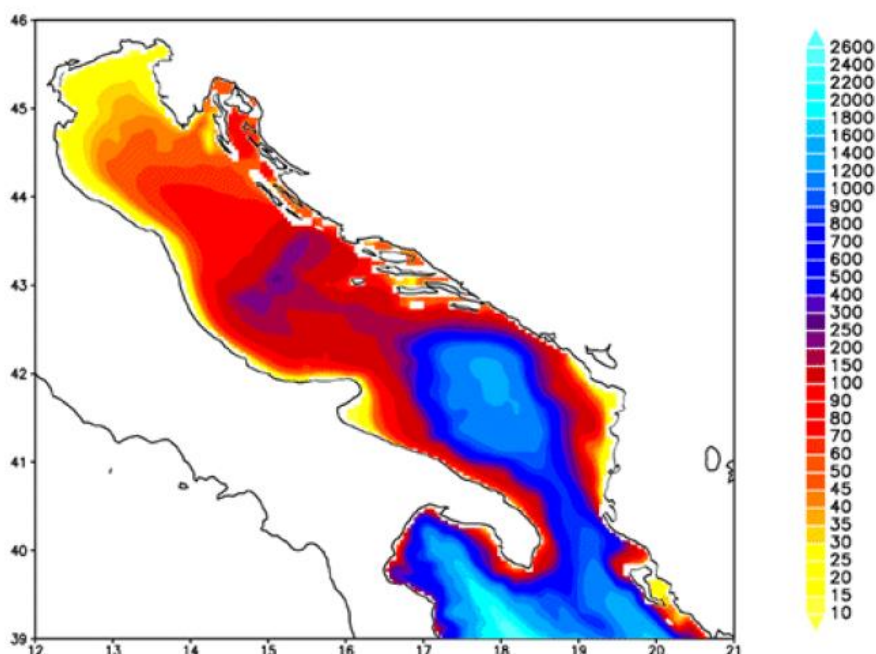


Figura 1 – Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

Nella parte alta del bacino si riversano importanti fiumi che nel loro insieme rappresentano il reticolo drenante del Bacino Padano, una vasta valle compresa tra le Alpi a nord e la Catena Appenninica a sud. Nell'arco di costa nord-occidentale troviamo infatti le foci dell'Isonzo, del Tagliamento, del Piave, del Brenta, dell'Adige, del Po e del Reno. Il Po, il primo fiume italiano per lunghezza e portata (675 km di lunghezza e con portata media annuale di circa 1500 m³/sec), termina la sua corsa verso il mare in un delta formato da 5 diramazioni principali.

Il trasporto solido del Po ha generato nel tempo una vasta area deltizia il cui territorio protende verso est per circa 23 km.

Le coste si presentano basse, regolari e sabbiose su gran parte del versante italiano mentre su quello orientale si ha una costa alta, frastagliata e rocciosa. I fondali dell'Adriatico nord-occidentale sono formati da materiale sedimentario a granulometria fine (sabbie, limi e argille). Sulla direttrice che attraversa l'Adriatico da costa a costa, incontriamo una stretta fascia litoranea sabbiosa la cui larghezza media può essere compresa tra 1 e 2 km. Quindi, in rapida successione, troviamo sabbie che si arricchiscono progressivamente di frazioni pelitiche (limo e argille) via via crescenti fino a 5-6 km dalla costa. Da questa distanza fino a 45-50 km la componente sabbiosa scompare per lasciare il posto ai soli fanghi. Questa larga fascia sedimentaria pelitica è originata principalmente dagli apporti di materiali fini portati in sospensione dal Po e dagli altri fiumi e diffusi dalle correnti marine che tendono a convogliarli verso sud-est. L'area più estesa occupata dalle peliti si trova nella zona prospiciente al suo delta e continua poi parallelamente alla costa, per buona parte della lunghezza dell'Adriatico. Superata la fascia occupata dai fanghi, sempre procedendo lungo la direttrice verso il versante orientale, ritroviamo ancora sedimenti pelitico-sabbiosi per una larghezza di diversi chilometri e quindi sabbie fino ad arrivare alla costa croata.

Il Po è il motore principale della circolazione delle acque del nord Adriatico. Con i suoi apporti di acqua dolce esercita una forte diluizione della salinità delle acque della zona costiera e induce un'accelerazione che produce in generale correnti verso sud. Tale direzione prevalente delle correnti è rafforzata dai venti prevalenti di Bora (Nord-Nord orientale). La corrente verso sud dell'Adriatico Occidentale è chiamata Corrente Costiera dell'Adriatico Occidentale (WACC), i cui massimi di corrente non si rilevano lungo la costa ma su una batimetria di 20-30 metri, circa 20-30 km da costa. Questa fa sì che si formino delle zone di "ricircolo" ovvero un movimento di masse d'acqua marina vicino a costa con direzione verso nord.

La variabilità delle correnti costiere indotte dai gradienti termici e associata alla salinità dell'acqua è molto accentuata nella zona a nord di Ravenna, mentre la zona sud è caratterizzata da correnti pressoché permanenti verso sud.

2.2 LA FASCIA COSTIERA EMILIANO ROMAGNOLA

2.2.1 Le pressioni

I processi di eutrofizzazione che da diversi anni affliggono la fascia costiera dell'Emilia-Romagna provocano impatti negativi oltre che sugli equilibri ambientali dell'ecosistema bentico anche su due importanti settori dell'economia regionale e nazionale quali turismo e pesca e rappresentano il problema principale dell'alterazione dello stato ambientale.

Le zone prospicienti al delta del Po e la costa emiliano romagnola, essendo investite direttamente dagli apporti del bacino idrografico padano nonché dagli apporti dei bacini costieri, sono maggiormente interessate da fenomeni di eutrofizzazione. L'influenza e l'effetto dell'apporto veicolato dal fiume Po sull'area costiera, si evidenziano considerando anche il valore di salinità che si abbassa notevolmente lungo la fascia costiera rispetto al mare aperto; inoltre la grande massa di acqua dolce immessa dal fiume Po (circa 1500 m³/sec come media annuale nel lungo periodo), rappresenta il motore e l'elemento caratterizzante del bacino dell'Adriatico nord-occidentale, in grado di determinare e condizionare gran parte dei processi trofici e distrofici nell'ecosistema costiero (Figura 2).

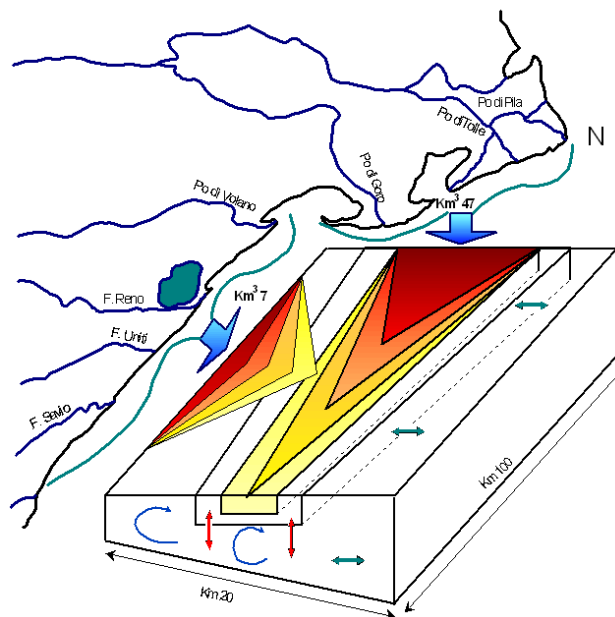


Figura 2 – Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

2.2.2 La qualità delle acque marino costiere

Le attività di monitoraggio attuate dal 1980 hanno consentito di delineare la distribuzione lungo la costa degli elementi eutrofizzanti e degli effetti distrofici conseguenti, discriminando le aree maggiormente interessate dai processi eutrofici, anossici e ipossici che mostrano una grande variabilità stagionale.

Nelle stagioni di autunno, inverno e primavera la fascia costiera risulta divisa in due parti. Lo dimostrano le distribuzioni spaziali, da costa fino a 10 km verso il largo, di salinità, nitrati, considerati come traccianti, e di clorofilla "a" e indice trofico TRIX quali indicatori rispettivamente di biomassa microalgale e di stato trofico.

La prima parte corrisponde alla zona settentrionale dove le concentrazioni di nutrienti assumono valori più elevati rispetto alla zona centro-meridionale. La seconda, che si estende da Ravenna a Cattolica, presenta condizioni di stato ambientale che tendono ad uniformarsi per quanto riguarda gli indicatori di stato trofico, ma con valori più bassi rispetto alla zona settentrionale.

Nel periodo estivo, se si verifica una condizione di riduzione degli apporti dal bacino padano ed in seguito alla modificazione della circolazione delle masse d'acqua, il miglioramento dello stato qualitativo ambientale interessa anche le zone del ferrarese, mentre i processi eutrofici si localizzano nella zona a ridosso del delta del fiume Po.

L'area settentrionale dell'Emilia-Romagna è soggetta maggiormente allo sviluppo di stati anossici/ipossici nel periodo estivo/autunnale rispetto alla restante area costiera. Infatti la formazione di anossie negli strati prossimi al fondale è in stretta correlazione con la biomassa microalgale e alle condizioni al contorno favorevoli, rappresentate da scarsa dinamicità delle masse d'acqua e da situazioni meteo-marine stabili.

In altre parole poiché nella parte settentrionale, Goro-Ravenna, le manifestazioni di stato eutrofico e di fioriture microalgali sono più marcate, anche gli eventi distrofici conseguenti si manifestano più frequentemente.

2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea

In una zona costiera dove l'influenza degli apporti fluviali è dominante e le stratificazioni in temperatura e densità sono rilevanti, l'informazione del campo di temperatura e salinità possono essere tradotte in quella del campo di velocità associato alle correnti cosiddette "geostrofiche". La parola viene dal greco e significa "terra che gira": infatti per ottenere una relazione tra temperatura, salinità e correnti si suppone che i gradienti di questi due parametri inducano un campo di velocità che risente degli effetti della rotazione terrestre. Questo bilancio impone che nell'emisfero nord la circolazione sia antioraria attorno alle zone di bassa pressione, ovvero

ciclonica, mentre al contrario attorno alle zone di alta pressione la circolazione sia oraria, ovvero anticiclonica.

La struttura più importante che emerge per tutti i mesi, anche se con diversa intensità, è una separazione netta dei regimi di circolazione tra la regione a nord e a sud dell'area tra Ravenna e Lido Adriano. In generale si può dire che la circolazione a nord di Ravenna è molto variabile durante l'anno e si riversa in direzione tra l'inverno e l'estate, mentre a sud la corrente è pressoché invariata in direzione durante l'anno ed è generalmente verso sud. Nella regione centrale attorno a Ravenna le correnti possono essere deboli e verso il largo (come nel caso di gennaio e dicembre) o deboli ma verso costa (come nel caso di settembre e ottobre).

La circolazione a Nord di Ravenna è caratterizzata da un campo di velocità diretto verso il largo sotto la foce del Po (nella zona antistante il Lido di Volano e il Lido delle Nazioni) che si richiude a nord di Ravenna con correnti verso costa. Queste due correnti opposte sono generalmente disconnesse ma ci sono mesi, quali quelli di aprile, maggio, giugno, dove si può chiaramente vedere che le correnti verso il largo e verso costa si connettono, quasi chiudendosi ad anello, producendo lungo la batimetria dei 10-20 metri una corrente verso sud. Questo anello è comunemente chiamato in oceanografia vortice ed in particolare, in questo caso, vortice anticiclonico; non è sempre presente e la circolazione mostra cambiamenti repentini di direzione nei vari mesi. Tra febbraio e marzo la corrente in questa area ha direzioni opposte, indicando ancora una volta un regime idrodinamico assai variabile ed instabile. Data l'importanza che questo tipo di circolazione può avere sui fenomeni eutrofici della zona costiera è necessario concentrarsi sulla circolazione dei mesi estivi di luglio, agosto e settembre. A luglio e settembre le correnti sono generalmente prossime alla costa e limitano, verso costa, una zona di alta temperatura e bassa salinità che può condurre a fenomeni distrofici, non rari in queste aree. Questa circolazione può essere vista come il bordo del vortice che è però così accostato che non riesce a chiudersi lungo la costa e tende a confinare le acque calde e poco salate; la circolazione in agosto è leggermente più "aperta" ovvero di scambio tra la costa ed il mare aperto anche se persiste una condizione di confinamento delle acque di tipo fluviale e ad alta temperatura verso la costa. Nella zona a sud di Ravenna e Lido Adriano le correnti sono generalmente verso sud e dell'ordine di 5-10 cm/sec tutto l'anno. È questo un segmento della famosa corrente del nord Adriatico (WACC), che persiste tutto l'anno raggiungendo la massima intensità tra novembre e gennaio. Questo segmento di corrente è disconnesso dalla circolazione a nord di Ravenna eccetto che in novembre, settembre, agosto, giugno e febbraio, dove sembra formare una unica struttura a curve alternanti (o meandri), occludendo da un certo punto di vista la zona costiera dagli scambi con il mare aperto. Nella stessa area a sud di Ravenna vi sono mesi dove la componente della corrente lungo costa è decisamente molto debole (marzo e luglio) mentre la componente perpendicolare alla costa è molto forte come nel caso di maggio, luglio, agosto e settembre.

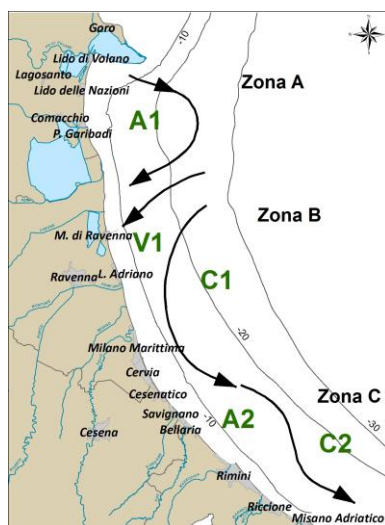


Figura 3 – Schema della circolazione climatologica dell’Emilia-Romagna alla superficie

Questa circolazione è indicativa di dinamiche di ‘downwelling’ lungo la costa, tipiche del regime di venti di questa area. Infatti il vento di Bora induce fenomeni di accumulo delle acque verso costa, seguiti da processi di sprofondamento e 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 separano le acque costiere dell’Emilia-Romagna in due zone, una a nord e l’altra a sud di Ravenna (vedi 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) 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 perseguimento 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 meteorologiche 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 107). 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 133).

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 mucilluginosi mediante l'utilizzo di una telecamera subacquea filoguidata le cui immagini vengono archiviate in una banca dati.

Parametro	Caratteristiche strumentali
Temperatura	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
Salinità	
Ossigeno disciolto	
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 mucilluginosi	Telecamera filoguidata (Fulgor Mare e Telesub Lanterna)

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 disciolto	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)	- APAT IRSA CNR 5060
Diuron	
Isoproturon	
Chinossifen	
Aclonifen	
Cibutrina	
Terbutrina	
Dimetoato	
Terbutilazina e desetil-terbutilazina	
Azoxistrobin	
Boscalid	
Carbendazim	
Clorantraniliprolo (DPX E – 2Y45)	
Cloridazon	
Dimetomorf	
Fludioxonil	
Fluopicolide	
Fluxapyroxad	
Imidacloprid	
Metalaxil	
Metamitron	
Metolaclor	
Oxadiazon	

Parametro	Metodo analitico
Pirimicarb	
Procloraz	
Propizamide	
Tebuconazolo	
Tiametoxam	
Solventi organici	
Benzene	- EPA 5030C/2003 + EPA 8260D/2018
1,2-Dicloroetano	
Diclorometano	
Esaclorobutadiene	
Tetracloruro di carbonio	
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	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutilfenolo)	
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	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Antracene	
Benzo(a)pirene	
Benzo(b)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
Metalli	
Mercurio e composti	- EPA 245.7 2005
Cadmio	- UNI EN ISO 17294-2:2016
Nichel	
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-031-04Rev.2 (multitest MT3A)
Azoto ammoniacale	SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 2
Azoto nitroso	SEAL Analytical Q-030-04 Rev 3 (Multitest MT3A)
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1 (Multitest MT19)
Azoto nitrico	SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)

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	- "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)	- 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	- Metodo interno (Mineralizzazione con acqua regia) + UNI EN 16171:2016
Cadmio	
Nichel	
Piombo	
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)
Pesticidi	
Aldrin	- Metodo interno (Estrazione Quechers, purificazione con Rame metallico e determinazione in GC-Triplo Quadrupolo)
Alfa esaclorocicloesano	
Beta esaclorocicloesano	
Gamma esaclorocicloesano lindano	
DDT	
DDD	
DDE	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
Politiclici Aromatici	
Naftalene	- EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018
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	- 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	

Sostanza	Metodo analitico
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	- EPA 3545A 2007 + EPA 3665A 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018 (GC/MS/MS)
T3CB- 31+28	
T4CB-52	
P5CB-101	
T4CB-81	
T4CB-77	
P5CB-123	
P5CB-118	
P5CB-114	
H6CB-153+168	
P5CB-105	
H6CB-138	
P5CB-126	
H6CB-128+167	
H6CB-156	
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 17294-2:2016
Pesticidi	
2,4'-DDT	- Metodo interno (Estrazione Quechers e determinazione in GC-Triplo Quadrupolo)
4,4'-DDT	
2,4'-DDE	
4,4'-DDE	
2,4'-DDD	
4,4'-DDD	
Esaclorobenzene	
Dicofol	
Solventi organici	
Esaclorobutadiene	- EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletero 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)
Policciclici 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 ICAM, 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	

Sostanza	Metodo analitico
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 Arpae

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

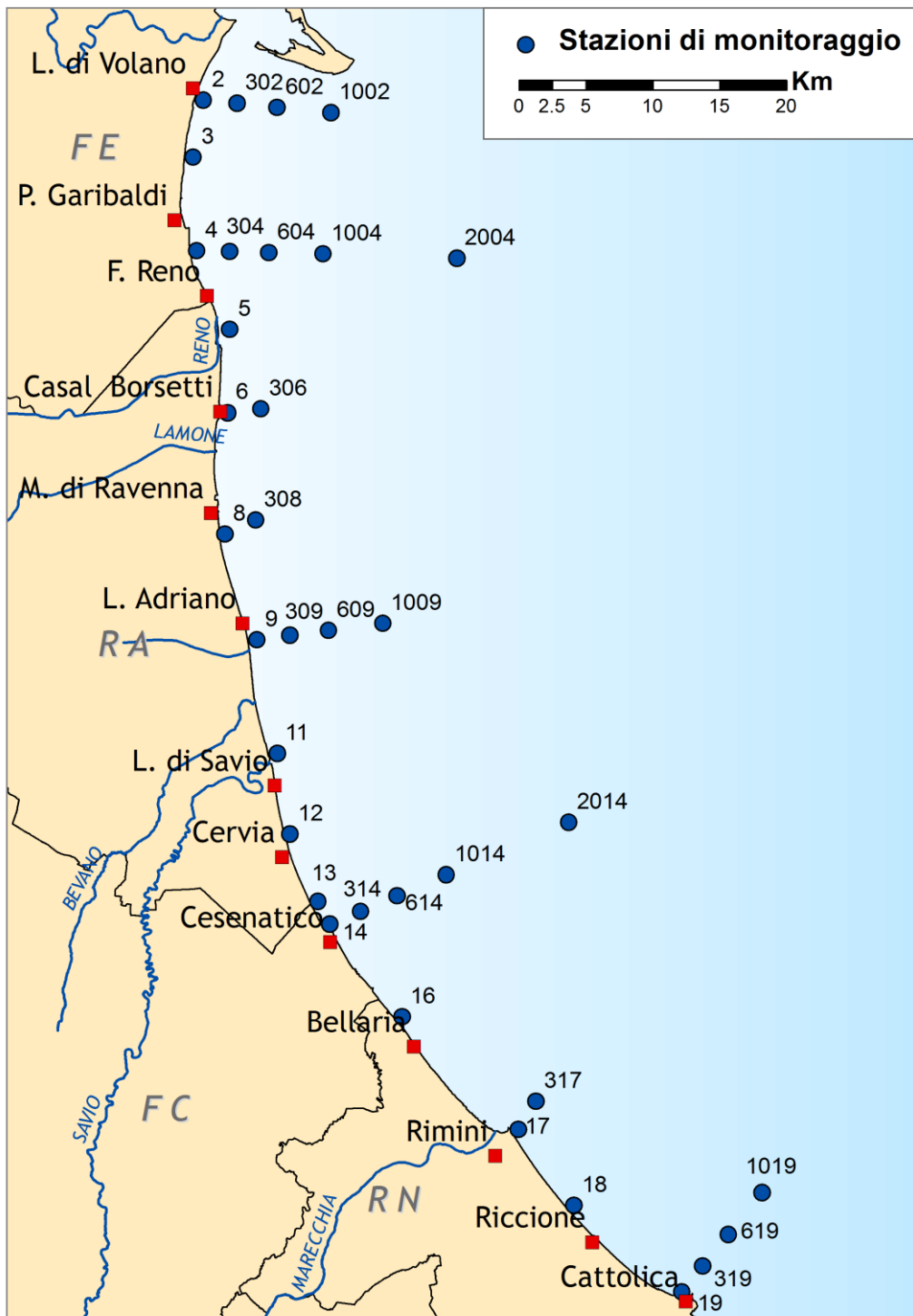


Figura 6 – Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)

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 disciolto 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 2023 è stato un anno contrassegnato da condizioni ambientali particolari come alte temperature atmosferiche e precipitazioni per lo più poco abbondanti ma a volte estremamente eccezionali che, insieme alle fluttuazioni degli apporti dai bacini costieri e da quello padano, hanno influenzato l'ecosistema marino prospiciente le coste dell'Emilia-Romagna.

Temperature atmosferiche al disopra della norma in inverno e in autunno hanno contribuito a mantenere le temperature delle acque marine in alcuni momenti dell'anno più elevate rispetto alle medie climatologiche, non solo nei primi metri della colonna d'acqua ma anche più in profondità.

Gli apporti modesti da parte dei fiumi, sia dai bacini regionali che da quello padano durante gran parte dell'anno, correlati all'andamento delle precipitazioni in alcuni periodi scarse o assenti (Figura 7), hanno contribuito a mantenere le acque marine mediamente salate e hanno limitato le immissioni di nutrienti. Questi ultimi, rappresentati principalmente da azoto e fosforo, contribuiscono normalmente all'aumento della produttività dell'ecosistema marino in quanto alimentano e sostengono la componente fitoplanctonica presente nelle acque.

Nel corso del 2023, lungo la costa dell'Emilia Romagna, si sono verificati pochi eventi eutrofici di importanza significativa confermando, in molti monitoraggi, una buona condizione ambientale sia nell'area meridionale che in quelle centro settentrionale.

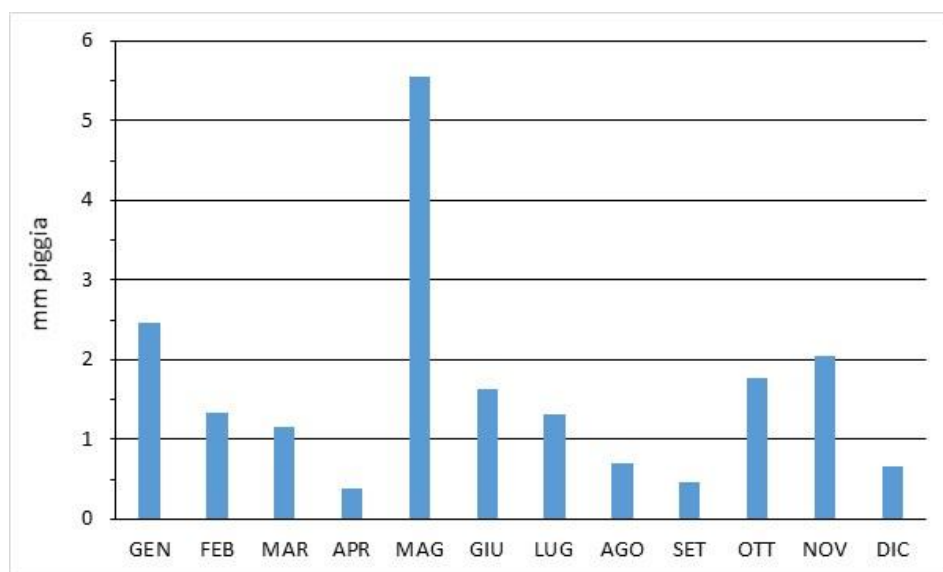


Figura 7 - Andamento mensile delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico localizzata presso la Struttura Oceanografica Daphne

Il mese di gennaio 2023 è iniziato con temperature esterne superiori alla media del periodo che hanno mantenuto quelle marine di superficie al disopra della media climatologica, attestandosi mediamente intorno agli 11°C nelle stazioni prossime alla costa (Figura 8). Da un punto di vista qualitativo i primi monitoraggi hanno evidenziato una buona qualità ambientale dell’ecosistema marino con valori medio alti di salinità (Figura 8), basse concentrazioni degli indici trofici e una buona trasparenza delle acque sia in costa che al largo.

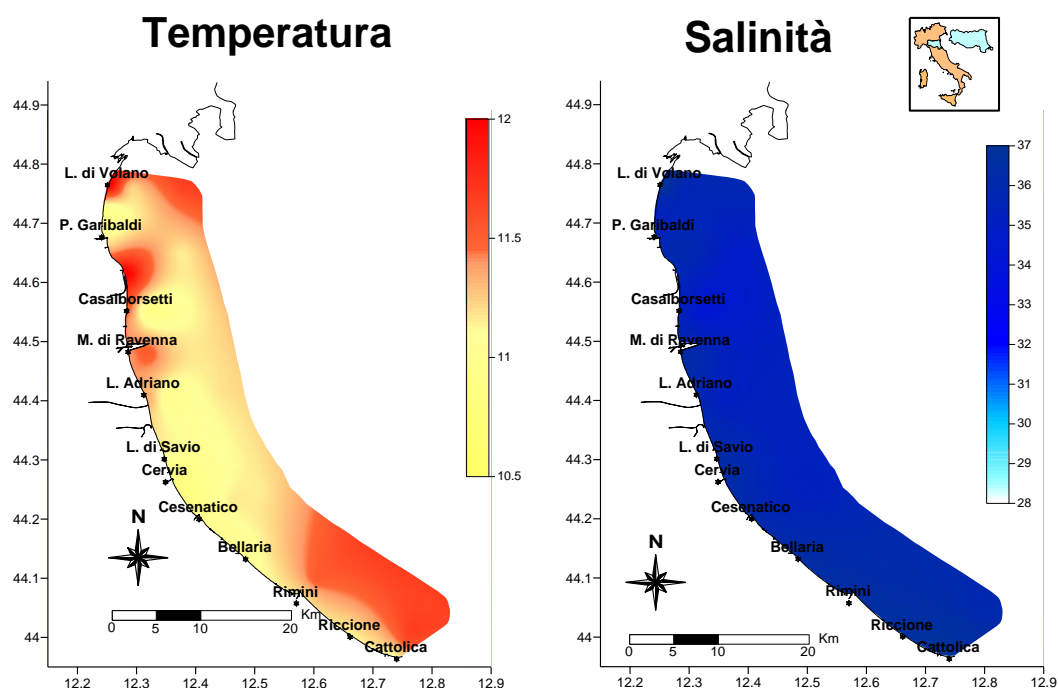


Figura 8 – Mappe di distribuzione della temperatura e della salinità lungo la costa fino al 10 km al largo durante i controlli dell’11-12 Gennaio

Durante i controlli effettuati a metà febbraio si è registrato un aumento delle concentrazioni di clorofilla “a” in alcune zone lungo la costa, in particolare nell’area centrale (Figura 9). Le analisi condotte in laboratorio sui campioni di acqua prelavata, hanno evidenziato la presenza di abbonante fitoplancton appartenente principalmente al gruppo delle Diatomee e più precisamente al genere *Skeletonema* spp. (Figura 10). Queste microalghe sono tipiche del periodo e contribuiscono con il loro sviluppo ad aumentare la produttività dell’ecosistema marino. Durante i controlli del 14 e 15 febbraio si è segnalata, rispetto ai controlli precedenti, una diminuzione delle temperature superficiali nelle stazioni più vicine alla costa con valori in media tra 7 e 8°C.

Anche nel corso del mese di marzo si sono registrate concentrazioni di clorofilla “a” elevate, confermando una evento eutrofico in atto esteso da Cesenatico fino a Lido di Volano, da costa fino a 10 km al largo (Figura 9).

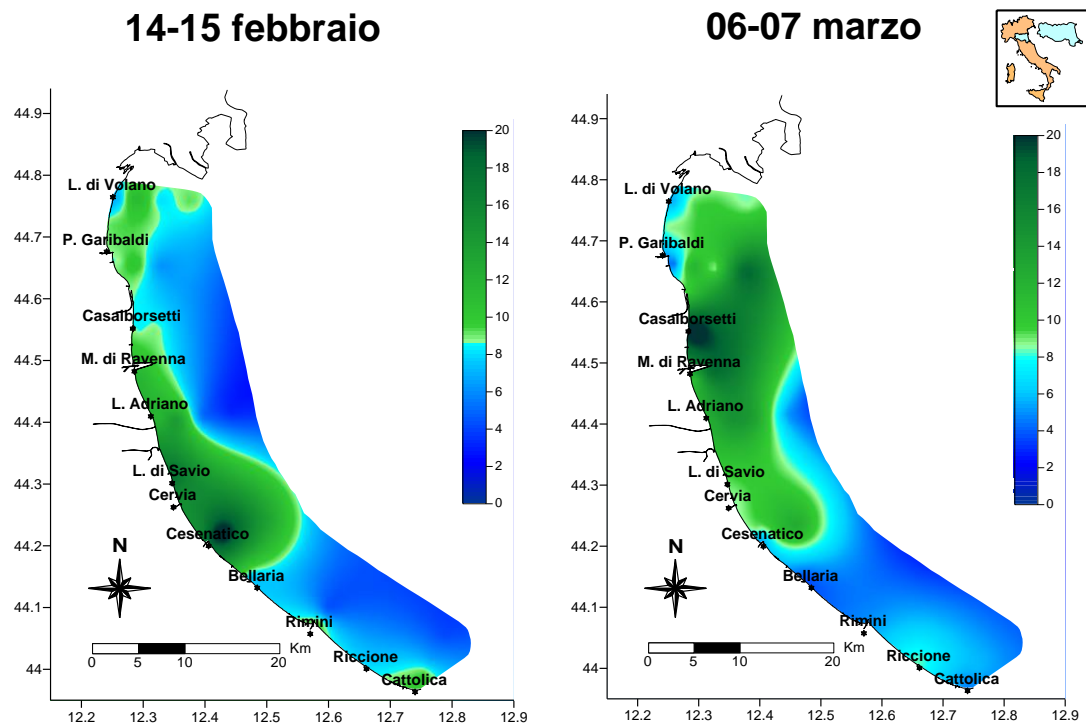


Figura 9 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli di Febbraio e Marzo

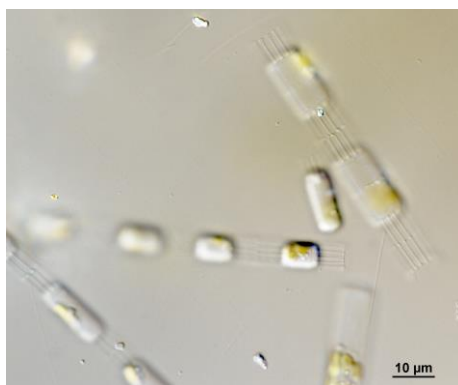


Figura 10 – *Skeletonema* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Questa condizione di elevata produttività dell’ecosistema era sostenuta da fioriture fitoplanctoniche di *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp. appartenenti al gruppo delle Diatomee. La presenza di microalghe e materiale particellato inorganico risospeso dal moto ondoso rilevato durante i controlli, ha contribuito ad aumentare la

torbidità lungo la colonna d'acqua diminuendo la trasparenza, in particolare nelle stazioni più vicine alla costa caratterizzate da minori profondità.

A fine mese si è registrata in generale una buona condizione ambientale in tutta l'area monitorata, con valori medio alti di salinità anche nelle zone più settentrionali della costa e concentrazioni dell'ossigeno disciolto nella norma lungo tutta la verticale.

Nel corso dei controlli del 19 e 20 aprile le temperature delle acque superficiali hanno subito un incremento in particolare nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa con valori in media intorno ai 14°C (Figura 11). Una buona qualità dell'ambiente marino costiero, contraddistinto da una elevata trasparenza della acque e da concentrazioni degli indici trofici medio bassi, si è protratta fino a inizio maggio. In questo periodo gli apporti dai bacini costieri, in particolare da quello padano, si sono rilevati modesti e questo ha contribuito a mantenere i valori di salinità nelle acque marine di superficie nella norma.

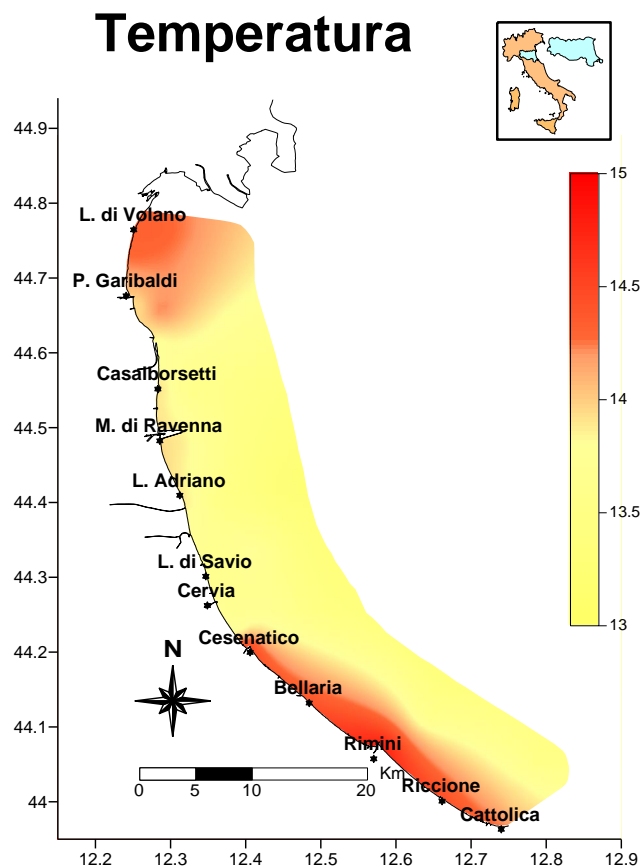


Figura 11 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C) lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 19-20 aprile

Nelle prime due settimane di maggio (dal 1 al 17 maggio) l'Emilia-Romagna centro-orientale è stata colpita da eventi atmosferici eccezionali che hanno visto cadere circa 4 miliardi di m³ d'acqua su tutto il territorio regionale. Il primo evento si è verificato tra l'1 e il 3 maggio a cui sono seguite precipitazioni meno intense ed estese nei giorni successivi e il secondo tra il 16 e il 17 che ha presentato una

caratteristica di forte eccezionalità. Intense precipitazioni superiori ai massimi storici (Figura 12) in concomitanza a venti di Bora che hanno provocato mareggiate ed ostacolato il deflusso dei corsi d'acqua in piena verso mare, hanno portato straripamenti ed allagamenti in diverse zone del territorio regionale con impatti devastanti su una vasta area di territorio e conseguentemente anche sulla popolazione.

Il triste bilancio dell'alluvione ha fatto registrare 17 decessi, 23 corsi d'acqua esondati, 65598 frane e 540 km² di territorio allagato con danni a strade, case, attività produttive e alle infrastrutture.

Nelle zone comprese tra i rilievi del bolognese e della Romagna, dove si sono osservate le cumulate maggiori, è stato valutato che l'80% dei pluviometri ha registrato record storici di precipitazione, con valori medi di oltre 300-400 mm cumulati in 17 giorni (Figura 12).

Nella stazione localizzata a Cesenatico, a maggio, si è misurato un valore mensile pari a 172.2 mm di pioggia caduta con un picco di 45.6 mm il giorno 16 (Figura 18).

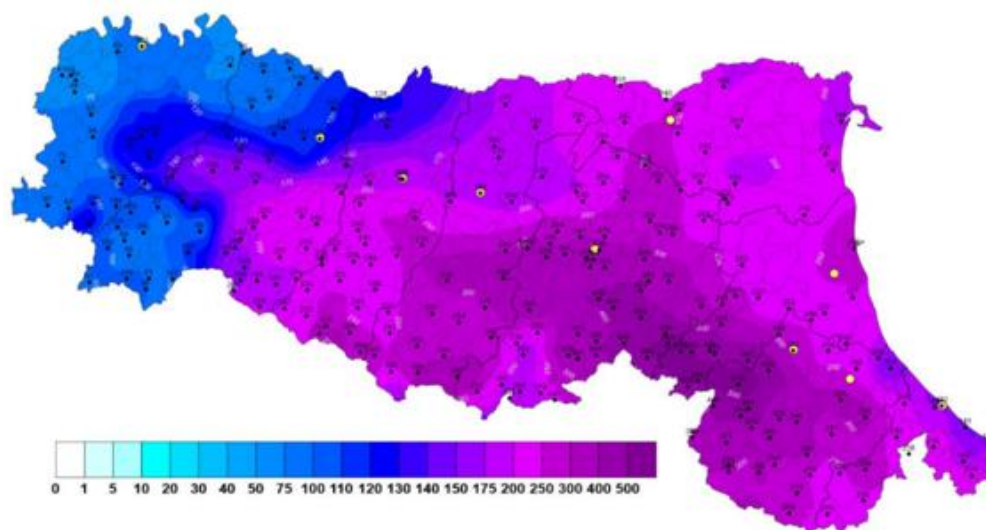


Figura 12 – Cumulata di precipitazione osservata nell'intero periodo dal 1 al 17 Maggio 2023 (Fonte ARPAE)

Questi eventi alluvionali hanno riversato a mare enormi masse d'acqua provenienti soprattutto dai bacini minori situati nella parte centro meridionale della regione (Reno, Lamone, Fiumi Uniti, Bevano, Savio, Rubicone, Marecchia); l'eccezionalità di questi flussi ha provocato una forte erosione degli argini fluviali e un cospicuo trasporto solido, come evidenziato nella foto scattata dal satellite in quei giorni (Figura 13), che ha influenzato la qualità ambientale dell'ecosistema costiero.



Figura 13 – FOTO: NASA - LANDSAT 8

A causa del protrarsi del maltempo non è stato possibile effettuare tutti i monitoraggi programmati in mare con la motonave Daphne II fino al 22 maggio. Nel corso dei controlli eseguiti dal 22 al 24 maggio, la situazione presentava bassi valori di salinità in superficie (Figura 17) con una forte stratificazione della colonna d'acqua (Figura 14), trasparenza bassa e una colorazione giallastra delle acque dovute al materiale terrigeno in sospensione presente nelle stazioni prossime alle foci dei fiumi.



Figura 14 – Profili di salinità (psu) e ossigeno disciolto (mg/l) eseguiti con sonda multiparametrica durante i controlli del 22-23-24 Maggio nelle stazioni a 6 km prospicienti Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

In alcune aree, in corrispondenza della corrente discendente, si incontravano numerosi rami, tronchi semisommersi e in galleggiamento che rendevano pericolosa la navigazione.

Le acque marine superficiali presentavano anche una colorazione verde-marrone dovuta ad un esteso processo di eutrofizzazione in atto in quel momento, sostenuto da fioriture di Diatomee appartenenti ai generi *Dactyliosolen* spp. e *Chaetoceros* spp. (Figura 15), con livelli di biomassa in alcune stazioni pari a 2-3 volte il limite eutrofico. Queste abbondanti fioriture sono riconducibili all'aumento delle temperature dell'acqua rispetto ai controlli di aprile (19-20°C) e al forte contributo di elementi nutritivi provenienti dall'entroterra e sversati a mare proprio a seguito dell'evento eccezionale. Confermano questa ipotesi le analisi relative alla concentrazione di azoto totale misurate nei campioni prelevati confrontate con i valori medi calcolati tra il 2012 e il 2022: al largo di Porto Garibaldi i valori del parametro sono risultati 3 volte superiori alla media e fino a quasi 8 volte maggiori nella zona meridionale (Figura 16).



Figura 15 – A) *Dactyliosolen* spp. B) *Chaetoceros* spp. Fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

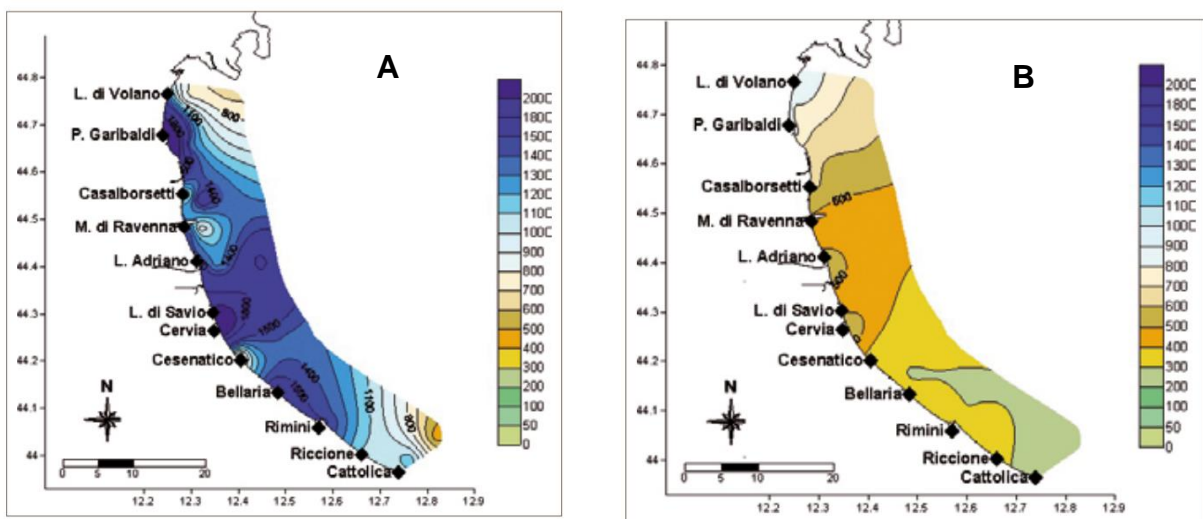


Figura 16 – A) Mappe di distribuzione dell'azoto totale ($\mu\text{g/l}$) in superficie lungo la costa fino a 10 km durante il monitoraggio del 22-23-24 Maggio 2023 B) Distribuzione dell'azoto totale espresso come valore medio calcolato nel periodo 2012-2022

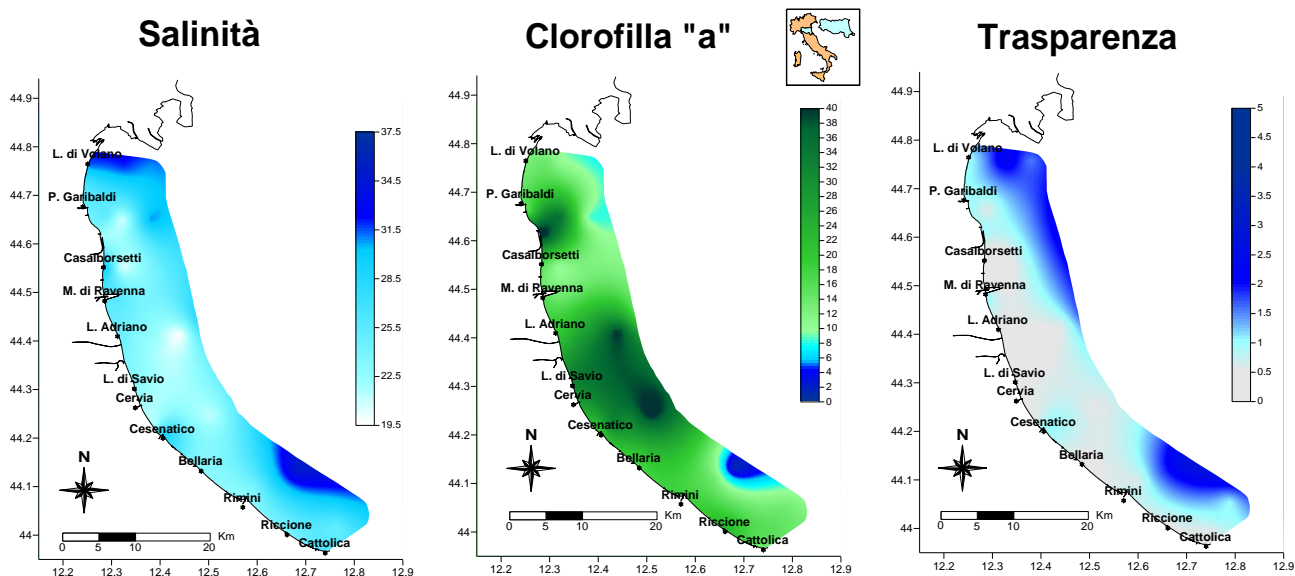


Figura 17 – Mappe di distribuzione della salinità (psu), clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) e trasparenza (m) lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 21-22-23 Maggio

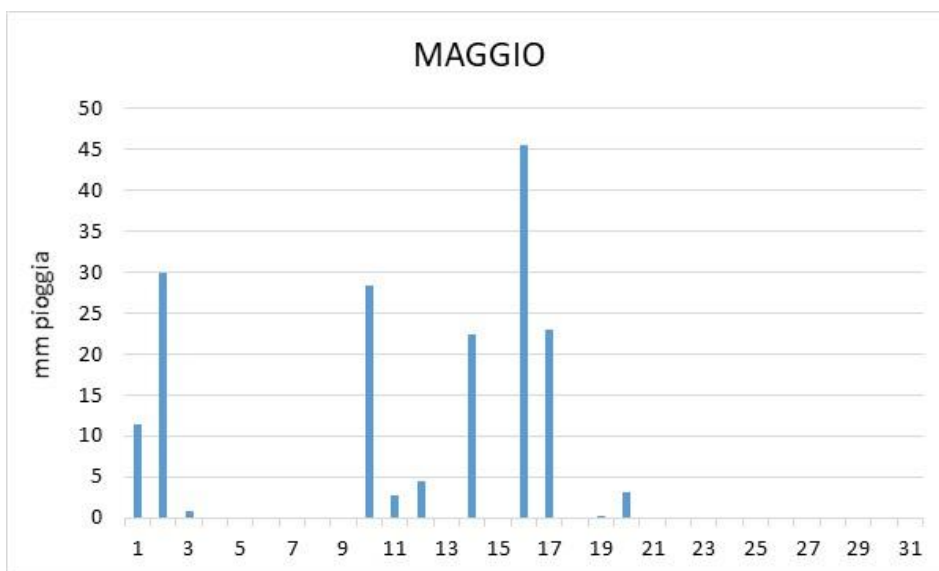


Figura 18 – Andamento delle precipitazioni registrate nella stazione di Cesenatico durante il mese di Maggio

Questa condizione si è protratta fino a metà giugno anche a causa dell'immissione del materiale forzato verso mare dall'entroterra nel tentativo di liberare i terreni dal fango.

Si è poi osservato il perdurare di una condizione ambientale caratterizzata da una bassa trasparenza sia per la presenza di materiale terrigeno in sospensione che per le elevate concentrazioni di clorofilla “a” (Figura 19), da diluizioni ancora importanti delle acque marine superficiali e dalla presenza di diversi tronchi e rami galleggianti e semi sommersi. Durante i controlli di inizio giugno si è registrata una diminuzione delle concentrazioni dell'ossigeno disciolto in alcune zone con valori tendenti

all'ipossia (Figura 19). L'abbondante fitoplancton sviluppatosi nell'ultimo periodo, a fine ciclo vitale si è andato a depositare sul fondo alimentando così la componente detritivora eterotrofa che, aumentando il proprio metabolismo, ha aumentato il consumo di ossigeno nella parte più profonda.

In alcune stazioni più settentrionali durante il monitoraggio del 14-16 giugno si è riscontrata la presenza abbondante di Chlorophyceae, comunità fitoplanctonica tipica delle acque dolci. Questa presenza confermava il perdurare di apporti di acque dolci dai bacini costieri che con l'incremento di nutrienti veicolati dalle acque dei fiumi ne hanno sostenuto lo sviluppo.

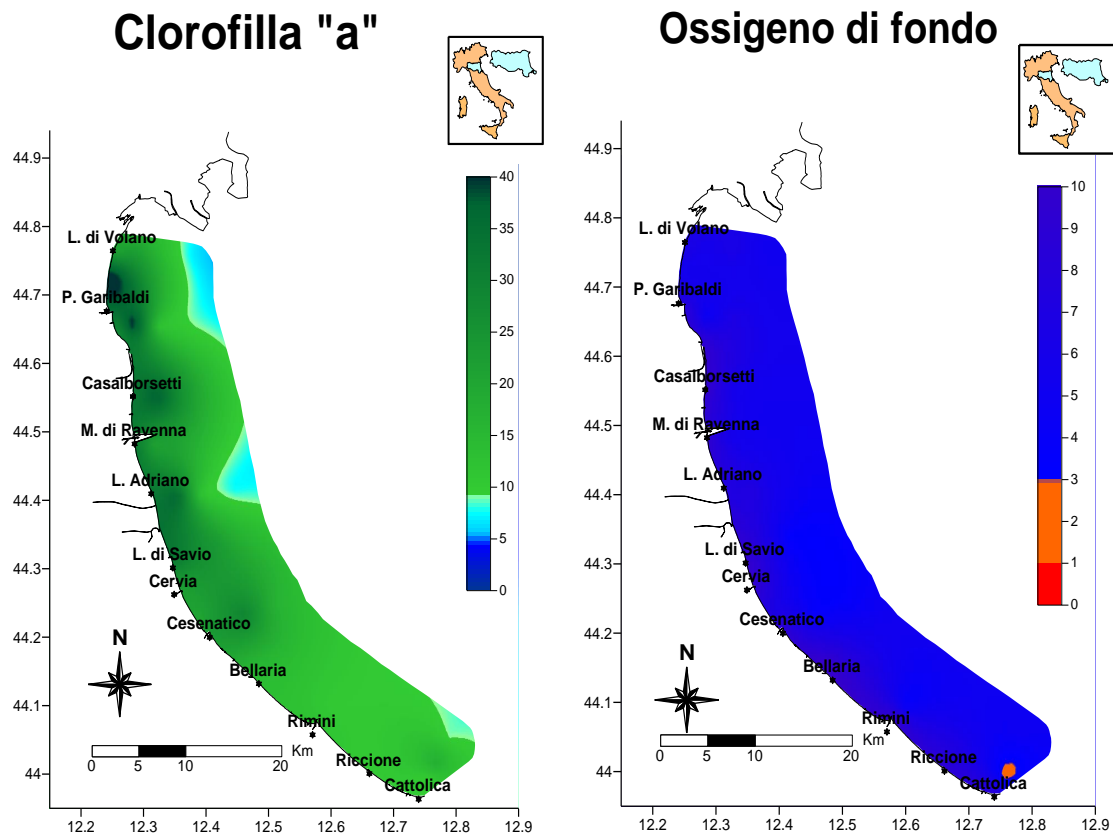


Figura 19 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” in superficie e dell’ossigeno disciolto sul fondo lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 5-6 Giugno

A distanza di un mese dall'alluvione si è registrato un miglioramento della situazione lungo tutta la costa. La circolazione antioraria dell'Adriatico ha consentito il deflusso delle acque provenienti dai bacini fluviali verso sud e la dispersione verso il largo del materiale immesso a mare, permettendo lentamente il ripristino delle normali condizioni ambientali della zona.

Nel corso del monitoraggio effettuato il 19-20 giugno si è confermato il miglioramento della qualità ambientale dell'ecosistema marino sia in prossimità della riva che al largo, con diminuzione degli indici trofici in tutte le stazioni rispetto ai controlli precedenti ed incremento della salinità nelle acque superficiali (Figura 20). Conseguentemente al ricambio delle masse d'acqua, la trasparenza è risultata

migliorata sia in costa che al largo. Le temperature in mare hanno registrato un incremento in superficie nelle aree più al largo, mentre in costa si mantenevano comprese in media tra 21.5 e 24°C.

Con il miglioramento delle condizioni ambientali si è iniziato a rilevare la presenza di meduse in alcune aree lungo la costa. In particolare si sono avvistati inizialmente esemplari appartenenti alla specie *Rhizostoma pulmo* caratteristica del periodo seguiti a fine mese anche da *Aurelia aurita*.

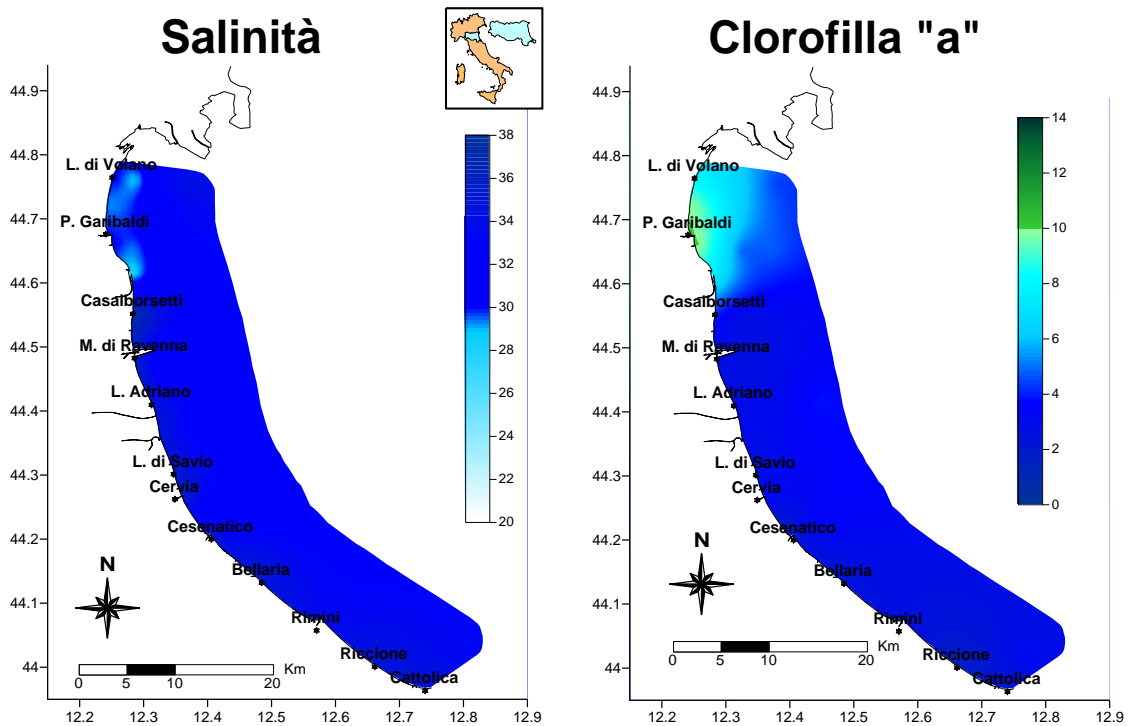


Figura 20 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della clorofilla (µg/l) nelle acque superficiali sia in costa che al largo nei controlli del 19-20 Giugno

Fino alla fine del mese si è mantenuta una buona qualità ambientale sia in prossimità della costa che al largo con valori degli indici trofici inferiori ai 10 µg/l in tutte le stazioni. Anche la sanità è rimasta su valori medio alti, in media intorno ai 33-34 psu, confermando la diminuzione degli apporti dai bacini costieri e in particolare da quello padano. Segue un regolare incremento delle temperature in costa fino a raggiungere valori medi compresi tra 25 e 26°C (Figura 21).

I monitoraggi eseguiti a luglio hanno confermato in generale il mantenimento di una buona qualità ambientale. Valori più alti di clorofilla “a” si sono registrati in qualche stazione localizzate nell’area più settentrionale della costa. In questi casi si è riscontrata la presenza nelle acque marine di alte concentrazioni di *Heterocapsa* sp. microalga di piccole dimensioni che, in fioritura, conferisce alle acque una caratteristica colorazione tendente al rosso diminuendo la trasparenza (Figura 22). Il mese di luglio si è caratterizzato per un aumento progressivo delle temperature delle acque marine sia in superficie che lungo tutta la colonna d’acqua.

Temperatura

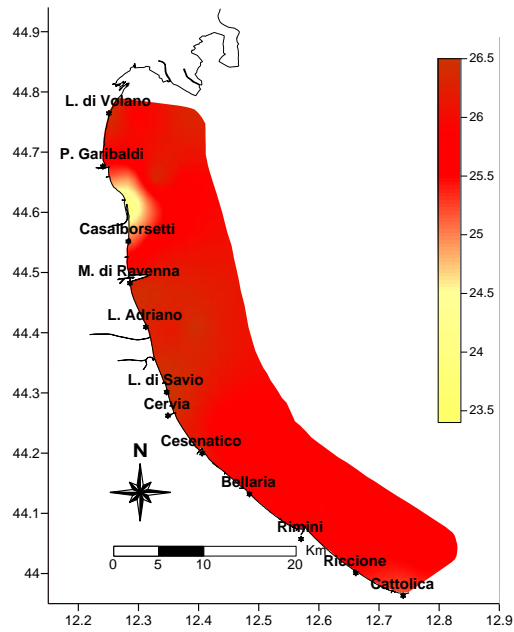


Figura 21 – Mappa di distribuzione della temperatura in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 26-24 giugno

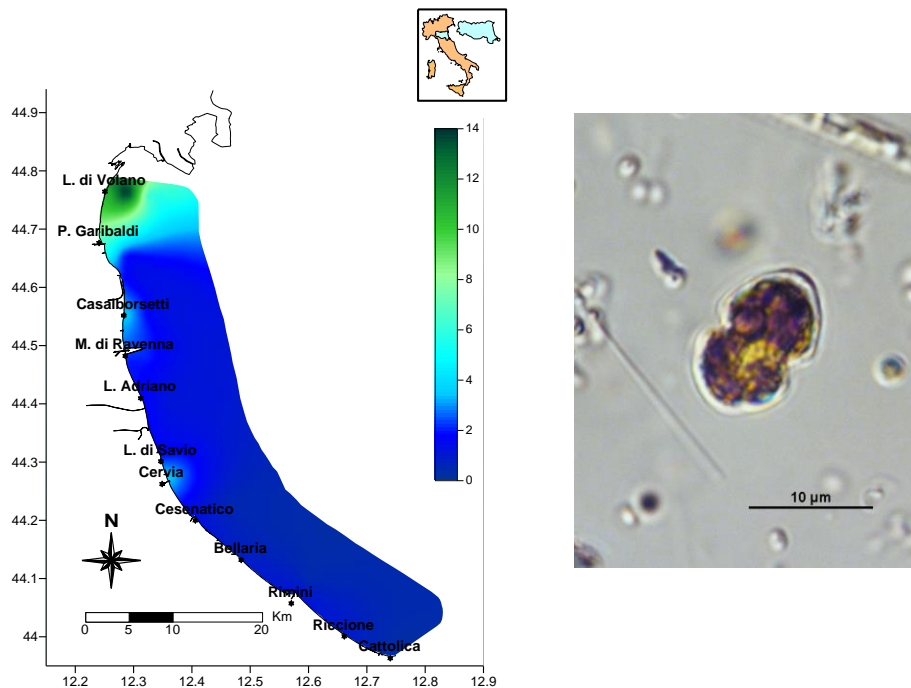


Figura 22 – A) Mappa di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) lungo la costa durante i controlli del 17-18 Luglio; B) *Heterocapsa* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Durante l'ultimo monitoraggio del mese nell'area più a sud della costa le temperature risultavano inferiori a quelle registrate nell'area più a nord, che hanno raggiunto anche i 29°C (Figura 23).

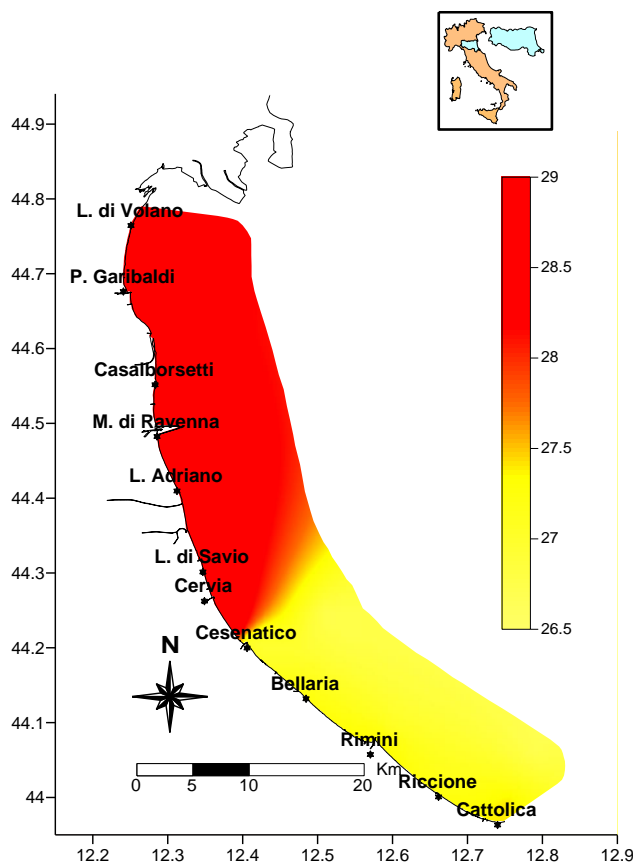


Figura 23 – Mappa di distribuzione della temperatura (°C) lungo la costa durante i controlli del 24-25 Luglio

Nel corso dei controlli eseguiti in agosto le acque hanno mostrato un buon stato di salute soprattutto nell'area centro-meridionale, con basse concentrazioni di nutrienti e alta trasparenza. Tuttavia nella zona settentrionale si sono registrati valori di clorofilla "a" di poco superiori ai 10 µg/l conseguentemente ad una maggiore presenza di fitoplancton, in particolare Diatomee con prevalenza di *Chaetoceros* spp. In mare, sempre nell'area più a nord della costa, erano presenti anche numerose Dinoflagellate rappresentate per lo più dal gruppo delle Gymnodiniales. Le temperature delle acque sono rimaste costanti tra 27 e 28°C e con salinità generalmente alta, tranne in alcune zone costiere. I livelli di ossigeno disciolto sono rimasti nella norma ad eccezione di alcune limitate aree dove si è misurato un decremento a livello del fondale tendente all'ipossia.

Nel corso di tutto il mese sono stati avvistati organismi gelatinosi non urticanti, come i Ctenofori (*Mnemiopsis leidyi*) e diverse specie di meduse caratteristiche del periodo *Rhizostoma pulmo*, e *Cotylorhiza tuberculata*. A fine mese, si è osservato un'aumento della temperatura superficiale, fino a raggiungere i 29°C (Figura 24). I controlli hanno confermato buone condizioni ambientali, con valori di clorofilla più

elevati solo nella zona settentrionale e una buona trasparenza nelle acque più a largo. La salinità è rimasta alta e i livelli di ossigeno disciolto sono stati generalmente nella norma ad eccezione di alcune limitate aree che non hanno comunque portato a criticità sul fondo.

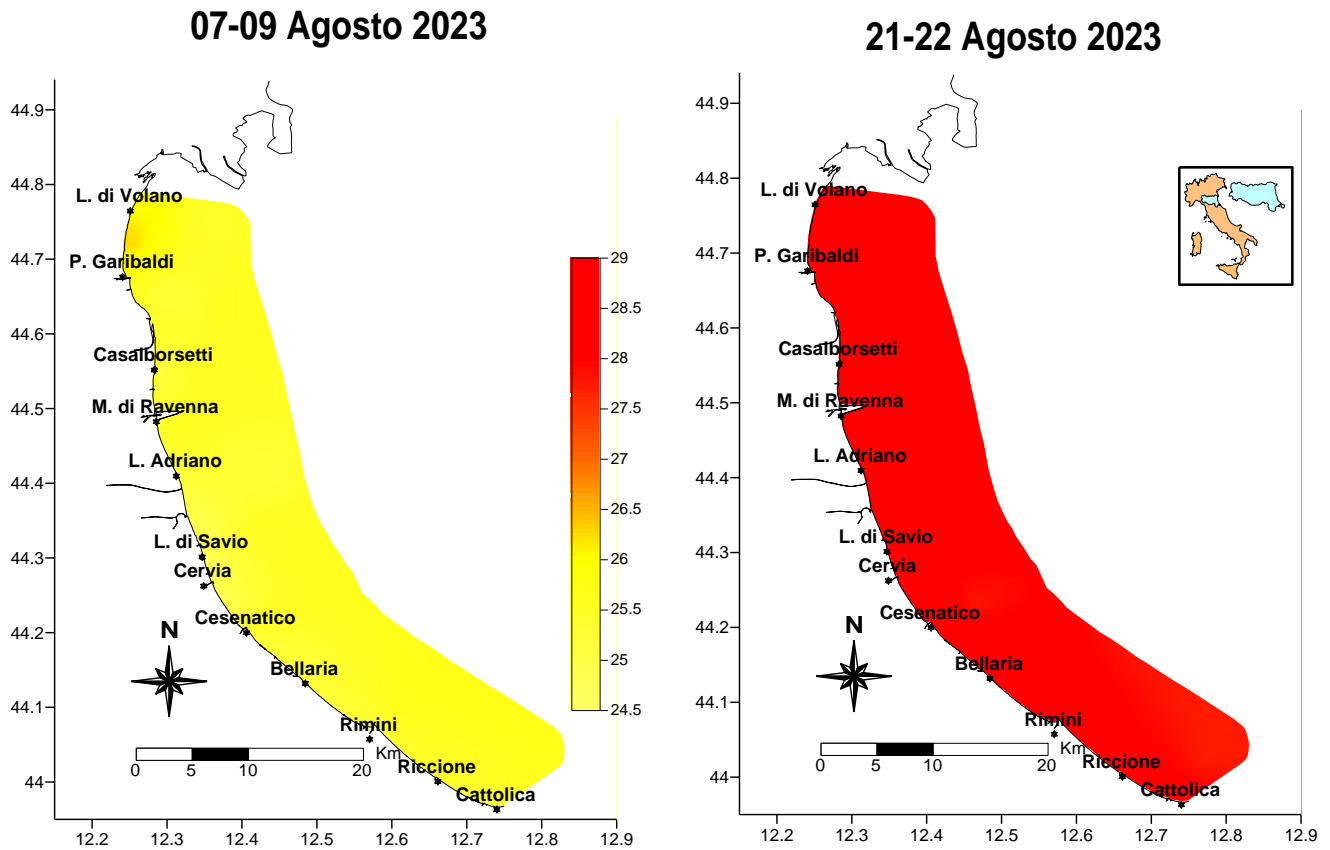


Figura 24 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C) lungo la costa durante i controlli del 7-9 Agosto e 21-22 Agosto

Lungo la costa, l'ecosistema marino durante i primi controlli di settembre presentava buone condizioni specialmente nell'area centro-meridionale, con bassi livelli di clorofilla "a" e buona trasparenza delle acque. A nord invece i valori trofici rimanevano più elevati a causa di valori di fitoplancton più abbondanti da Diatomee (*Chaetoceros* spp. e *Pseudo-nitzschia* spp.). La salinità in superficie si è attestata intorno ai 30-31 psu in costa mentre aumentava andando verso il largo confermando un modesto apporto di acque dai bacini regionali. Le temperature delle acque marine sono risultate in diminuzione rispetto a quelle misurate in agosto con una media di circa 24.5°C nell'area meridionale. I livelli di ossigeno disciolto sono rimasti generalmente nella norma, tranne in alcune zone del fondale dove si è registrata una condizione tendente all'ipossia.

Si è osservata la presenza di organismi gelatinosi non urticanti, come i Ctenofori (*Mnemiopsis leidyi*) e alcune meduse *Rhizostoma pulmo*, *Cotylorhiza tuberculata*.

Le temperature delle acque marine di superficie hanno subito una diminuzione progressiva in concomitanza alla diminuzione delle temperature atmosferiche e ad un maggior idrodinamismo delle masse d'acqua che ha mantenuto rimescolata le masse d'acqua. Nell'ultimo monitoraggio del 18-19 novembre si rilevava un incremento nella parte centro-settentrionale degli indici trofici con valori di clorofilla "a" superiori a 10 µg/l correlati ad una ricca comunità fitoplanctonica rappresentata sia da Diatomee (*Leptocylindrus* sp. e *Chaetoceros* spp) che da Dinoflagellate (*Scrippsiella* sp. e *Prorocentrum triestinum*) (Figura 25). La salinità in questa zona è rimasta inferiore ai 30 psu in costa e nell'area più settentrionale anche al largo come conseguenza di un aumento degli apporti dai bacini costieri e da quello padano. Le temperature delle acque di superficie risultavano in calo attestandosi attorno ai 22°C.

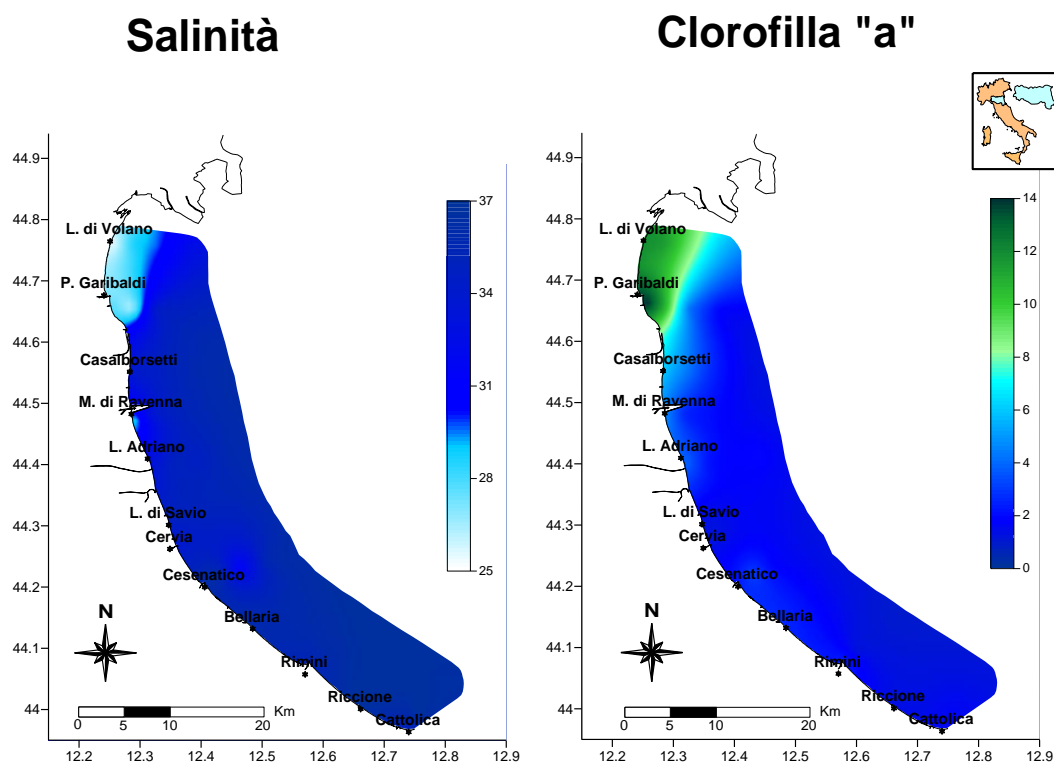


Figura 25 – Mappa di distribuzione della salinità e della clorofilla "a" lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 18-19 settembre

A causa di condizioni meteo marine instabili a ottobre non si è potuto completare tutto il piano di campionamento previsto. Il mare mosso che ha caratterizzato tante giornate ha portato ad un forte rimescolamento delle masse d'acqua, migliorando la qualità dell'ecosistema marino. Rispetto ai controlli precedenti si è notata una diminuzione delle concentrazioni di clorofilla "a" in tutte le stazioni, sia vicino alla costa che al largo ed un aumento della salinità in superficie. La trasparenza è risultata bassa a causa di materiale particellato in sospensione che ha reso torbida l'acqua. Le concentrazioni di ossigeno disciolto sono risultate nella norma in tutte le stazioni, anche negli ultimi strati prossimi al fondale.

In novembre l'andamento delle precipitazioni ha registrato una media di 2 mm di pioggia con un picco importante il giorno 5 pari a 16.6 mm di pioggia caduta (Figura 26).

Lungo la costa durante i monitoraggi di novembre si è osservata una buona condizione ambientale con basse concentrazioni di indici trofici in tutte le stazioni. La salinità in superficie rimaneva elevata nella zona centro-meridionale, mentre nella parte settentrionale risultava più bassa a causa di un maggior apporto di acque dolci dal bacino padano (Figura 27).

Le concentrazioni di ossigeno disciolto non hanno presentato valori anomali sia in superficie che sul fondale. Le temperature in superficie sono risultate in diminuzione, con valori medi intorno ai 17°C anche se più alti rispetto ai valori degli anni passati. La trasparenza risultava bassa nella zona centro-settentrionale a causa di materiale inorganico in sospensione, mentre è rimasta elevata nella parte meridionale al largo.

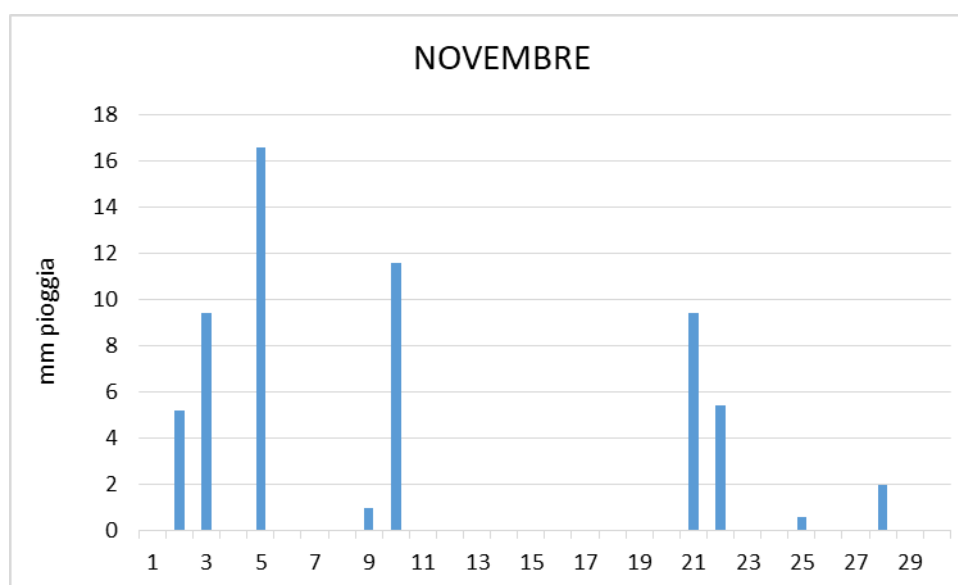


Figura 26 – Andamento delle precipitazioni registrate nella stazione di Cesenatico durante il mese di novembre

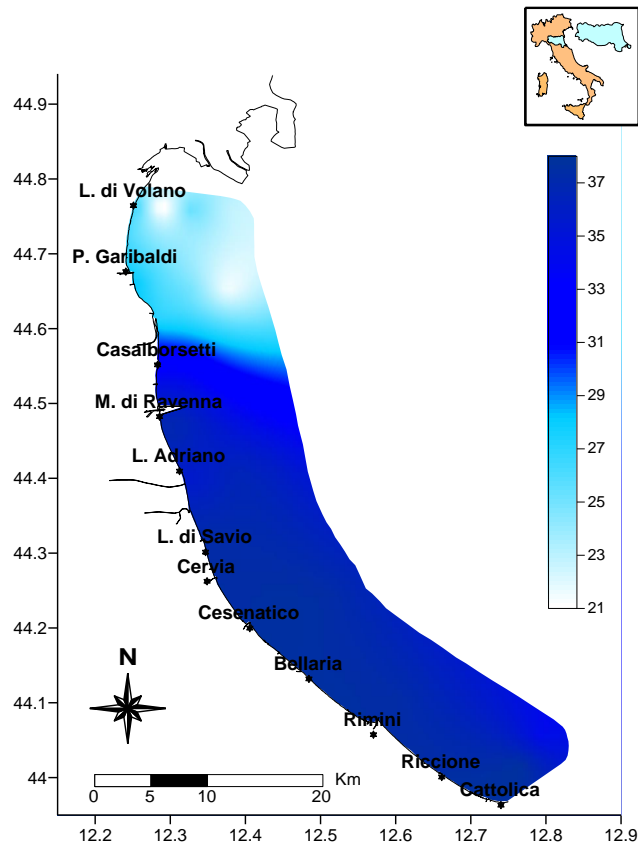


Figura 27 – Mappa di distribuzione della salinità in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo 7-8 Novembre

Anche l'ultimo mese del 2023 è stato caratterizzato da temperature esterne miti che hanno contribuito a mantenere le temperature delle acque marine costiere in superficie superiori alla media climatologica del periodo, anche se nell'ultimo monitoraggio si è misurata una diminuzione con valori medi intorno ai 7.7°C limitatamente ad un'area costiera localizzata nella parte centrale (Figura 28). I valori di salinità sono rimasti medio alti lungo tutta la costa confermando un afflusso medio basso di acque dolci dai fiumi costieri e dal Po e apporti limitati di elementi eutrofizzanti che hanno mantenuto gli indici trofici al di sotto dei 10µg/l. Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto rientravano nella norma sia in superficie che a livello del fondale.

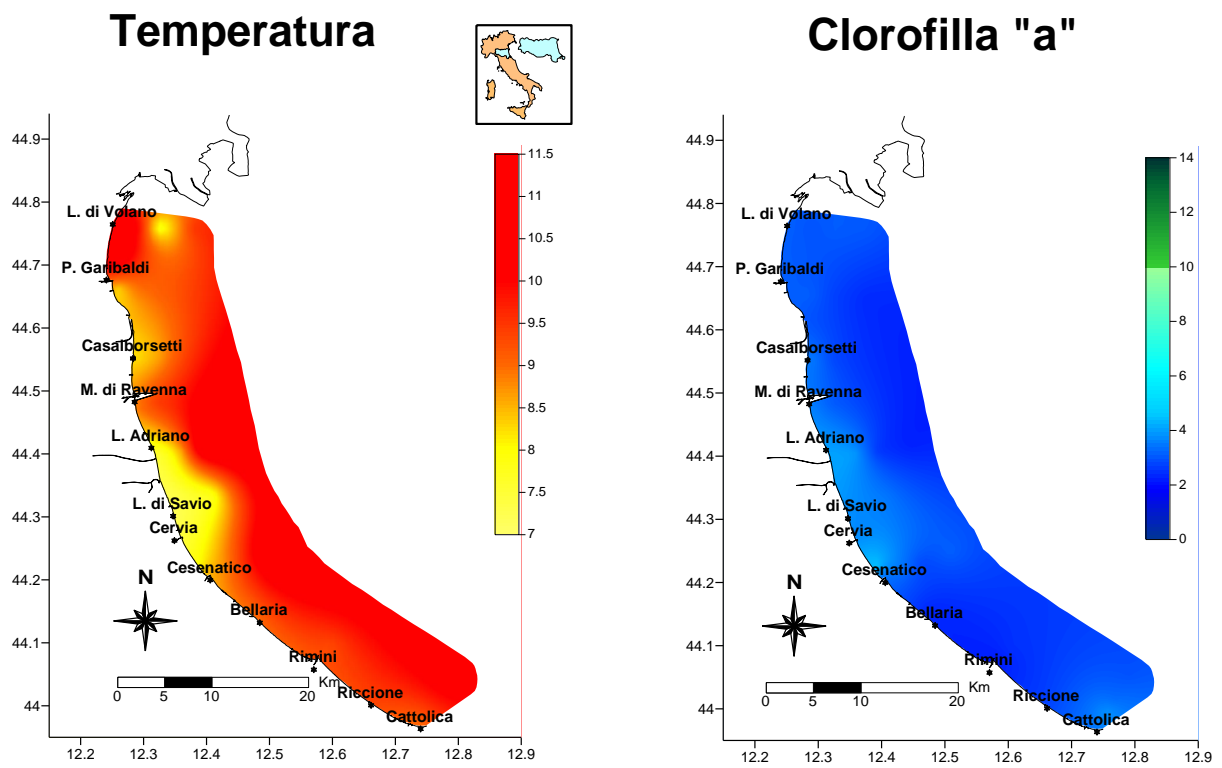


Figura 28 – Mappe di distribuzione della salinità e della clorofilla "a" lungo la costa fino a 10 km durante i controlli del 18-19 dicembre

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 29) pubblicato in Internet e disponibile al seguente indirizzo per la consultazione:

<https://www.arpae.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 disciolto sul fondo (Figura 31) e consultabili tramite menu a tendina (Figura 30);
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto (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 29).

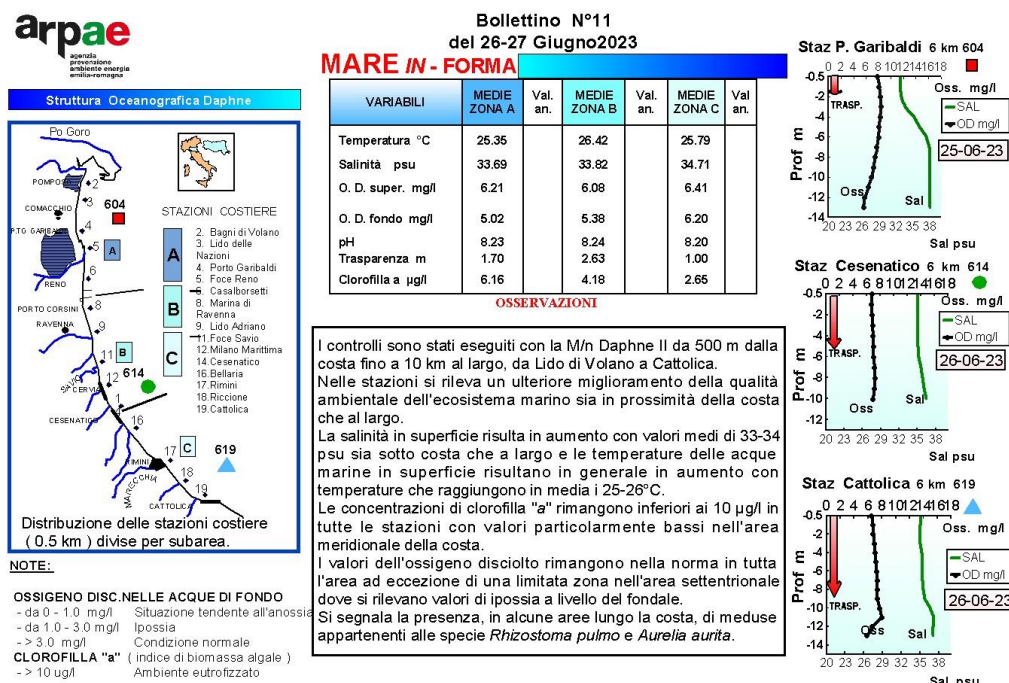


Figura 29 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio versione pdf

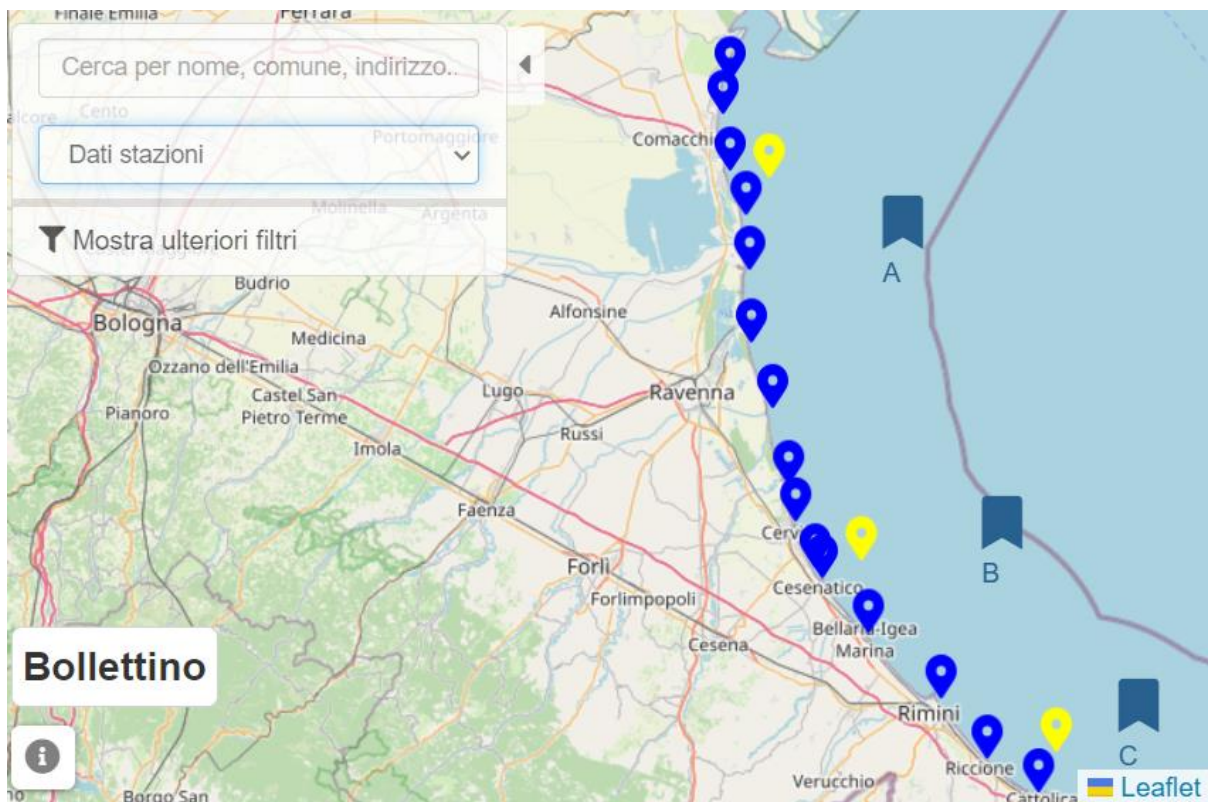


Figura 30 – Esempio di rappresentazione dati consultabili sul sito

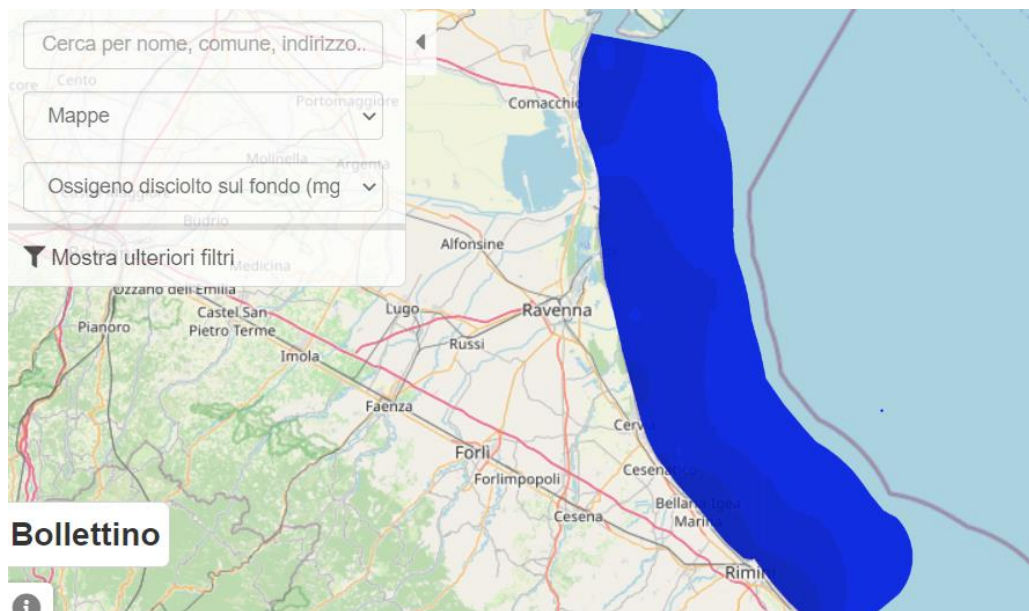


Figura 31 – Esempio di mappe tematiche allegato al bollettino realizzate a conclusione di un monitoraggio

4.3.1 Parametri idrologici

4.3.1.a Temperatura

L'andamento delle temperature nelle acque superficiali anche nel 2023 mostra la tipica curva sinusoidale con i minimi a inizio e fine anno, mesi tendenzialmente più freddi e i massimi durante i mesi estivi (Figura 32). A fine gennaio e a febbraio, si sono registrate nelle acque marine le temperature più basse e a partire da maggio si è osservato un aumento repentino dei valori sia in costa che al largo. Nel 2023 le temperature minime e massime misurate sono state rispettivamente di 6.7°C il 31 gennaio a Porto Garibaldi e 30.3 °C il 17 luglio a Lido di Volano a 0.5 km dalla costa.

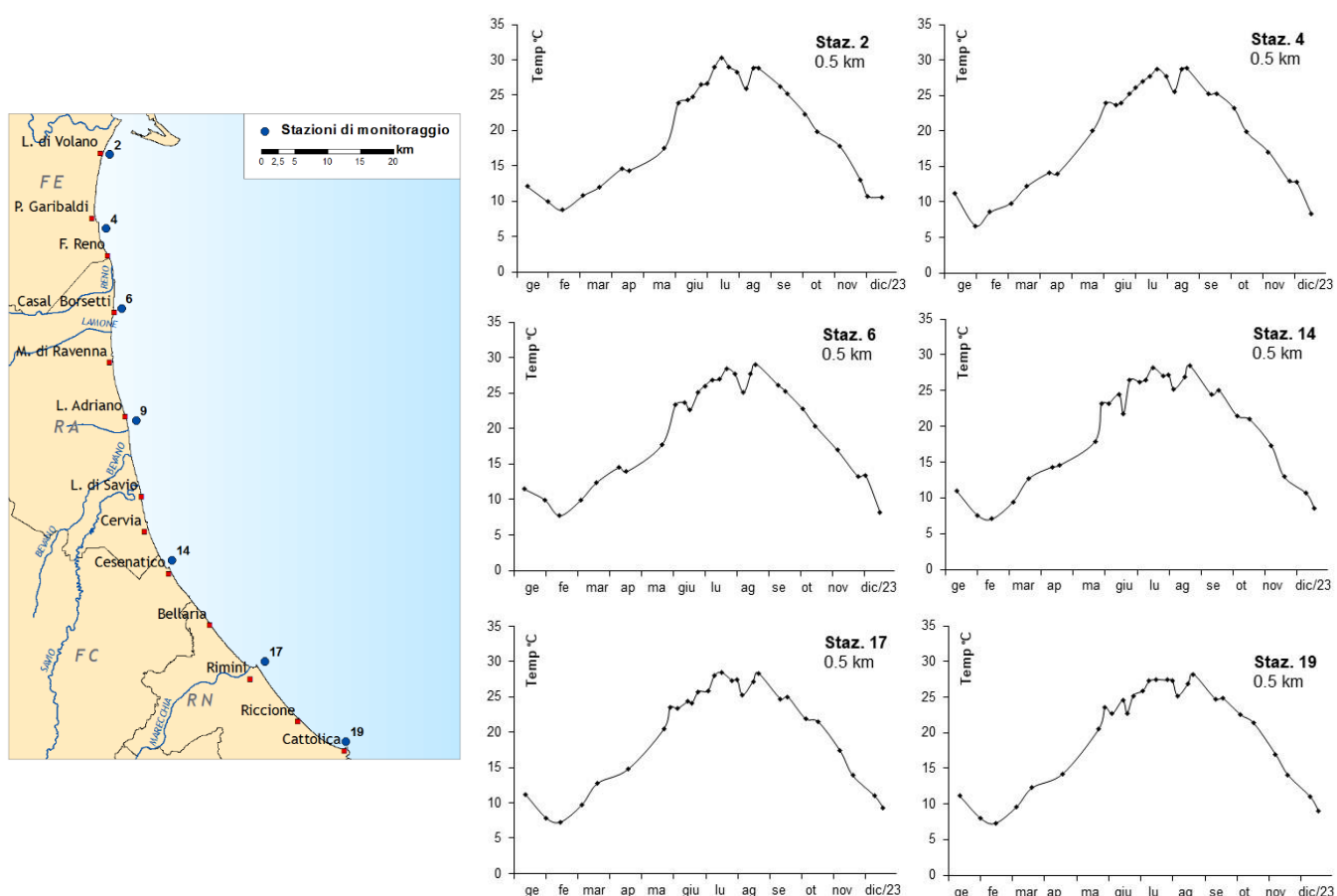


Figura 32 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Il 2023 anche a livello regionale è risultato essere un anno molto caldo, precisamente il più caldo dal 1961 e questa condizione ha influito direttamente anche sulle temperature delle acque marine. Il confronto delle medie annuali nel 2023 conferma valori omogenei da costa fino a 10 km largo e valori tendenzialmente poco inferiori

nelle stazioni più al largo (a 20 km) davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico. Rispetto ai valori annuali calcolati nel 2022 si rileva un aumento di circa 1°C nelle stazioni localizzate nell'area più meridionale davanti a Rimini e Cattolica, transetti 17 e 19, a 0.5 e 3 km (Figura 33).

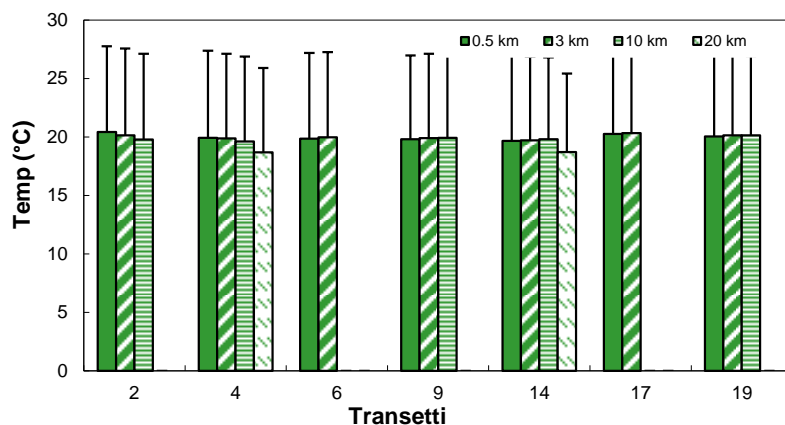


Figura 33 – Valori medi annuali e deviazioni standard della temperatura nelle acque superficiali calcolati nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Gli istogrammi di Figura 34 mostrano i dati di temperatura come medie stagionali sottolineando valori elevati in tutte le stazioni costiere in estate comprese tra 26.5 e 27.8°C. Il confronto con l'anno precedente evidenzia un incremento della media durante i mesi più caldi in tutte le stazioni in particolare a Lido di Volano, stazione 2 (media estate 2022 pari a 26.6 °C contro i 28.8°C media calcolata nell'estate 2023). In estate le temperature sono rimaste elevate anche per il verificarsi di numerose notti tropicali durante le quali le temperature esterne non sono mai scese sotto i 20°C di notte, mantenendo un caldo intenso anche dopo il tramonto.

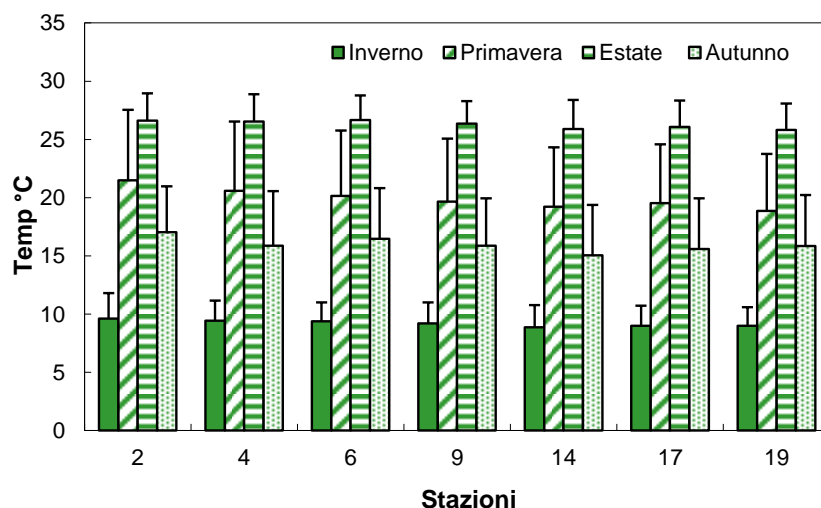


Figura 34 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura nelle acque superficiali nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

Anche settembre, ottobre e dicembre sono risultati essere mesi più “caldi” rispetto agli anni passati, con anomalie termiche che hanno contribuito a mantenere le temperature delle acque marine in superficie superiori a 7°C anche durante gli ultimi controlli dell’anno (Monitoraggio N°29 del 18-19 dicembre). Le medie calcolate in autunno, molto simili nelle stazioni prossime alla costa, sono rimaste comprese tra 15.3 15.8°C, in linea con quelle calcolate negli ultimi anni.

Di seguito (Figura 35 A) è rappresentata la mappa di distribuzione delle temperature in superficie da costa fino a 10 km al largo rilevate durante il monitoraggio N°16 del 17-18 luglio dove si osserva una condizione diversa nell’area più settentrionale della costa con i valori più elevati misurati nel 2023, rispetto ai valori rilevati nell’area meridionale inferiori di circa 3°C.

Il profilo a fianco mostra l’andamento del parametro lungo la colonna d’acqua nella stazione a 10 km nel transetto di Lido di Volano (Figura 35 B).

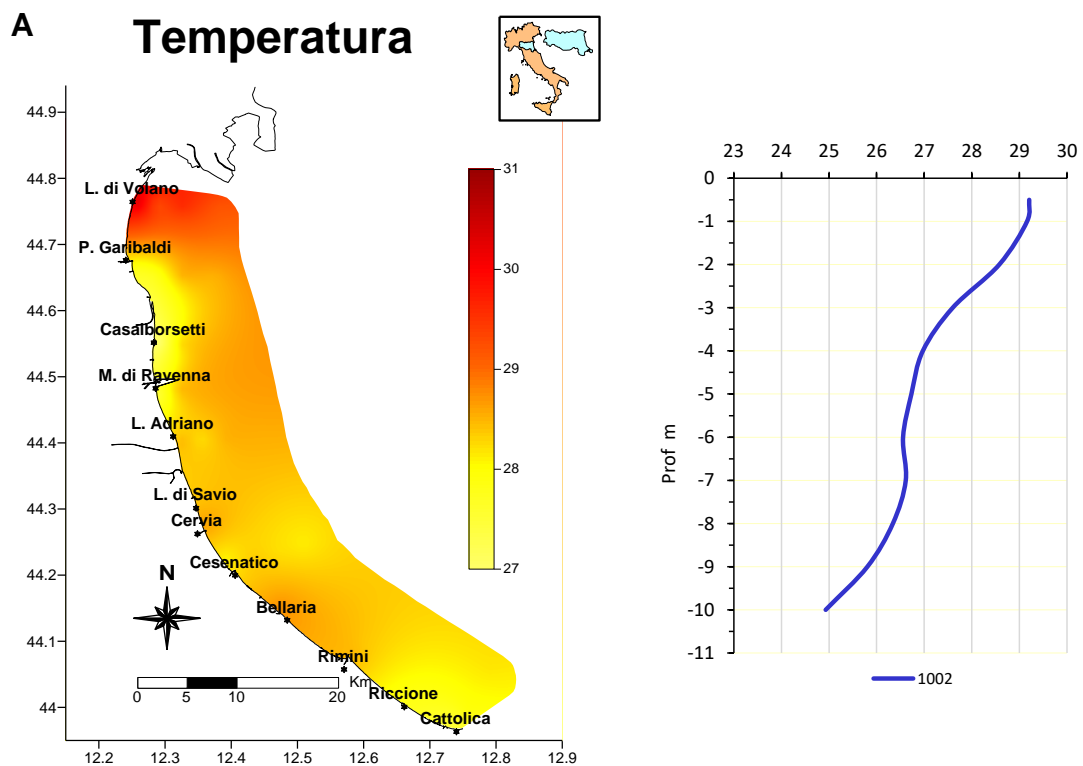


Figura 35 – A) Mappe di distribuzione della temperatura (°C) durante i controlli del 17-18 luglio fino ai 10 km al largo B) Profili della temperatura nella stazioni 1002 a 10 km davanti a Lido di Volano

I profili misurati nella stazione 2 a 0.5 km davanti a Lido di Volano durante i controlli del 17 e 24 luglio evidenziano l’incremento della temperatura avvenuto lungo la colonna a distanza di pochi giorni (Figura 36).

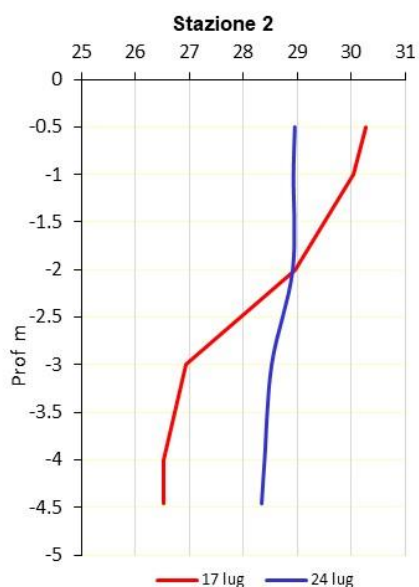


Figura 36 – Profili della temperatura a 0.5 km davanti a Lido di Volano durante i controlli del 17 e 24 luglio

Anche le temperature sul fondo seguono lo stesso trend sinusoidale di quelle superficiali mostrando valori leggermente superiori nei mesi più freddi e inferiori da aprile a settembre.

Nel corso del 2023 si sono osservate stratificazioni termiche più marcate nelle stazioni posizionate al largo durante i mesi più caldi mentre, in inverno, i termoclini sono rimasti quasi assenti in tutte le altre stazioni.

I profili di Figura 38 mostrano l'andamento della temperatura lungo la colonna d'acqua rilevato nella stazione 2004 a 20 km lungo il transetto di Porto Garibaldi in due momenti dell'anno; durante i controlli del 21 agosto si è rilevato un termoclino intorno ai 18 m di profondità con una differenza tra la temperatura di superficie e quella di fondo di 9.75°C, a novembre un termoclino inverso con temperature più fredde in superficie rispetto a quelle misurate sul fondo si è instaurato intorno a 5 metri.

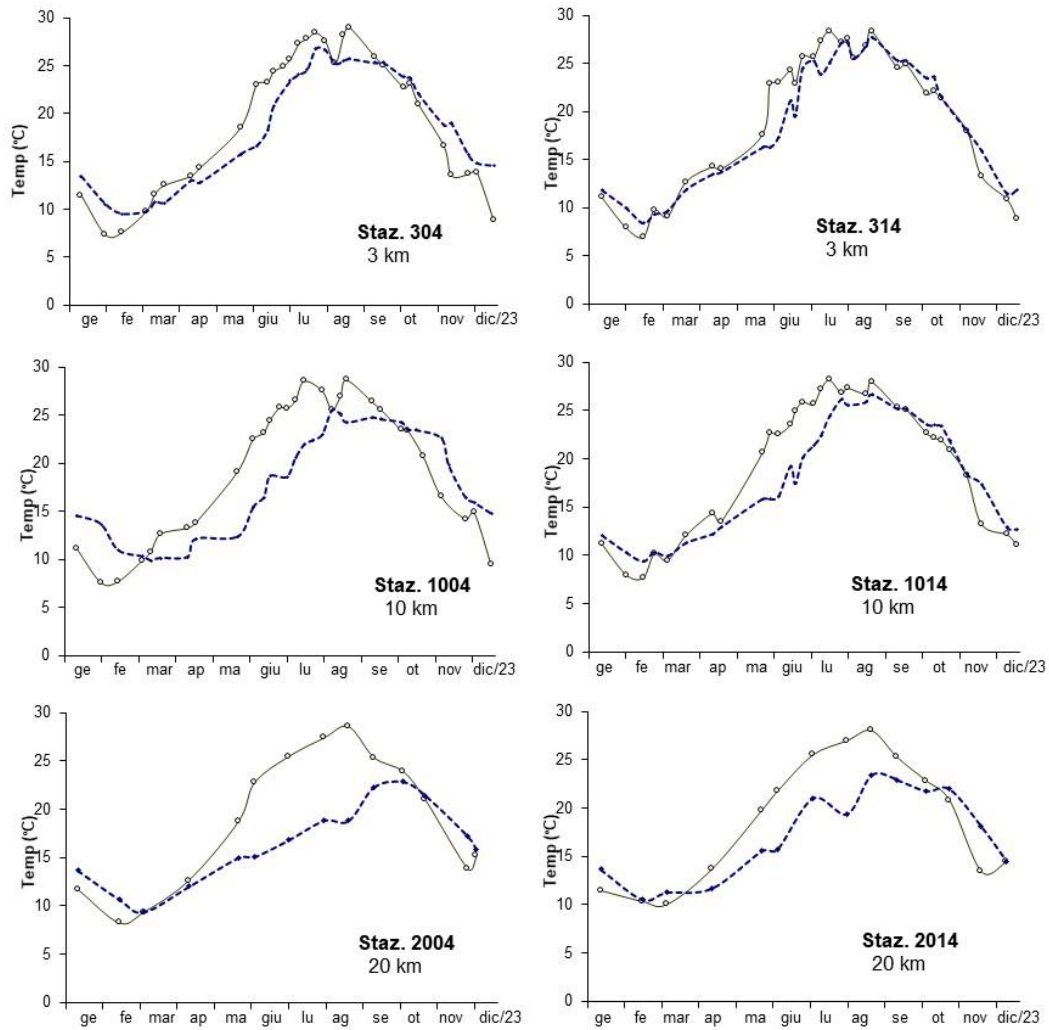


Figura 37 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

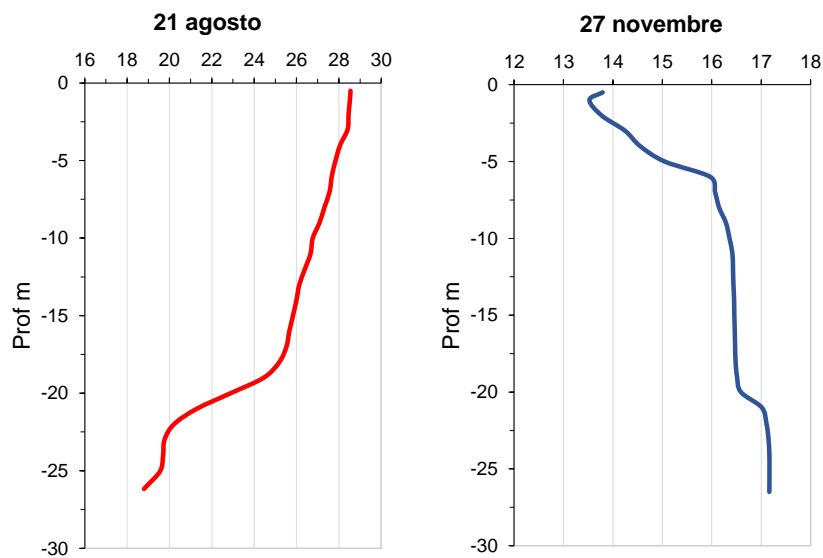


Figura 38 – Profili della temperatura nella stazione 2004 a 20 km davanti a Porto Garibaldi durante i controlli del 21 agosto e 27 novembre

Le isolinee (Figura 39) di seguito illustrano la distribuzione del parametro lungo la colonna durante l'anno nelle stazioni a 10 e 20 km dalla costa. In esse si evidenziano alcuni periodi condizioni di stratificazione e in altri di completa omogeneizzazione del parametro da superficie a fondo. Il grafico sottolinea come tutta la colonna d'acqua, anche al largo durante i mesi più caldi, sia interessata da temperature alte nelle masse d'acqua prossime al fondo.

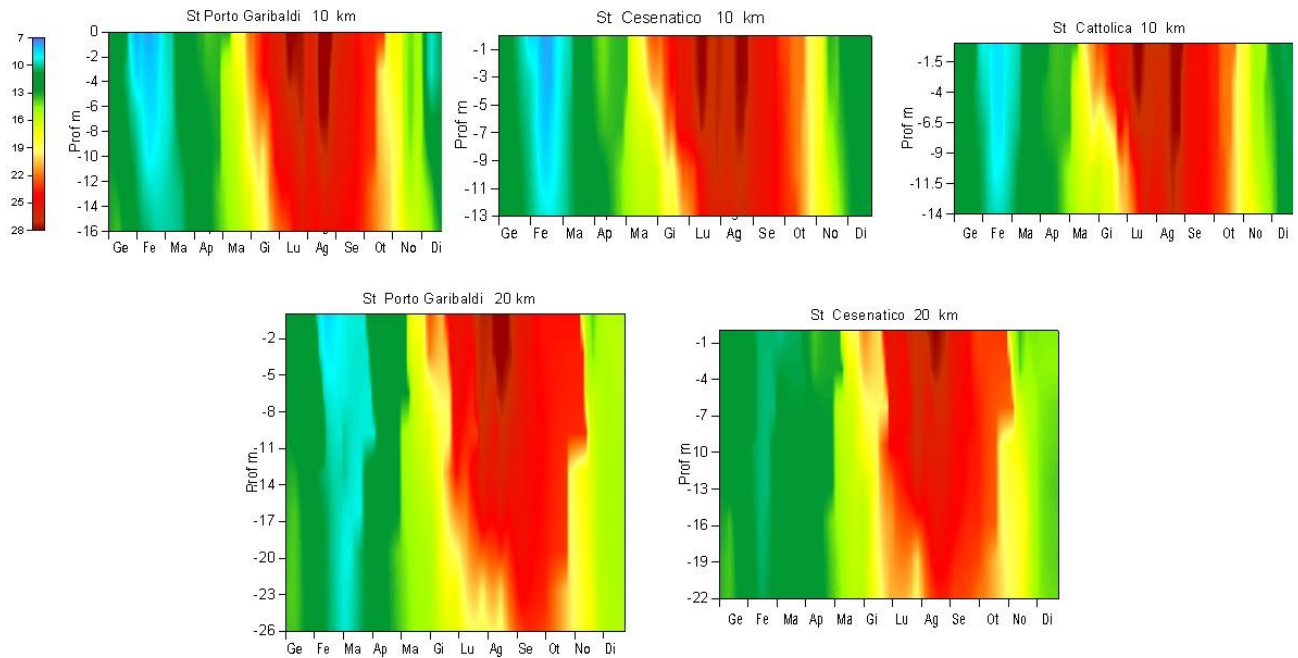


Figura 39 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 e 20 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

4.3.1.b Salinità

Da sempre nel corso dell'anno, l'ecosistema marino costiero dell'Emilia-Romagna risente degli andamenti delle precipitazioni e delle portate dai bacini costieri regionali, in particolare da quello padano, che influenzano direttamente i valori di salinità nelle acque marine di superficie. Le fluttuazioni delle immissioni di acque dolci dall'entroterra insieme a condizioni meteo marine di mare più o meno mosso condizionano e caratterizzano la qualità dell'ambiente marino.

L'Emilia Romagna, come già accennato in altri capitoli è stata interessata da eventi meteorologici tra il 1° e il 17 maggio che hanno portato a precipitazioni eccezionali per quantità di pioggia caduta in poco tempo provocando devastanti impatti su territorio e popolazione. Le precipitazioni in altri momenti dell'anno al contrario, sono state molto scarse o assenti e questo ha contribuito alla diminuzione di immissioni di acque dolci in ambiente marino limitando così effetti di diluizione delle acque in superficie.

Le portate del Po anche nel 2023 hanno registrato un valore medio basso, al disotto dei 1000 m³/s (Figura 40), valore inferiore alla norma anche se più alto rispetto a quello calcolato l'anno precedente pari a 559 m³/s (Figura 41).

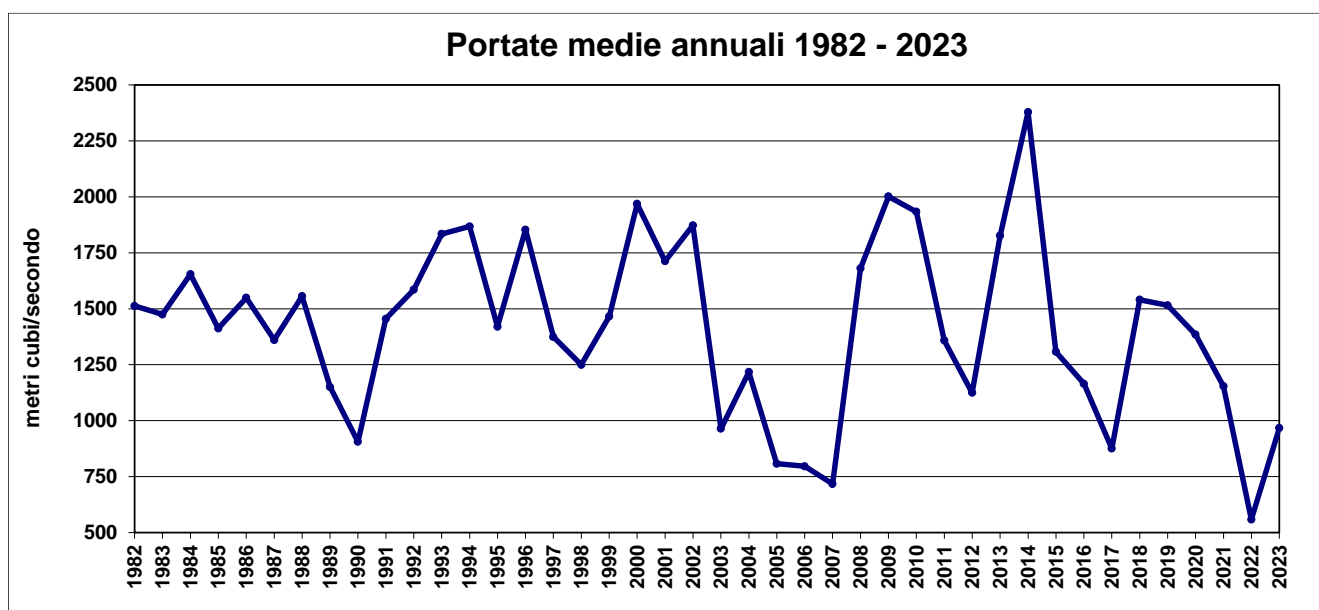


Figura 40 – Valori medi annuali delle portate del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) dal 1982 al 2023

Nel corso dell'anno si sono registrati due picchi importanti uno a maggio (2776 m³/s) e uno eccezionale a novembre; dal 4 al 7 novembre si sono misurati nella stazione di Pontelagoscuro i valori di portata più alti del 2023 superiori ai 4000 m³/s. Il valore più basso si è misurato invece nel mese di aprile (Figura 41).

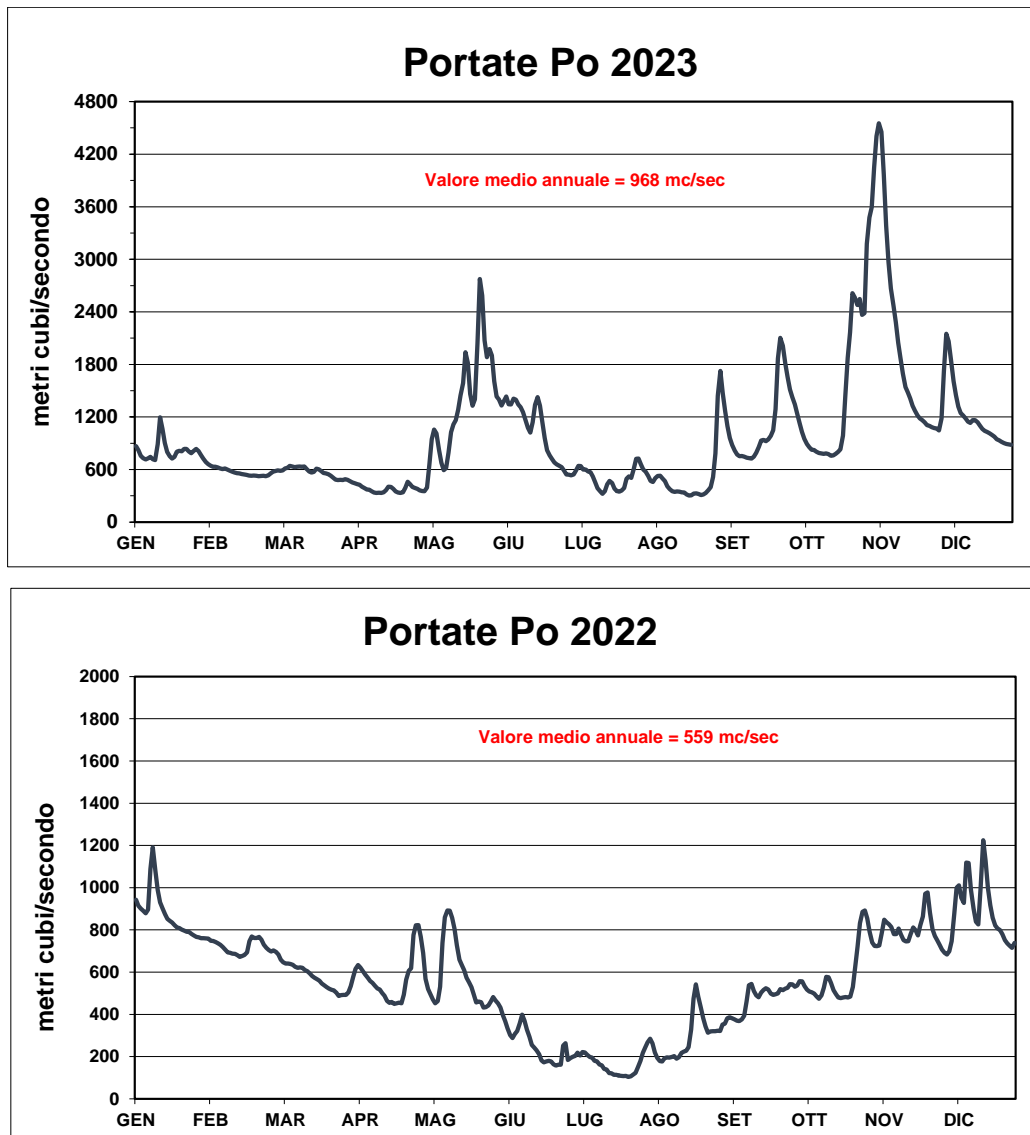


Figura 41 – Portata fiume Po rilevata a Pontelagoscuro (FE) negli anni 2023 e 2022 (Fonte: ARPAE SIMC – i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

Il confronto delle medie mensili delle portate del Po nel 2023 con quelle di riferimento calcolate nel periodo 1917-2022 confermano valori nettamente più bassi proprio nel mese di aprile e valori al di sopra nel mese di novembre (Figura 42). Il grafico mette in evidenza un decremento importante durante tutti i mesi dell'anno in particolare da gennaio ad aprile e in estate, a luglio ed agosto rispetto ai valori medi mensili calcolati dal 1917-2022.

Portate Po Confronto tra medie mensili 2023 e periodo storico (1917-2022)

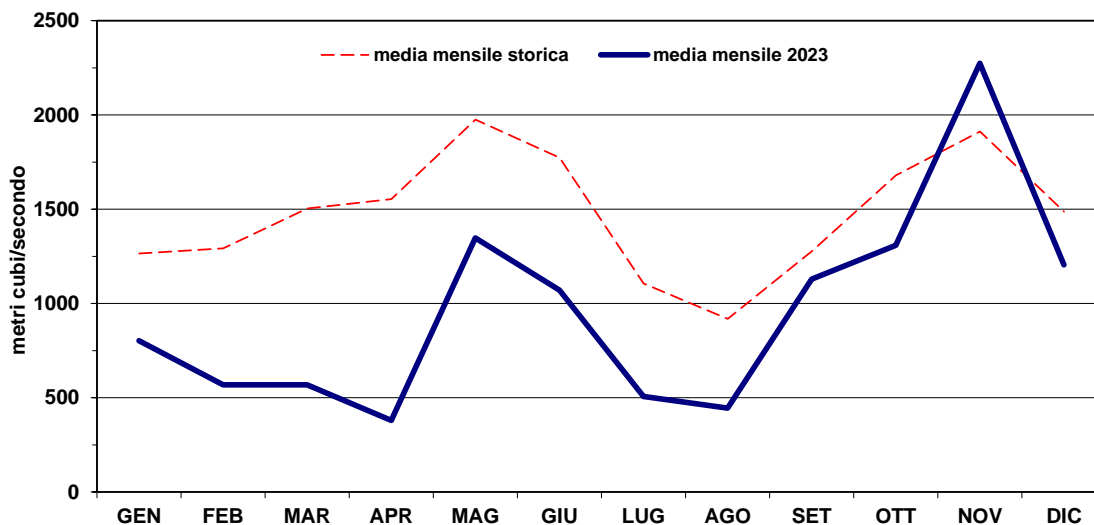


Figura 42 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2023 con la media del periodo storico 1917-2022 (i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

Il calcolo delle medie annuali della salinità, rilevata in superficie lungo la costa dell'Emilia Romagna, evidenzia valori al di sopra dei 30 psu in tutte le stazioni ad eccezione della stazione 2, davanti a Lido di Volano a 0.5 km, anche se di poco inferiore (29.4 psu). La tendenza registra un trend crescente in direzione nord sud e costa largo, più accentuato quest'ultimo nelle stazioni a 10 e 20 km al largo (Figura 43). L'area più settentrionale si conferma con valori più bassi perché da sempre direttamente influenzata dagli apporti dal bacino padano, in particolare nei periodi dove le immissioni raggiungono portate importanti che condizionano i primi metri della colonna d'acqua.

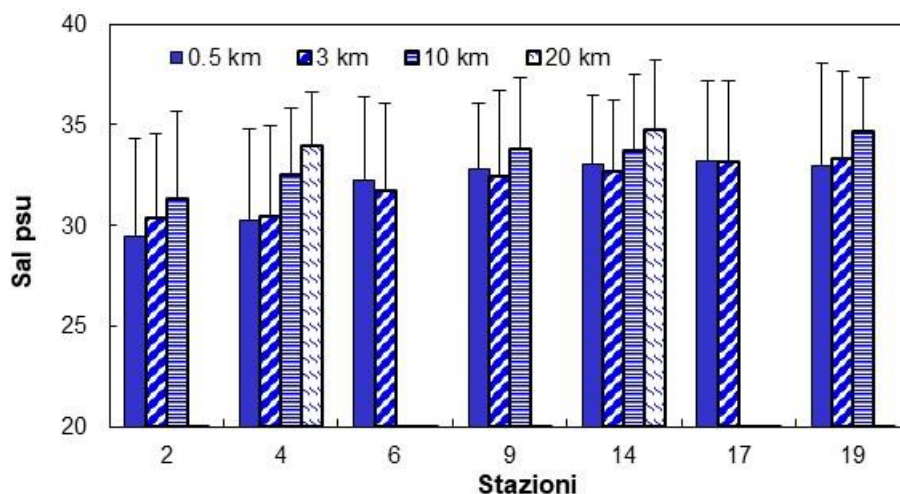


Figura 43 – Valori medi e deviazioni standard della salinità (psu) nelle acque superficiali lungo i transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'elaborazione delle medie stagionali nelle stazioni più in costa mostra un tendenza generale a valori più elevati in inverno ed estate e più bassi in primavera e autunno in correlazione ai periodi di maggiori precipitazioni e apporti di acque dolci dai fiumi costieri e dal Po verificatesi nel corso dell'anno. L'inizio del 2023 è stato caratterizzato da un periodo di siccità iniziato a fine 2022 che ha contribuito a portate minime e quindi il mantenimento di valori medio alti di salinità in superficie sia in costa che al largo.

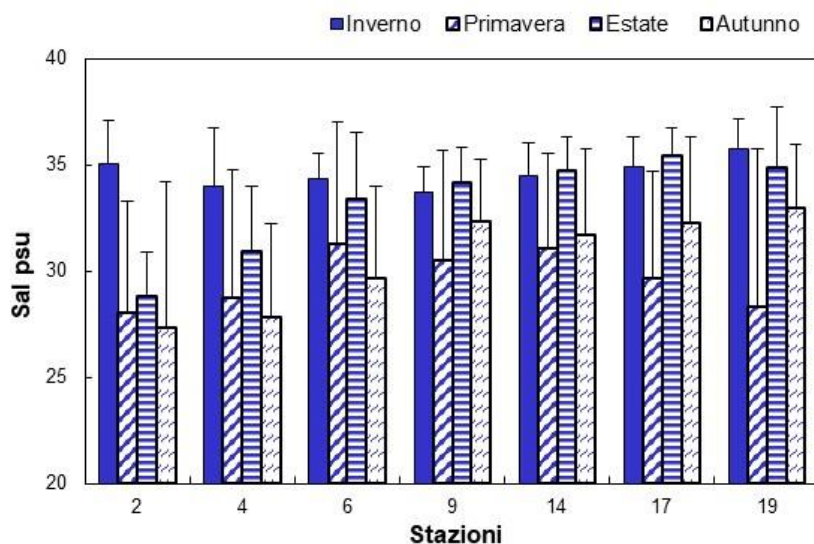


Figura 44 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità (psu) in superficie nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

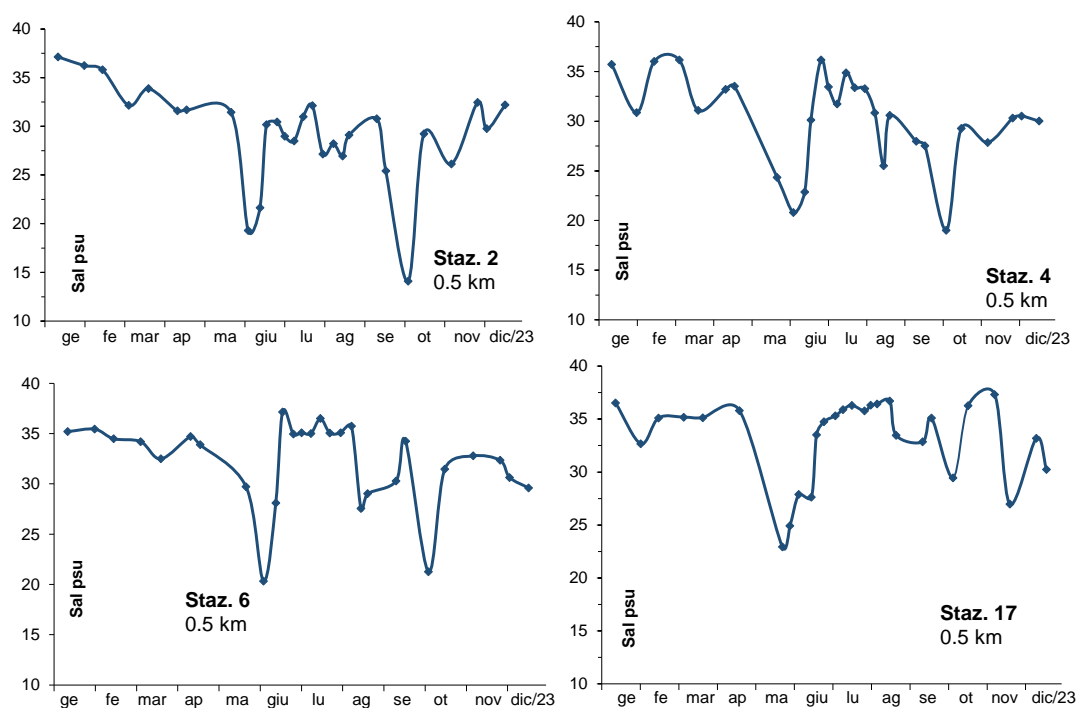


Figura 45 – Andamenti temporali delle salinità in superficie in alcune stazioni a 500 m dalla costa

Gli andamenti temporali della salinità in superficie in alcune stazioni (Figura 45) mettono in evidenza ampie fluttuazioni in corrispondenza ai momenti di maggior apporto dai fiumi e a eventi di precipitazioni abbondanti che portano a diluizioni nette e quindi stratificazioni della colonna d'acqua. La Figura 46 e la Figura 47 sottolineano bene il diverso comportamento delle acque marine di superficie e di fondo. In questi grafici sono rappresentati gli andamenti del parametro in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Cesenatio e Porto Garibaldi. In tutte le stazioni nelle acque di fondo i valori di salinità si mantengono più lineari e con variazioni più contenute.

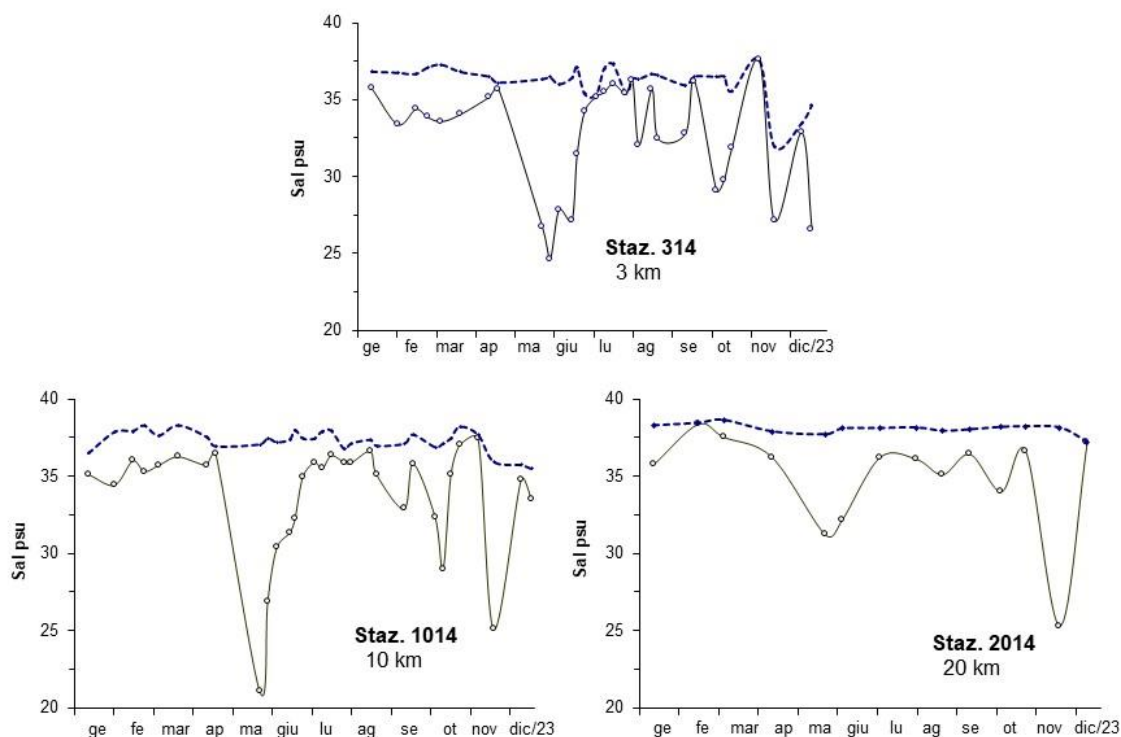


Figura 46 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Cesenatico

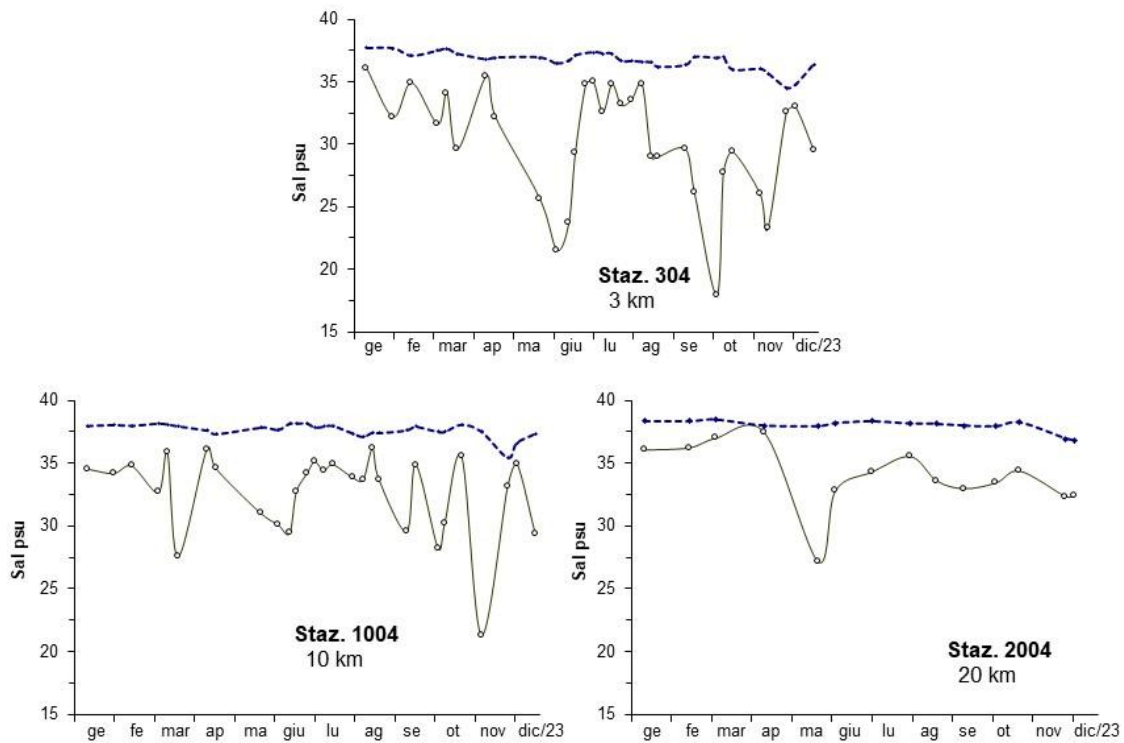


Figura 47 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Porto Garibaldi

Le isolinee di Figura 48 rappresentano l'andamento della salinità lungo la colonna d'acqua nelle stazioni posizionate a 10 km dalla costa durante il 2023. Nell'area più meridionale della costa, davanti a Cattolica, si sono verificate stratificazioni più misurate rispetto a quelle nettamente più marcate che si evidenziano a Lido di Volano e Cesenatico.

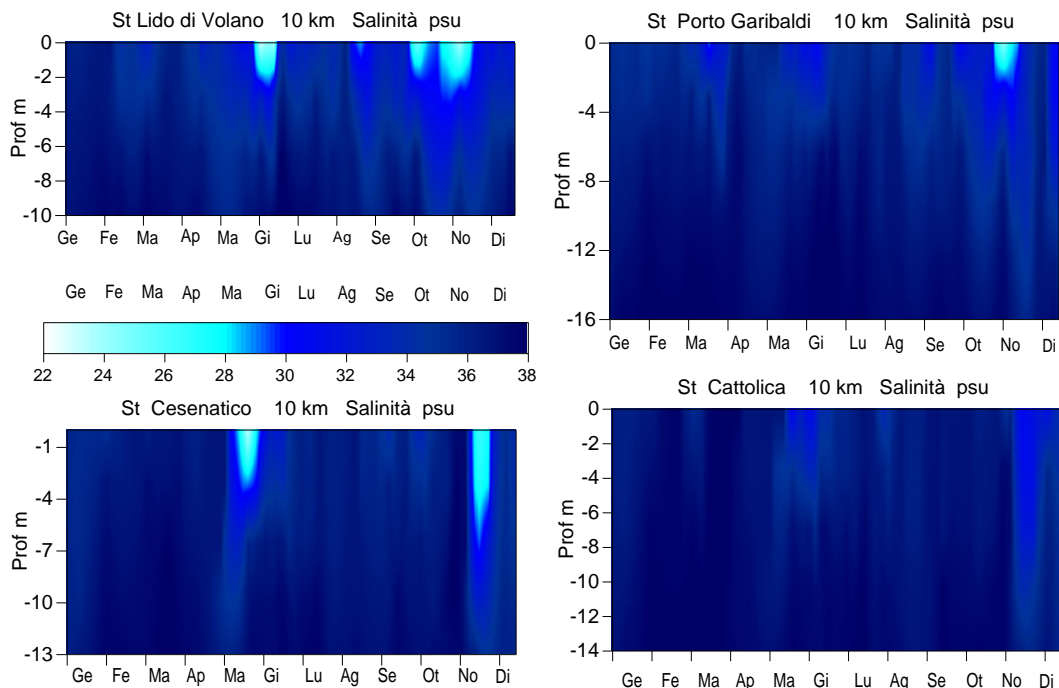


Figura 48 – Isolinee di distribuzione della salinità (psu) nelle stazioni a 10 km davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

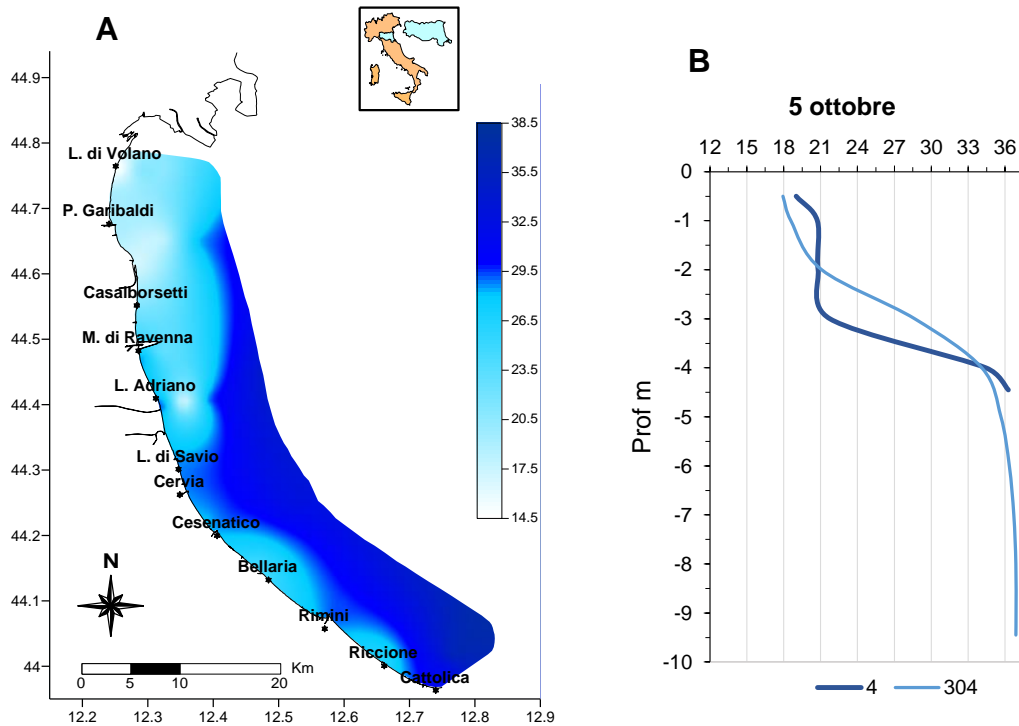


Figura 49 – A) Mappe di distribuzione della salinità in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 05-06 ottobre; B) Profili di salinità nelle stazioni 4 e 304 il 5 ottobre

Il valore più basso di salinità misurato nel 2023 è stato di 14,1 psu nella stazione, a 0.5 km davanti a Lido di Volano ad ottobre. La mappa rappresentata in Figura 49 A fotografa la distribuzione della salinità lungo la costa durante le attività di controllo effettuate il 5 e 6 ottobre con valori bassi in tutta l'area settentrionale e in costa nell'area più meridionale. Il profilo eseguito a Porto Garibaldi nelle stazioni a 0.5 e 3 km evidenzia la presenza di una netta stratificazione nei primi tre metri della colonna d'acqua (Figura 49 B).

Dal profilo di Figura 50 si nota come la salinità misurata durante i controlli del 20 novembre nella stazione a 20 km al largo di Cesenatico evidenzia una condizione di forte diluizione nei primi 4 metri dalla superficie con valori intorno ai 25 psu.

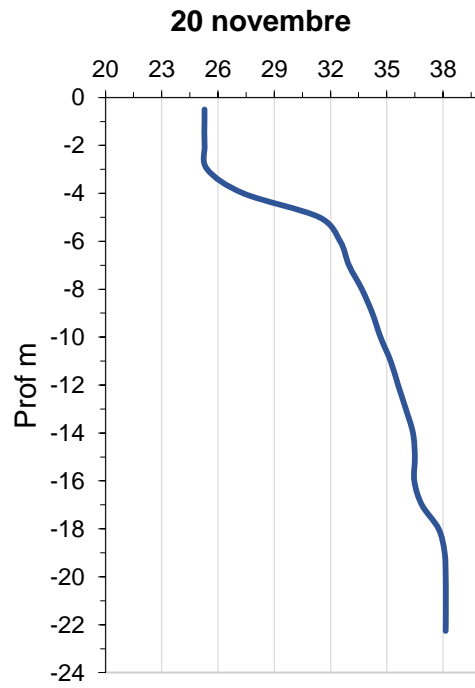


Figura 50 – Profili di salinità misurati nella stazione 2014 durante i controlli del 20 novembre

4.3.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto rappresenta un importante indicatore dello stato trofico e della qualità ambientale di un ecosistema marino ed è strettamente correlato alla presenza di biomassa autotrofa in sospensione, il fitoplancton. Le acque marine davanti alla costa dell'Emilia-Romagna da sempre sono classificate come acque molto produttive per lo sviluppo di eventi eutrofici più o meno intensi in alcuni periodi dell'anno. Questi ultimi, se prolungati nel tempo ed estesi lungo la costa, in concomitanza ad condizioni meteo marine particolari soprattutto di stasi idrodinamica possono causare l'insorgenza di criticità in particolare a livello del fondale. Quando si sviluppano fioriture microalgali eccezionali si verifica da una parte un aumento dell'ossigenazione in superficie, correlata direttamente all'aumento dell'attività fotosintetica delle alghe e, dall'altra parte poco dopo, ad una sua diminuzione a livello del fondale per l'incremento dell'attività metabolica dei detritivori. Questi organismi decompongono la componente organica depositatasi sul fondo a fine ciclo di vita utilizzando e consumando appunto l'ossigeno disciolto. La diminuzione di ossigeno disciolto negli ultimi strati della colonna d'acqua, se prolungata nel tempo, può portare ad una condizione di ipossia e anossia che altera l'equilibrio delle comunità bentoniche legate proprio alla vita di fondo destabilizzandole. Spesso situazioni critiche di questo tipo si possono risolvere in breve tempo grazie alle correnti marine ed agli intensi movimenti idrodinamici a seguito di mareggiante intense o forti venti che insieme portano ad un forte rimescolamento di tutta la colonna d'acqua.

L'andamento dell'ossigeno disciolto monitorato durante il 2023 ha confermato la tendenza riscontrata gli ultimi anni ad una diminuzione generale degli episodi di ipossia e soprattutto di anossia sia nel tempo che nello spazio. Fino al mese di maggio le concentrazioni di ossigeno non hanno evidenziato particolari anomalie rimanendo su valori nella norma lungo tutta la colonna d'acqua.

Durante i controlli di giugno si sono rilevate in alcune situazioni, localizzate nell'area prevalentemente nella parte meridionale della costa, con valori in diminuzioni in prossimità del fondale di poco inferiori a 3 mg/l ad indicare una condizione tendente all'ipossia. In Figura 51 sono rappresentati i profili registrati nella stazione 319, a 3 km davanti a Cattolica, durante i controlli eseguiti nelle ultime due settimane di giugno; il giorno 20 si sono registrati valori bassi di ossigeno disciolto (<3 mg/l) negli ultimi 3 metri della colonna d'acqua mentre il giorno 26 la situazione si è risolta come rivelato da valori rientranti nella norma.

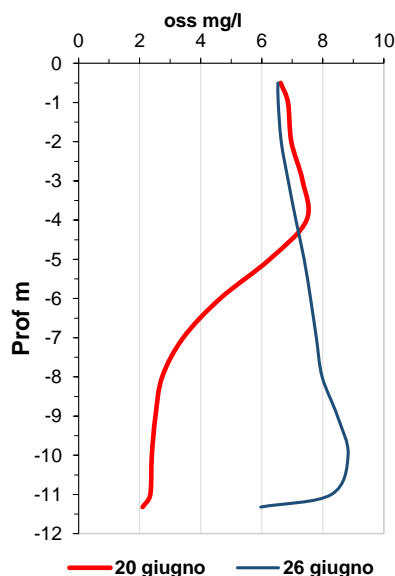


Figura 51 – Profilo dell’ossigeno disciolto (mg/l) nella stazione 319 durante i controlli del 20 e 26 giugno 2023

Anche durante i mesi più caldi, luglio e agosto, si sono misurate in alcune stazioni concentrazioni basse a livello del fondale localizzate in particolare nell’area più settentrionale della costa che non hanno comunque creato condizioni di criticità alla comunità bentonica marina che vive a stretto contatto con il sedimento di fondo.

Nel corso del 2023 solo in due monitoraggi i valori di ossigeno disciolto sono risultati inferiori a 1 mg/l, condizione identificata come anossia: una durante i controlli del 10 luglio e l’altra durante i controlli del 18 settembre. L’estensione dell’area anossica è sempre risultata molto limitata e soprattutto di breve durata temporale e tutto questo ha evitato l’instaurarsi di condizioni critiche per l’ecosistema marino costiero. In Figura 52 sono rappresentati i profili dell’ossigeno disciolto registrati nella stazione 302 durante le attività del 10 luglio dove si è misurato il valore più basso del 2023, in prossimità del fondale marino pari a 0.17 mg/l.

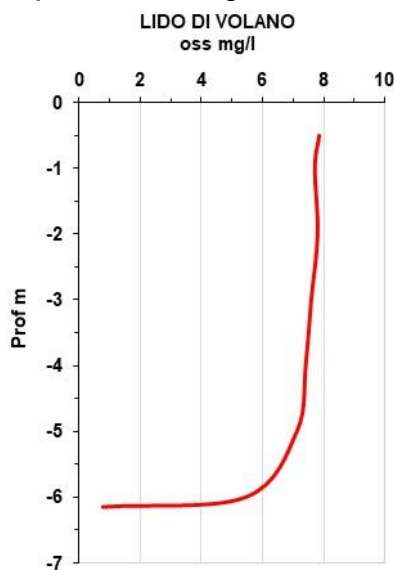


Figura 52 – Profilo dell’ossigeno disciolto (mg/l) rilevato nella stazione 302 durante i controlli del 10 luglio

A settembre durante i controlli del 18-19 si sono misurate concentrazioni più basse in un'area estesa lungo il transetto di Lido di Volano da costa fino a 10 km al largo e in altre stazioni fino a Marina di Ravenna da costa ai 3 km con valori tendenti all'ipossia (Figura 53 A). L'unico valore anossico si è misurato nella stazione 3, a 0.5 km davanti a Lido delle Nazioni, pari a 0.9 mg/l alla quota profonda (Figura 53 B).

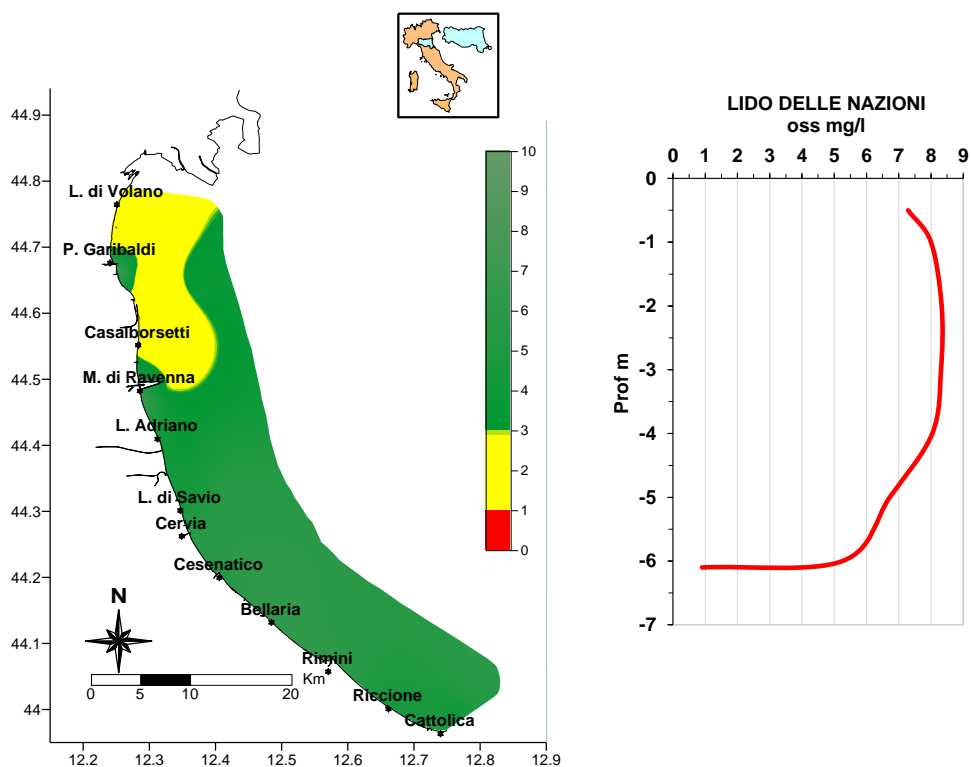


Figura 53 – A) Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto (mg/l) fino a 10 km dalla costa durante i controlli del 17-18 settembre; B) Profilo dell'ossigeno disciolto nella stazione 3 il 18 settembre.

Gli andamenti temporali dell'ossigeno disciolto mostrano una maggiore variabilità del parametro in superficie a confronto con quella di fondo come evidenziato nei grafici di Figura 54 con gli andamenti 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. Sul fondo le variazioni rimangono più contenute soprattutto nelle stazioni più al largo mentre in superficie i valori più elevati risultano strettamente correlati ad alte concentrazioni di clorofilla "a" sostenute da fioriture microalgali. Queste ultime sviluppano la massima attività fotosintetica nei primi metri della colonna d'acqua contribuendo a creare situazioni di sovrassaturazione.

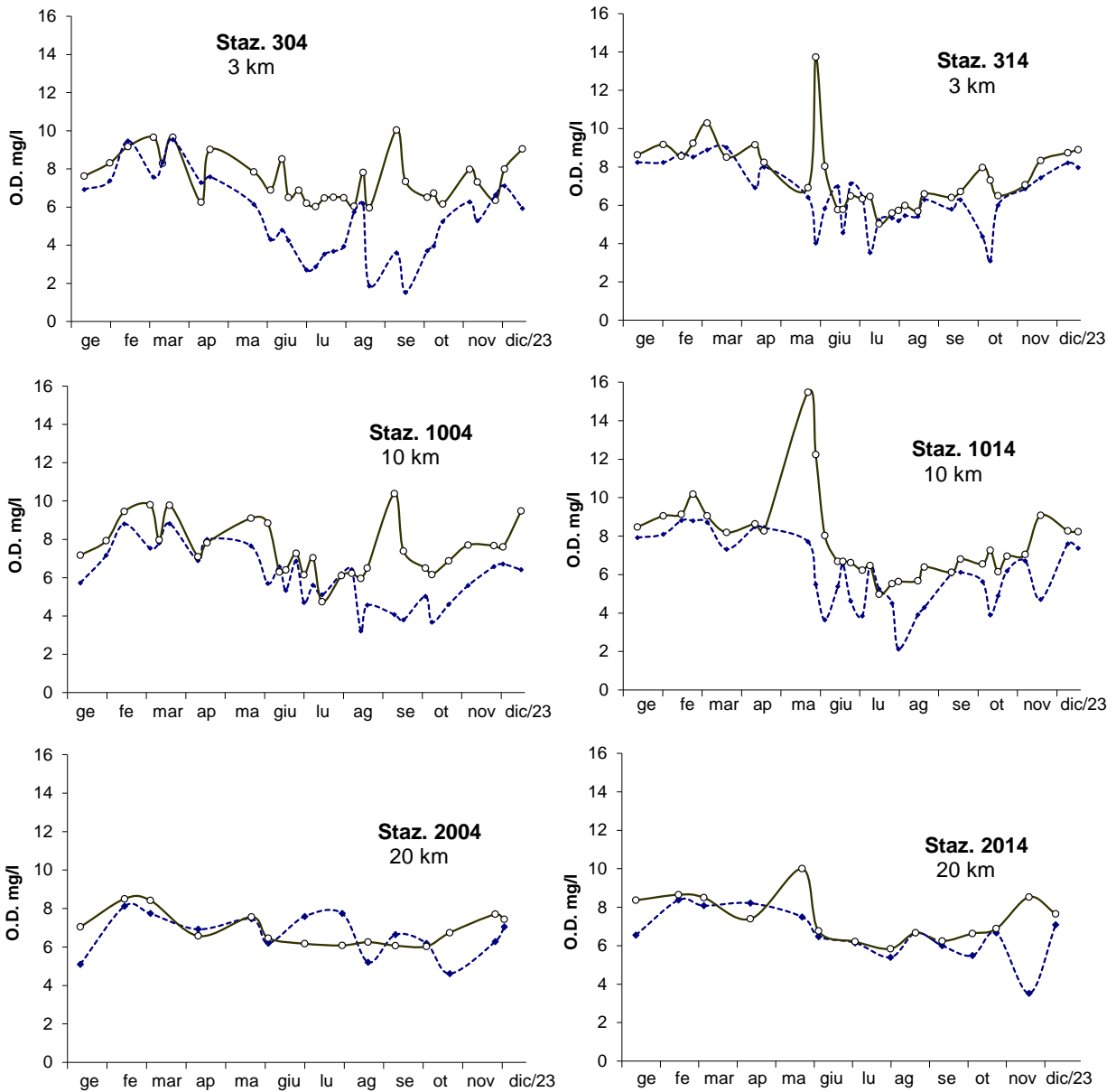


Figura 54 – Andamenti dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

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, dell’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^a e 3^a 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 dalla necessità di monitorare 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.

In Figura 55 si riportano gli andamenti della clorofilla “a” del 2023 nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa. Anche questo parametro trova una stretta correlazione con gli apporti fluviali più o meno cospicui come rappresentato dai grafici dove si nota come le concentrazioni di clorofilla “a” nelle stazioni al largo e nelle stazioni sotto costa risultino generalmente paragonabili.

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. L’andamento medio stagionale, nel 2023 (Figura 56), evidenzia come in primavera si sono riscontrati valori più alti, in particolare tra Lido di Volano e Cesenatico. In estate le concentrazioni maggiori di clorofilla *a*, intorno a 11 µg/l, si sono avute nel tratto di costa settentrionale tra Lido di Volano e Porto Garibaldi, mentre al largo si registrava una condizione con concentrazioni di clorofilla che arrivavano a 3 µg/l a nord e si mantenevano sotto 1 µg/l a sud. In autunno i valori di clorofilla sono scesi sotto i 4 µg/l lungo tutto il tratto di costa emiliano romagnolo.

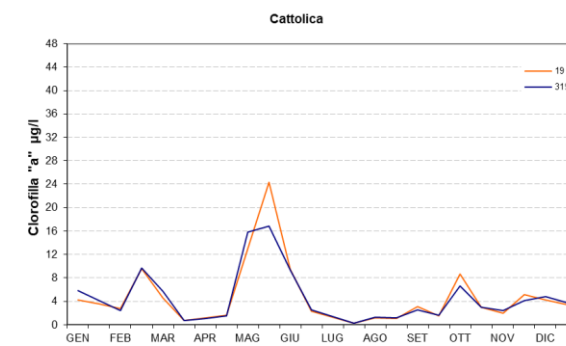
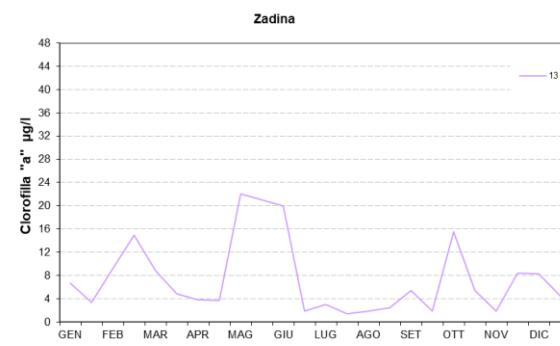
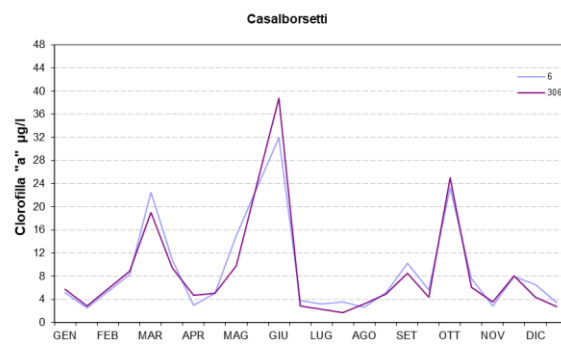
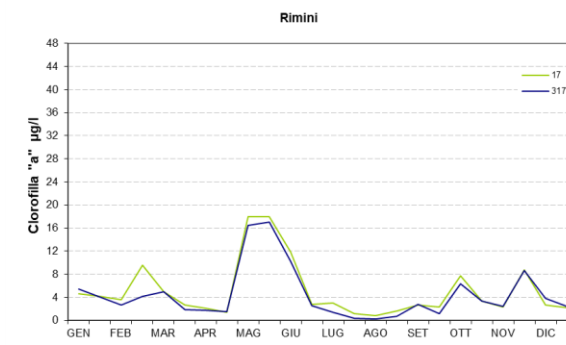
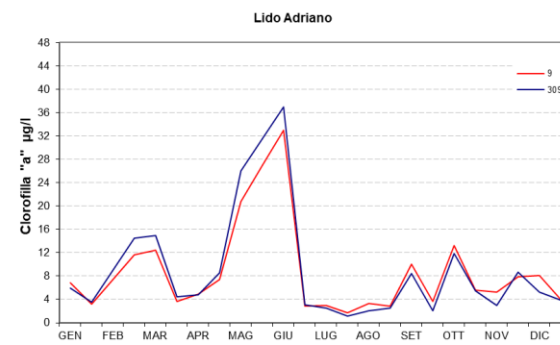
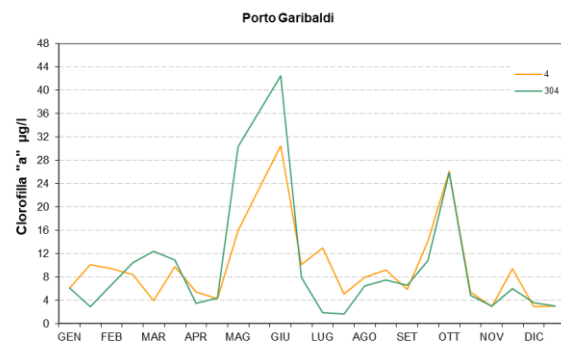
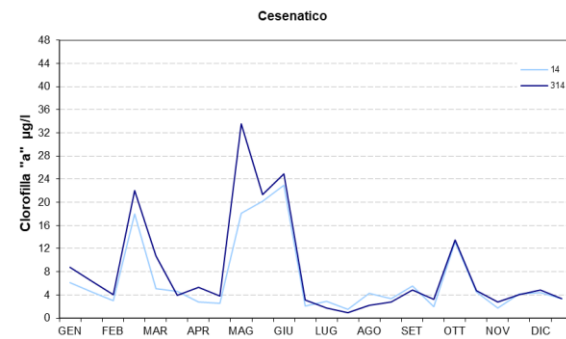
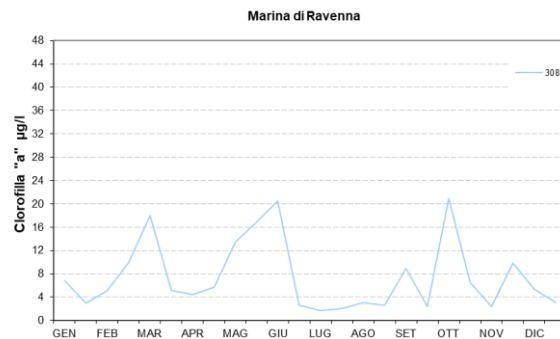
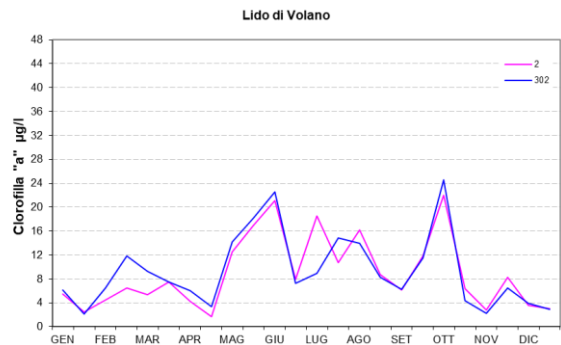


Figura 55 – Andamenti temporali della clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (stazioni 308, 9, 309, 13, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2023

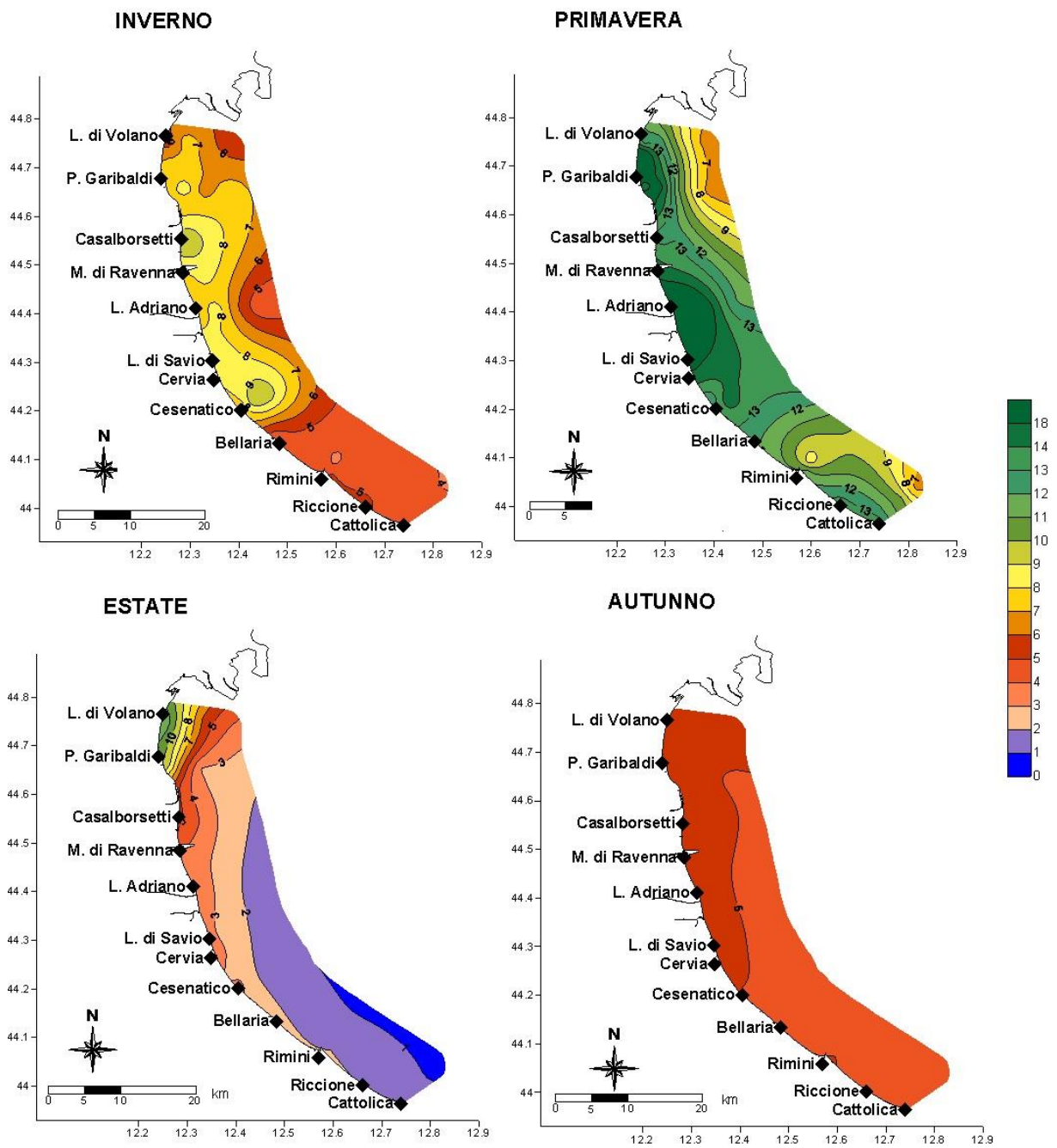


Figura 56 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali 2023)

4.3.2 Elementi nutritivi

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

L'andamento delle medie annuali dell'azoto nitrico evidenzia un marcato gradiente negativo nord sud e un altrettanto trend costa largo, molto evidente quest'ultimo lungo la direttrice di Porto Garibaldi. Davanti a Lido di Volano, nell'area più a nord, le medie risultano in tutte e tre le stazioni più elevate rispetto a tutte le altre stazioni della rete di monitoraggio controllate, risultando inoltre molto simili sia 0.5, a 3 e a 10 km dalla costa; questa situazione conferma l'influenza diretta delle acque dolci immesse dal bacino padano anche a 10 km al largo in quanto area marina più vicina alla foce del Po e quindi condizionata dagli andamenti delle portate.

Il confronto con le medie calcolate nel 2022 rileva un incremento in tutte le stazioni più vicine alla costa ad eccezione della stazione 14, davanti a Cesenatico, che mostra valori più bassi (Figura 57). La stazione 4, a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi, evidenzia l'aumento più importante. Nel 2023 si sono registrati proprio a Porto Garibaldi, due picchi elevati di concentrazione dell' NO_3 esattamente durante i controlli del 31 gennaio (1598 $\mu g/l$) e del 23 maggio (968 $\mu g/l$) che hanno contribuito ad un valore medio annuo alto pari a 253.4 $\mu g/l$ (media 2022=145 $\mu g/l$).

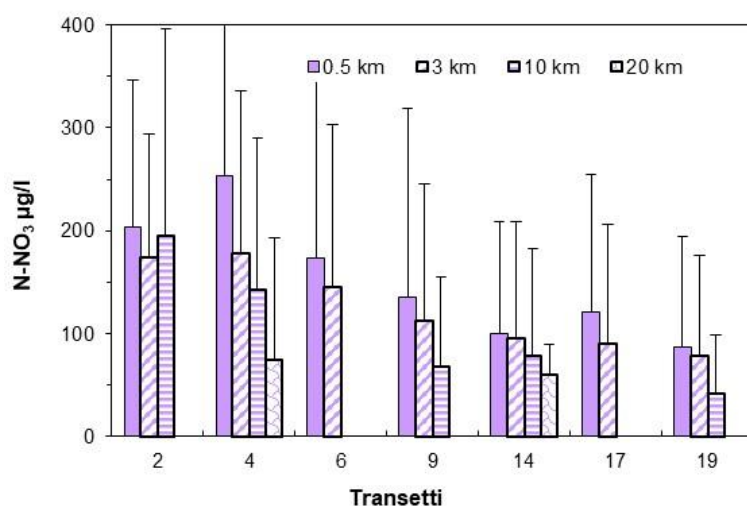


Figura 57 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

La Figura 58 mette a confronto gli andamenti del parametro durante l'anno nelle stazioni antistanti Porto Garibaldi posizionate a 0.5 e 3 km dalla costa evidenziando i due picchi netti di gennaio e maggio 2023.

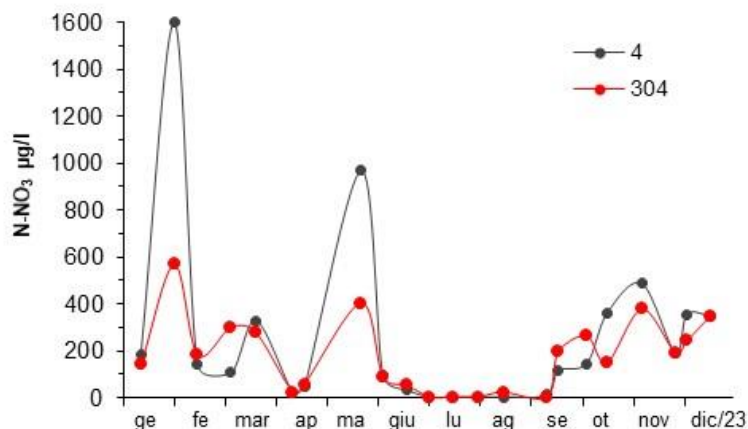


Figura 58 – Andamento temporale dell'NO₃ nelle stazioni a 0.5 e 3 km davanti a Porto Garibaldi

Nella Figura 59 è mostrato l'andamento del parametro nelle stazioni 2 e 19 posizionate rispettivamente la prima nell'area più a nord della costa e la seconda in quella più a sud. A Lido di Volano si confermano concentrazioni più elevate e maggior variabilità rispetto a quelle rilevate a Cattolica ad eccezione di un picco registrato durante il monitoraggio del 31 gennaio – 01 febbraio nella stazione 19 pari a 430.9 µg/l, più del doppio rispetto a quello misurato nella stazione settentrionale (155.4 µg/l).

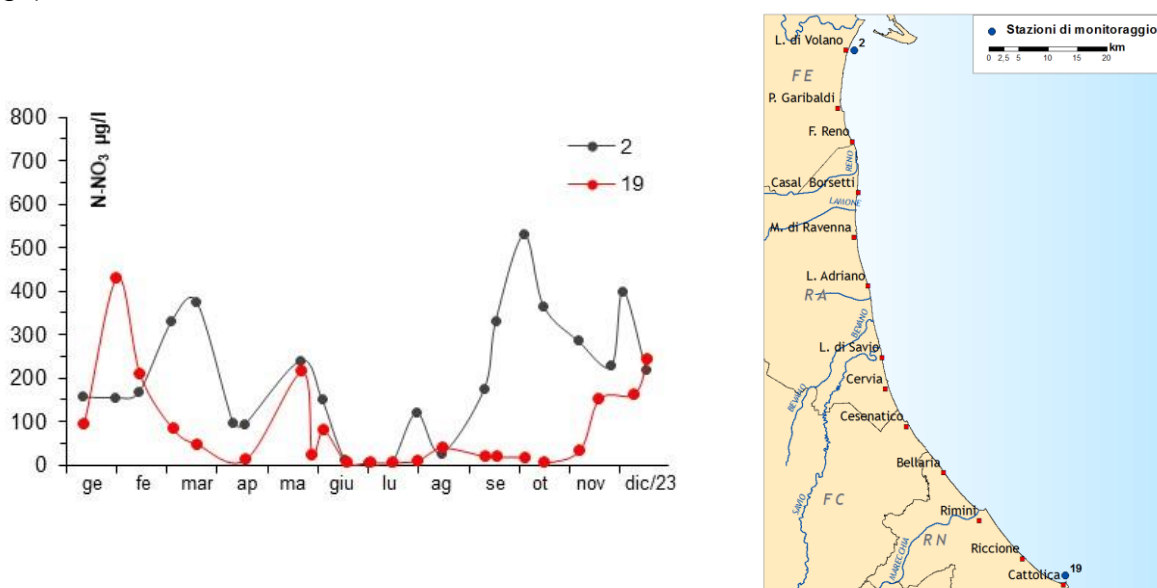


Figura 59 – Andamento temporale dell'azoto nitrico nelle stazioni 2 e 19 posizionate a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

L'elaborazione delle medie stagionali dell'N-NO₃ conferma concentrazioni massime in inverno poi a seguire in autunno, con un trend negativo nord sud e concentrazioni minime durante la stagione più calda (Figura 60). Il grafico mostra per la stazione 4, a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi, concentrazioni medie primaverili più alte rispetto alle altre stazioni costiere.

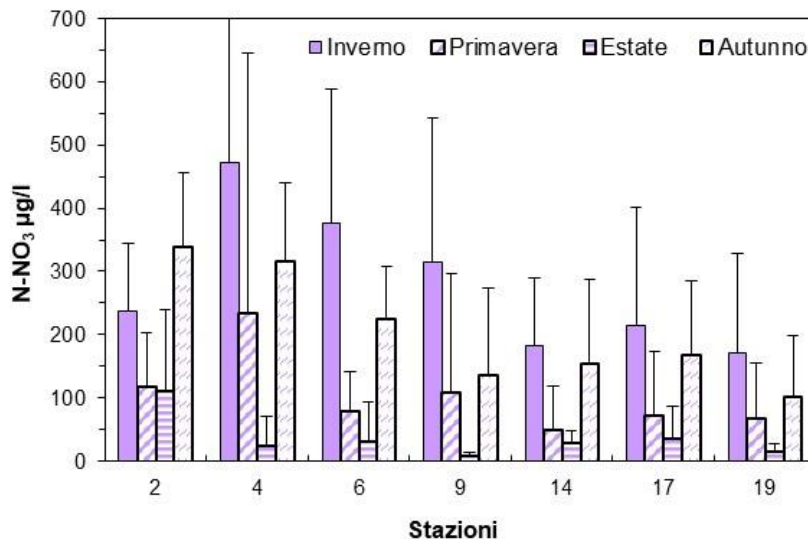


Figura 60 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’N-NO₃ nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

La mappa di Figura 61 illustra la distribuzione dell’azoto nitrico in superficie rilevato durante le attività di monitoraggio svolte il 31 gennaio e il 1 febbraio. Si evidenziano le concentrazioni più alte misurate nell’area a ridosso di Porto Garibaldi e concentrazioni al di sopra dei 400 µg/l davanti a Lido Adriano e tra Bellaria e Rimini.

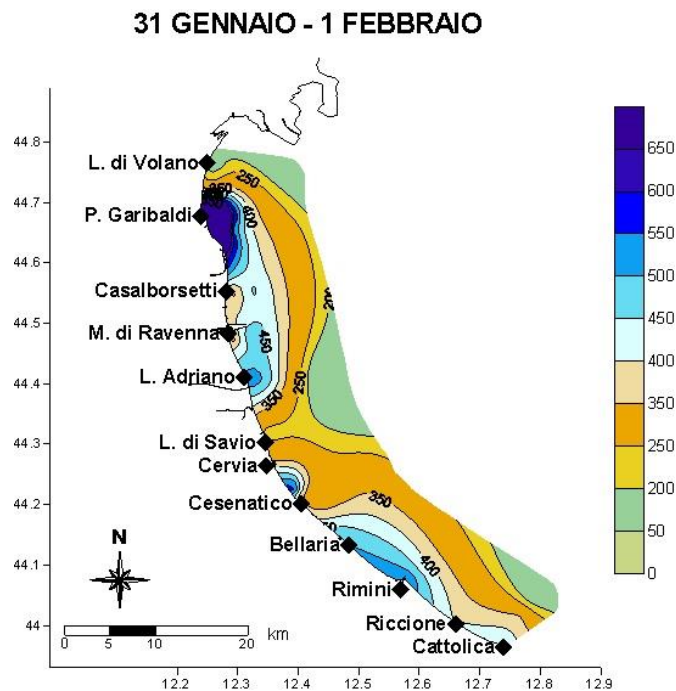


Figura 61 – Mappe di distribuzione dell’NO₃ (µg/l) nelle acque di superficie da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 31 gennaio e 1 febbraio 2023

La Figura 62 indica la tendenza durante l’anno dei valori di N-NO₃ alle due quote di superficie e fondo, lungo le due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico nelle stazioni poste a 3, 10 e 20 km dalla costa; il grafico conferma concentrazioni elevate e fluttuazioni più variabili in superficie rispetto a quelle misurate sul fondo che

attestano una maggior stabilità delle masse d'acqua più prossime al fondale durante tutto l'anno.

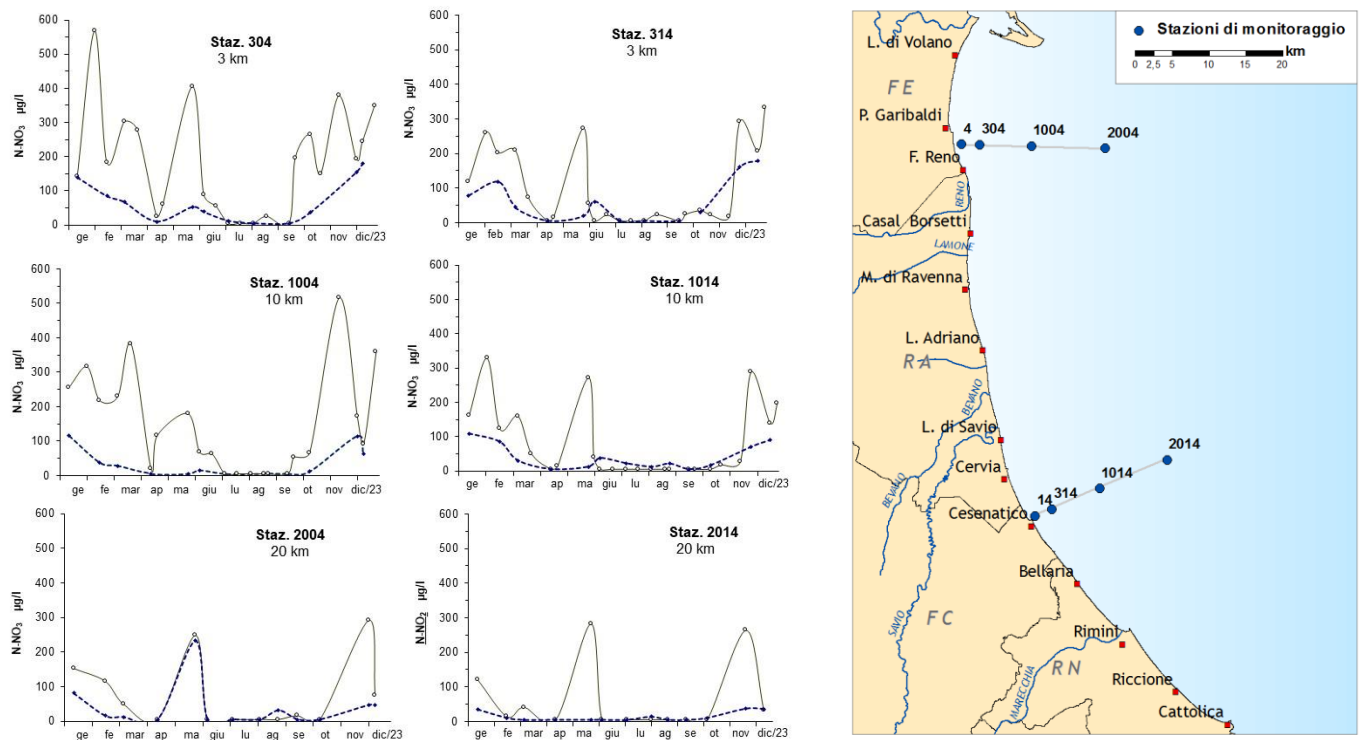


Figura 62 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

4.3.2.b Azoto nitroso ($N-NO_2$)

L'andamento dell'azoto nitroso rispecchia molto quello visto per l' $N-NO_3$, con fluttuazioni più variabili e concentrazioni maggiori nelle stazioni localizzate nell'area a nord della costa rispetto a quelle posizionate a sud. Nel corso dei controlli eseguiti nel 2023 il valore massimo di $N-NO_2$ misurato è stato di 75.5 $\mu\text{g/l}$ durante i controlli eseguiti il 23 maggio (Figura 63).

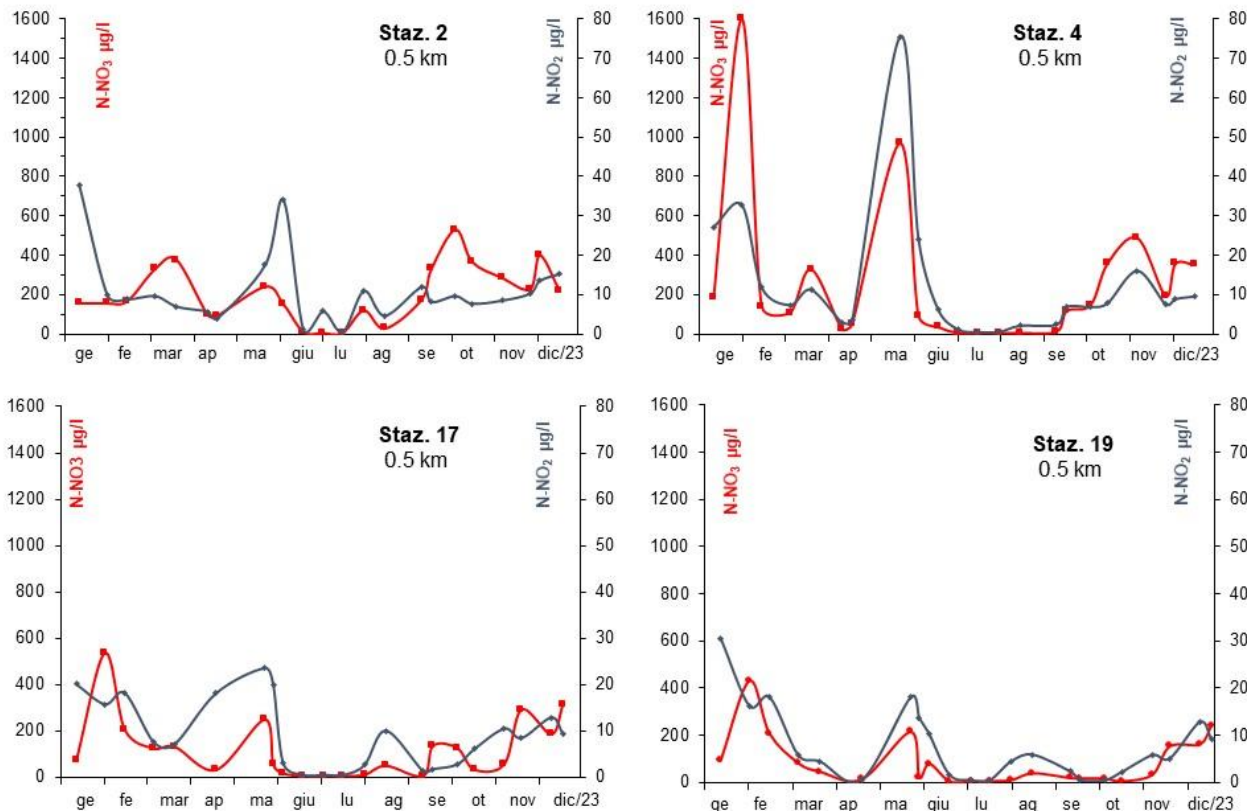


Figura 63 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea rossa) e nitroso (linea nera) nelle stazioni posizionate a 0.5 km dalla costa davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Rimini e Cattolica

Gli istogrammi di Figura 64 mostrano i valori medi annui calcolati lungo i principali transetti perpendicolari alla costa e fino ad una distanza di 20 km davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico. Si osserva un trend decrescente nord sud e costa largo più accentuato, quest'ultimo, lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cattolica. La media annuale più alta è risultata nella stazione vicino alla costa davanti a Porto Garibaldi pari a 12.39 $\mu\text{g/l}$ e quella più bassa a 10 km lungo il transetto di Cattolica pari a 4.60 $\mu\text{g/l}$. Rispetto ai valori calcolati nel 2022 si osserva un leggero incremento delle concentrazioni medie in tutte le stazioni, anche in quelle localizzate al largo della costa. La stazione 4 risulta quella con una differenza più marcata a confronto con l'anno precedente, dove si era registrato un valore medio di azoto nitroso in superficie pari a 5.86 $\mu\text{g/l}$.

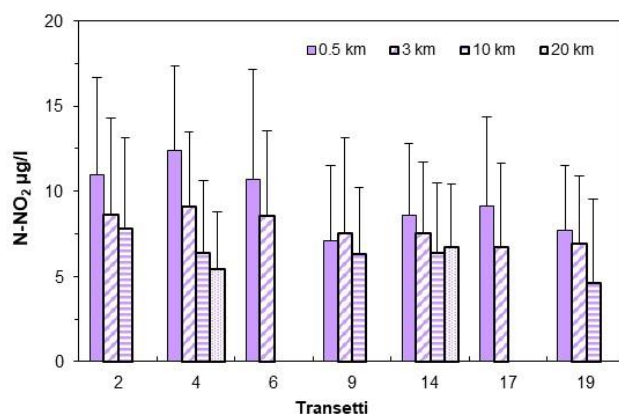


Figura 64 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 6, 10 e 20 km dalla costa

Il confronto delle concentrazioni misurate in superficie e sul fondo, lungo la direttrice di Porto Garibaldi (Figura 65) conferma una tendenza ad avere valori più elevati e variabili nelle acque marine di superficie rispetto a quelli misurati nelle acque prossime al fondale. In alcuni controlli si evidenziano comunque concentrazioni più alte sul fondo in concomitanza a una maggiore attività di mineralizzazione della comunità detritivora bentonica che contribuisce a rimettere in circolo i nutrienti.

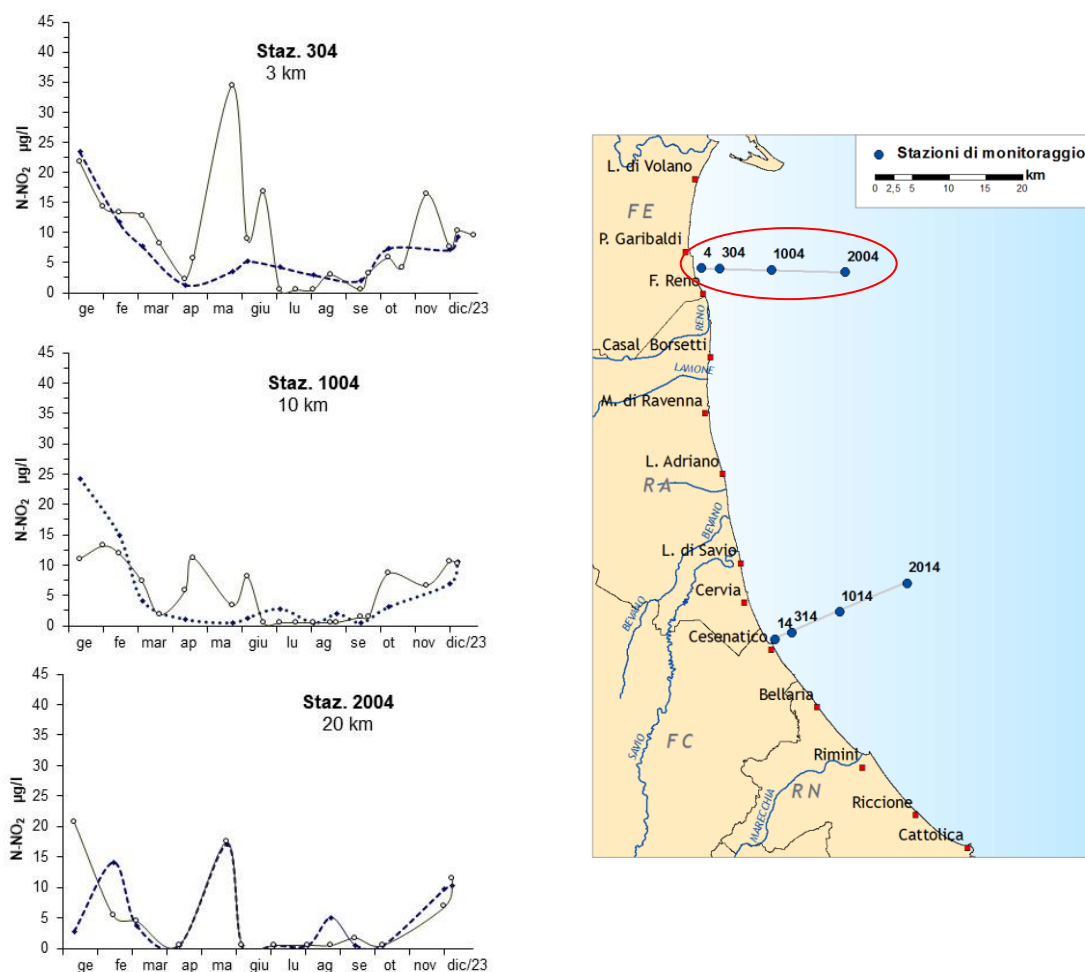


Figura 65 – Andamenti temporali dell’azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo il transetti di Porto Garibaldi

L'elaborazione delle medie stagionali conferma concentrazioni più alte in inverno e primavera e più basse in estate strettamente correlate alle precipitazioni atmosferiche e alle variazioni delle portate dei fiumi costieri e del Po (Figura 66).

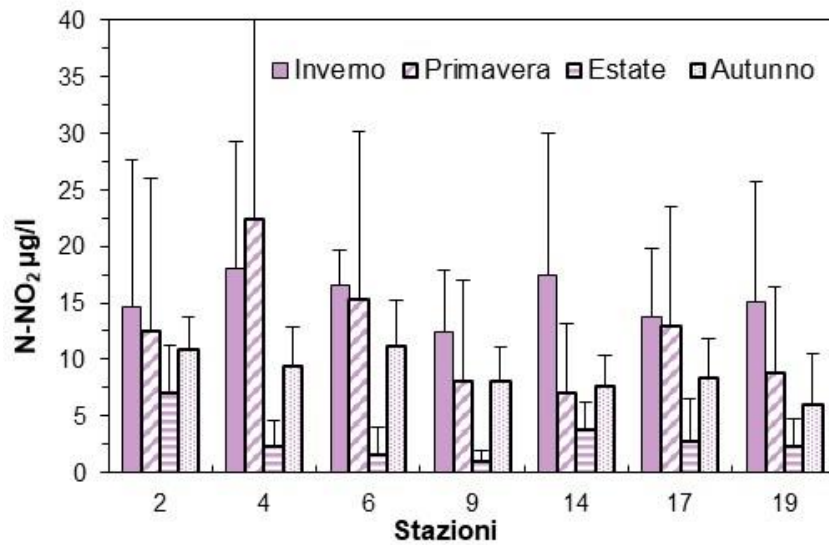


Figura 66 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitroso il superficie calcoalti nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

4.3.2.c Azoto ammoniacale (N-NH₃)

Come per le altre forme di azoto anche per l'N-NH₃ l'andamento annuale in superficie risulta strettamente correlato agli apporti dei fiumi. Questo porta ad avere concentrazioni maggiori nelle stazioni più vicine alla costa rispetto a quelle localizzate al largo. Gli istogrammi di Figura 67 mostrano le medie annuali calcolate nel 2023 lungo i transetti posizionati davanti la costa dell'Emilia-Romagna, evidenziando un marcato trend negativo costa largo. I valori massimi si sono misurati a Porto Garibaldi e a Cesenatico.

Il calcolo delle medie annuali dell'N-NH₃ tendenzialmente non evidenzia variazioni significative rispetto ai dati elaborati nel 2022; fanno eccezioni le stazioni a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi e Lido Adriano che tendono ad avere valori superiori a confronto con quelli dell'anno precedente, in particolare la stazione 4 con un valore medio nel 2023 pari a 32.97 µg/l rispetto ai 14.14 µg/l calcolati nel 2022. Situazione diversa lungo il transetto più settentrionale, posizionato davanti a Lido di Volano, dove la concentrazione media è risultata inferiore rispetto al 2022 in tutti i punti di campionati.

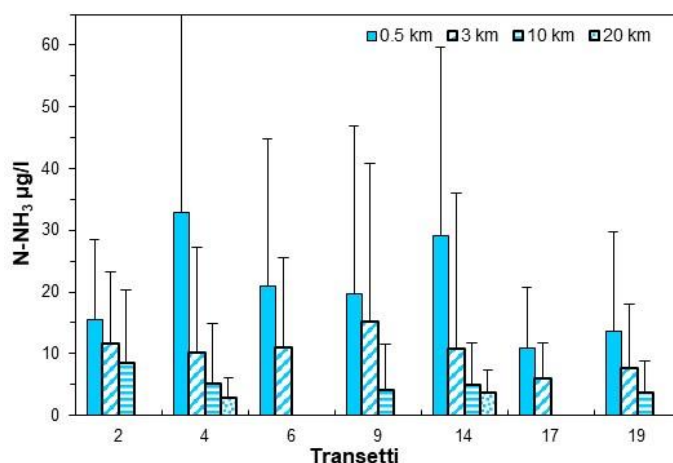


Figura 67 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Gli andamenti temporali in Figura 68 mostrano fluttuazioni durante l'anno con picchi elevati tra gennaio e febbraio e a luglio. La concentrazione più elevata misurata in superficie è stata di 351 µg/l nella stazione 4 durante i controlli del 31 gennaio seguita da un valore di 166.5 µg/l nella stazione 13 il 14 febbraio. Picchi elevati di ammoniaca si sono registrati anche durante la stagione estiva, come nella stazione 12, a 0.5 km davanti a Cervia, con un valore di 149.35 µg/l.

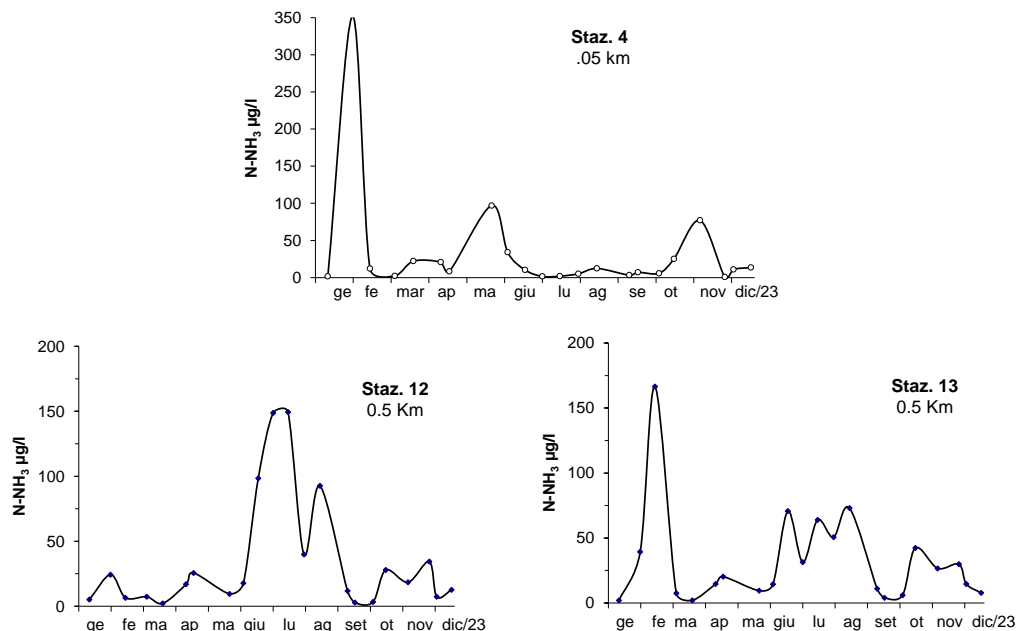


Figura 68 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a km davanti a Porto Garibaldi, Cervia e Zadina

L’elaborazione delle medie stagionali conferma valori più alti nelle stazioni a 0.5 km rispetto a quelle posizionate a 3 km di distanza dalla costa (Figura 69). Tendenzialmente le medie più basse si registrano in estate e quelle più elevate nelle altre stagioni. Le concentrazioni elevate registrate a gennaio a Porto Garibaldi, come già accennato, hanno contribuito ad un valore medio alto in inverno proprio nella stazione 4 che si differenzia in maniera netta dagli altri punti di campionamento. A Lido di Volano le concentrazioni maggiori di N-NH₃ si sono registrate in autunno, mentre nelle stazioni più meridionali, la 17 e la 19, rimangono abbastanza simili. A Cesenatico i valori più alti risultano in primavera ed estate.

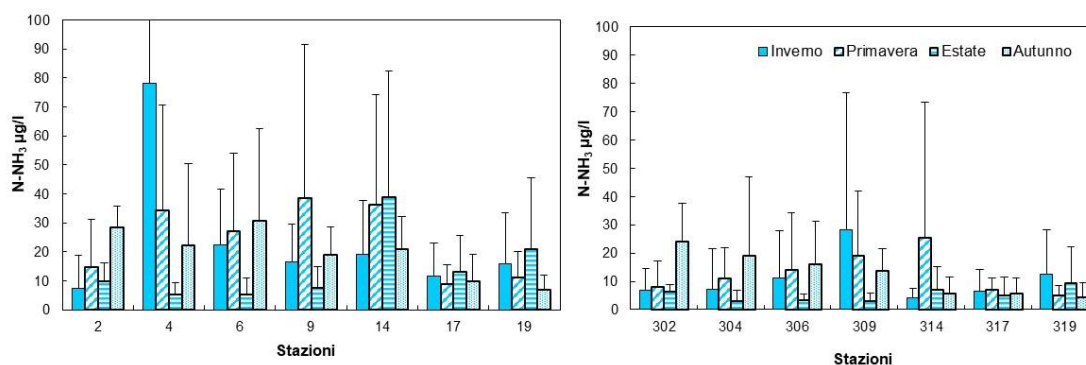


Figura 69 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le mappe di Figura 70 illustrano la distribuzione dell’azoto ammoniacale lungo la costa nelle acque di superficie durante la stagione invernale e quella estiva evidenziando i massimi rispettivamente nell’area davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico.

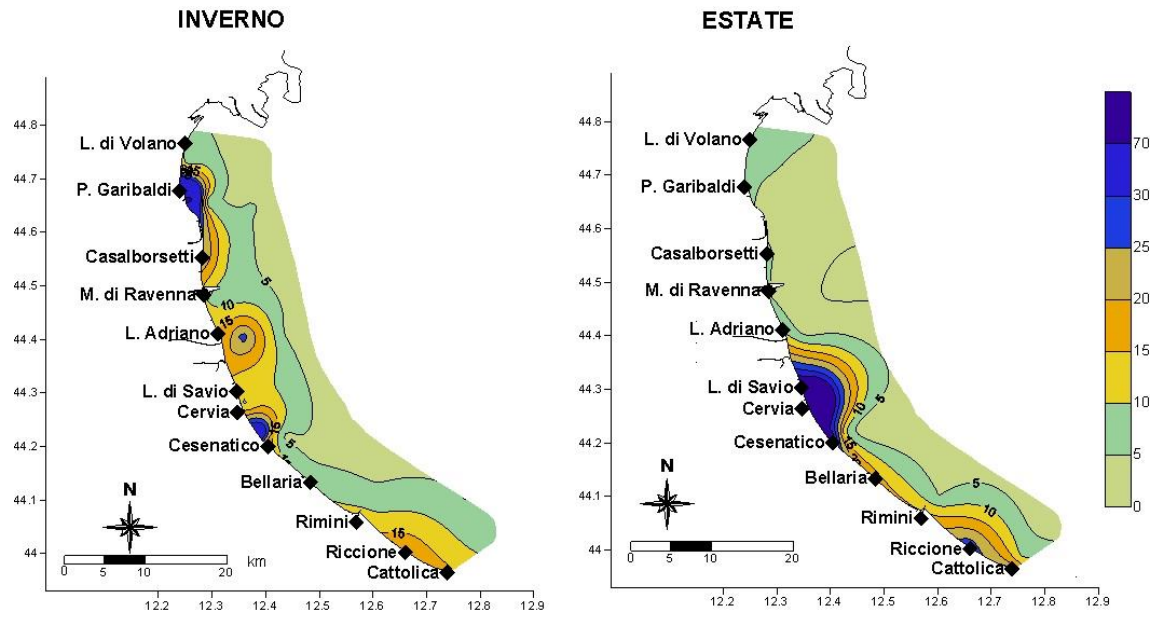


Figura 70 – Mappe di distribuzione dell’azoto ammoniacale ($\mu\text{g/l}$) in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante in inverno ed estate

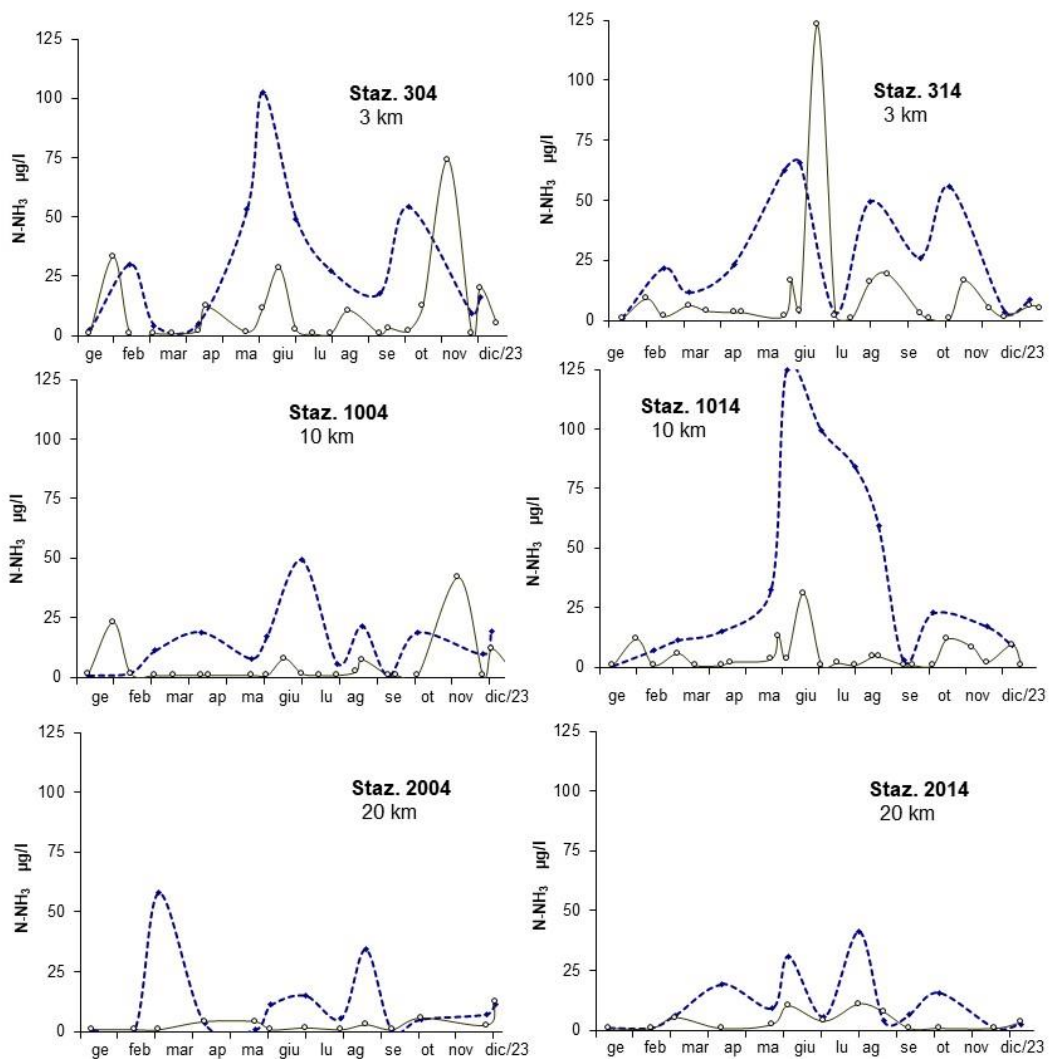


Figura 71 – Andamenti temporali dell’azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico

Gli andamenti dell'azoto ammoniacale anche sul fondo evidenziano in certi periodi dell'anno una spiccata variabilità che tende a diminuire nelle stazioni più lontane dalla costa (Figura 71).

Il grafico evidenzia in alcuni momenti dell'anno concentrazioni più elevate nelle acque marine di fondo rispetto a quelle di superficie, questa condizione si rileva spesso in concomitanza di condizioni sul fondo caratterizzate da un aumento dell'attività metabolica dei detritivori che mineralizzano la sostanza organica rendendo così disponibile il rilascio di $N-NH_3$.

4.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

L'azoto inorganico disciolto, conosciuto anche con l'acronimo DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) rappresenta la porzione disciolta presente in mare ed è la sommatoria delle diverse forme di azoto solubili: azoto nitroso, azoto nitrico ed azoto ammoniacale. È un parametro importante, insieme agli altri nutrienti, per la valutazione della qualità ambientale dell'ecosistema costiero. Delle tre componenti l'azoto nitrico ($N-NO_3$) è quello più rappresentativo come si evidenzia nel grafico di Figura 72 che riporta i dati rilevati nella stazione 2 a 0.5 davanti a Lido di Volano. Il grafico evidenzia concentrazioni molto basse nella seconda metà del mese di giugno e nel mese di luglio correlati ai ridotti apporti provenienti sia dai bacini costieri che da quello padano.

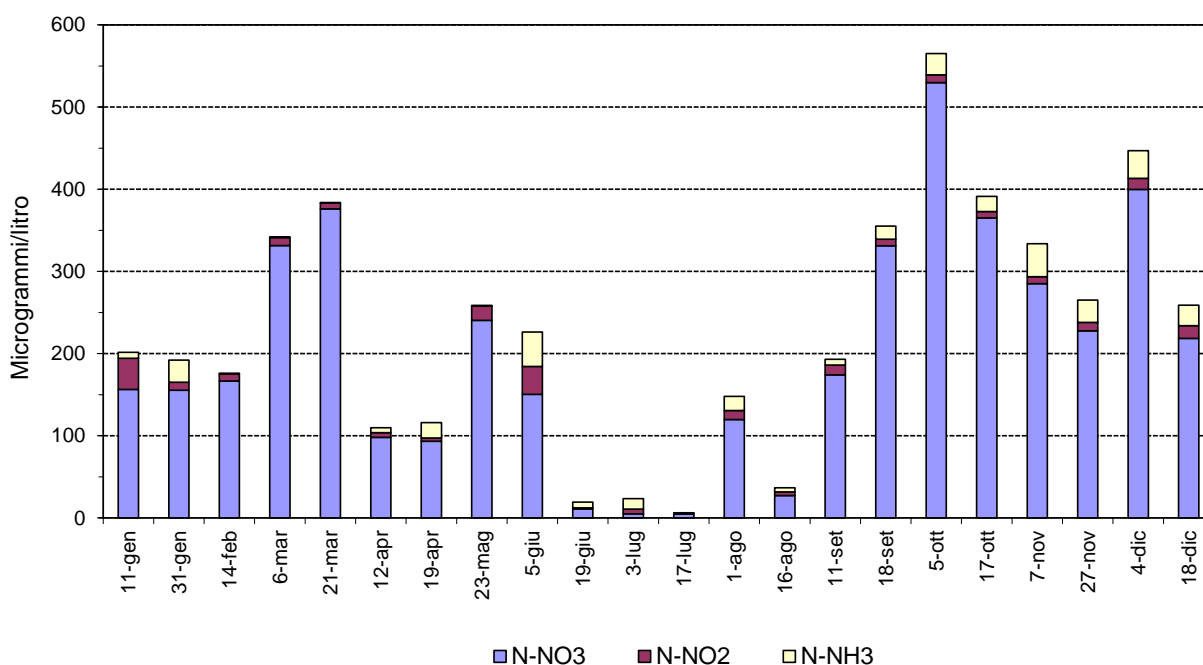


Figura 72 – Istogrammi in pila degli andamenti dei nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione 2 (Lido di Volano)

Il confronto dei valori medi mensili calcolati nelle stazioni a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica con quello di riferimento calcolato nel periodo 1993-2002 (Figura 73) conferma, come per l'anno precedente, una tendenza negativa per tutte e tre le stazioni e durante tutto l'anno ad eccezione di un incremento minimo a maggio, a febbraio e agosto solo nella stazione 319.

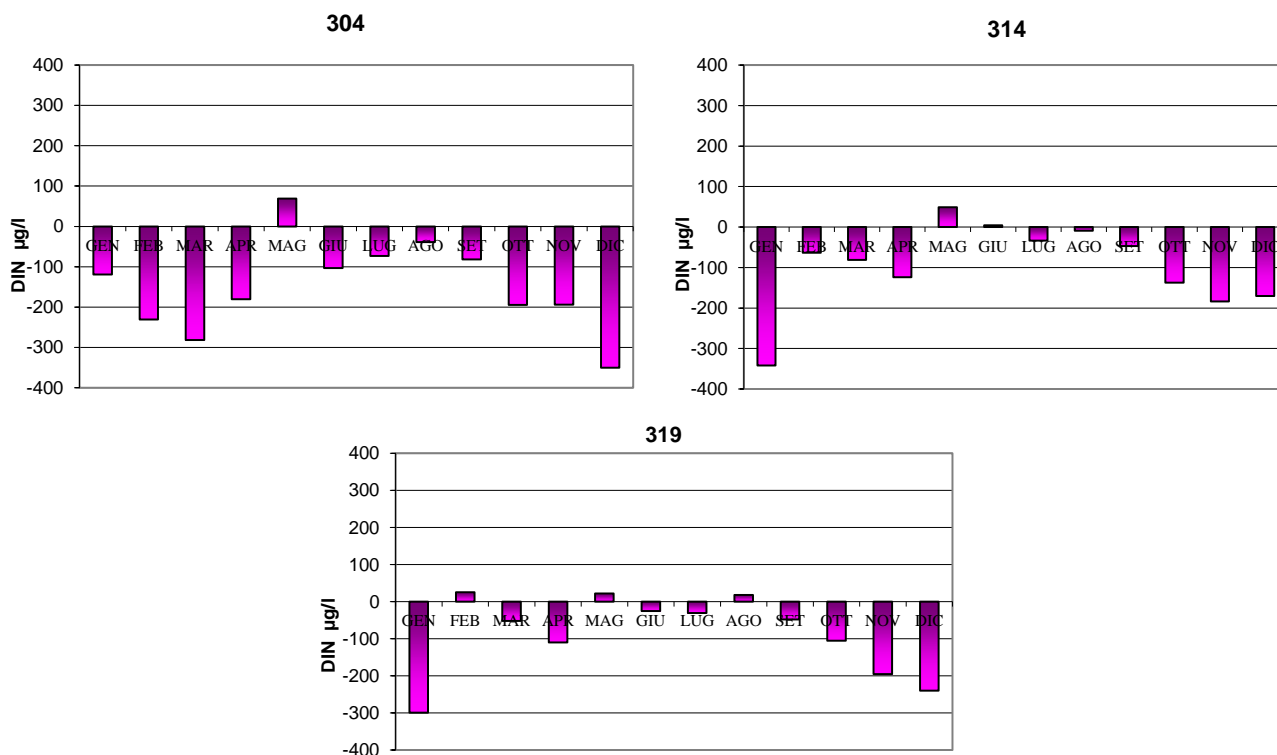


Figura 73 – Variazioni dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Questa tendenza si osserva anche nel grafico di Figura 74 che mette a confronto le medie geometriche annuali calcolate in tre aree rappresentative della costa dell'Emilia-Romagna dal 1982 al 2022: un'area più settentrionale compresa tra Lido di Volano e Porto Garibaldi (stazioni 2,3 e 4), una centrale tra Milano Marittima – Cervia e Cesenatico (stazioni 12 e 14) ed una più meridionale davanti a Cattolica a 0.5 e 3 km dalla costa (stazioni 19 e 319). Le linee tratteggiate indicano le linee di tendenza di tipo lineare che mostrano l'evoluzione complessiva del sistema mentre le linee continue consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale.

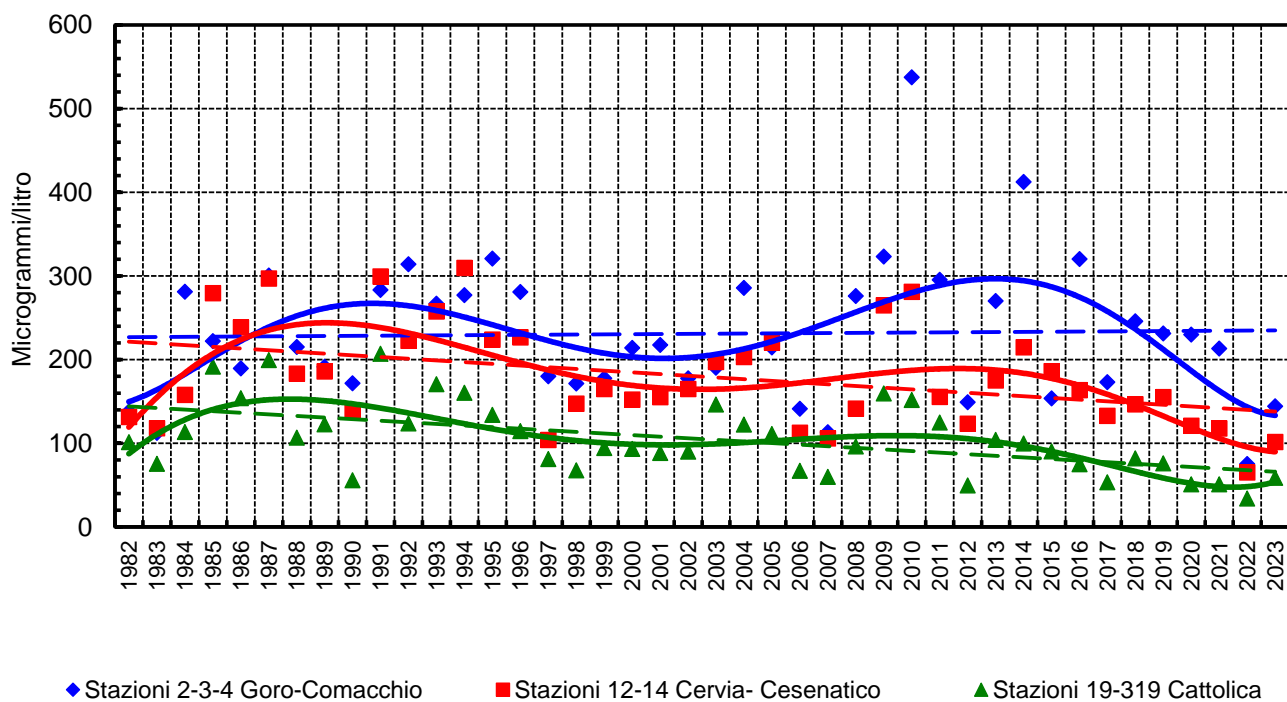


Figura 74 – Medie geometriche annuali per il trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa dell'Emilia Romagna (periodo 1982-2023)

4.3.2.e Azoto totale (N tot)

L'elaborazione delle medie annuali dell'azoto totale, nelle stazioni posizionate lungo i transetti, conferma il gradiente negativo costa largo e nord sud rilevato anche per le altre forme di azoto (Figura 75). I valori medi nel 2023 sono rimasti compresi tra 240.5 µg/l davanti a Cattolica a 10 km dalla costa e 704 µg/l a Porto Garibaldi (0.5 km). Lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico si osservano le differenze più nette di concentrazioni di N totale tra costa e largo. Anche per l'azoto totale, il valore medio più elevato nel 2023 è stato calcolato per la stazione 4, a 0.5 km davanti a porto Garibaldi.

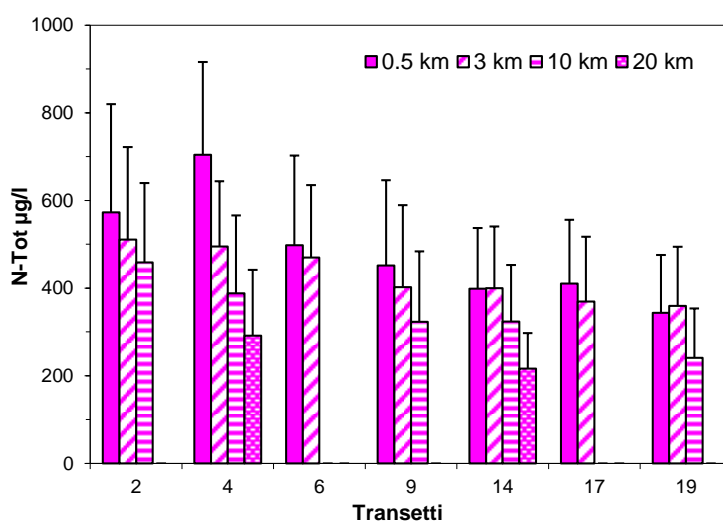


Figura 75 – Medie annuali e deviazione standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.

Il calcolo delle medie stagionali mostra una tendenza a concentrazioni più basse in estate/autunno e più elevate in inverno/primavera (Figura 76). Fanno eccezioni la stazione 2, con valori più bassi in inverno e più alti e simili nelle altre stagioni e la stazione 14 con differenze minime di concentrazione nelle varie stagioni.

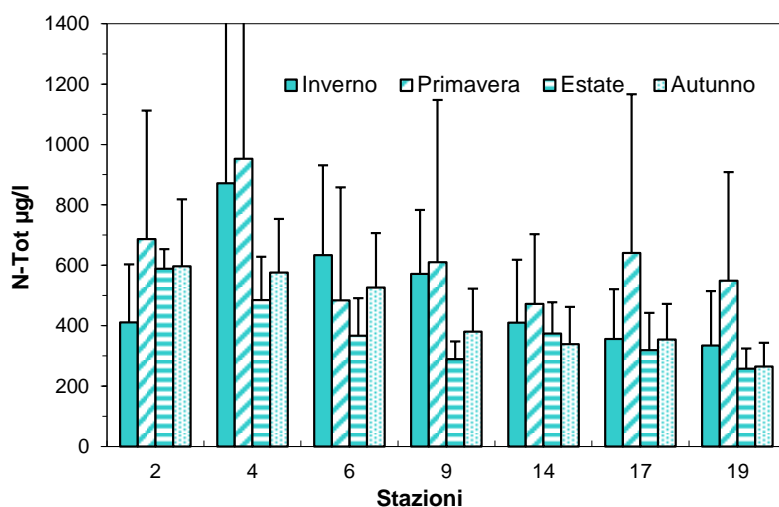


Figura 76 – Medie stagionali e deviazione standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa.

Il confronto con le medie mensili calcolate su lungo periodo in tre stazioni posizionate a 3 km dalla costa evidenzia una tendenza generale al decremento nei mesi invernali e autunnali. Nel 2023 si registra un aumento significativo, in tutte le stazioni, nel mese di maggio in concomitanza all'evento eccezionale verificatosi nell'entroterra della Romagna che ha portato ad un'immissione straordinaria di acque dolci in ambiente marino.

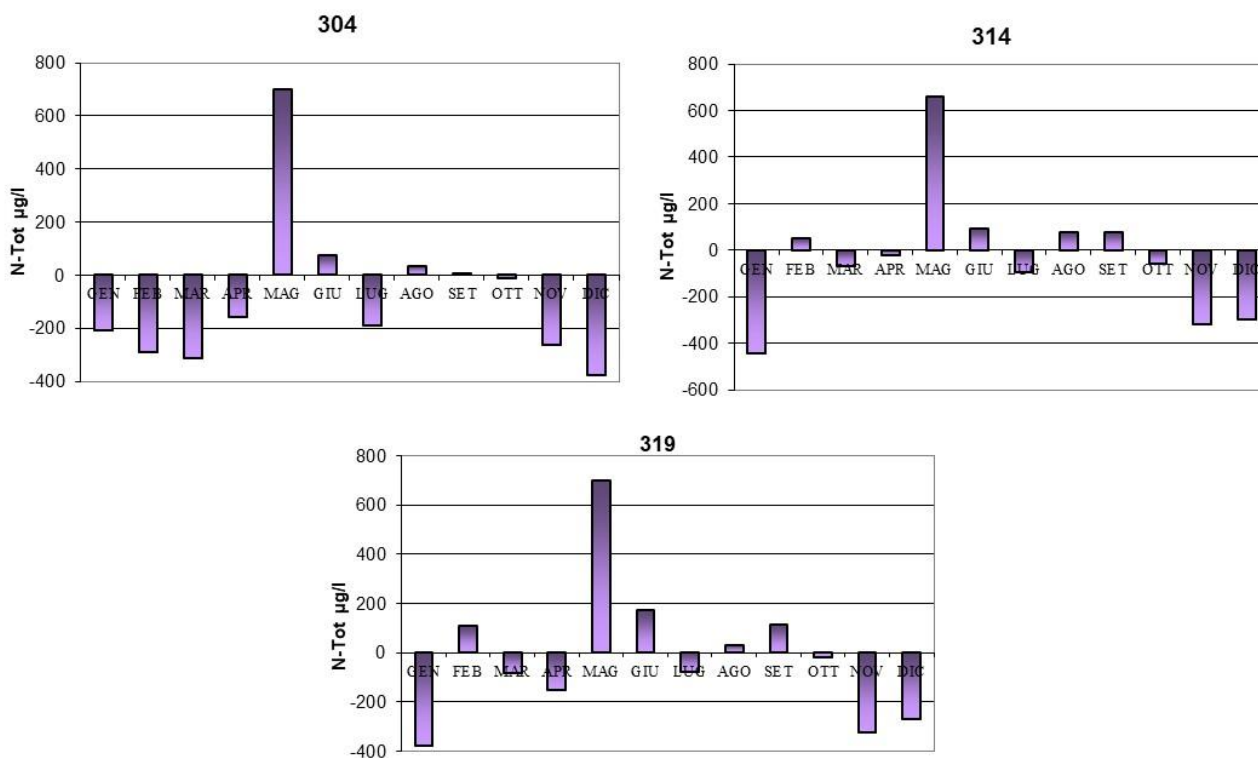


Figura 77 – Variazioni dei valori medi mensili dell’azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

L’andamento temporale dell’azoto totale rappresentato nel grafico di Figura 78 mostra un picco importante durante i controlli di fine maggio davanti a Porto Garibaldi sia a 500 m dalla costa sia 3 km, rispettivamente pari a 2791 µg/l e 1398 µg/l. Nella stazione 4 si è registrato un altro picco importante durante il monitoraggio del 31 gennaio corrispondente anche alla più alta concentrazione di N totale misurata nel 2023 pari a 2809.29 µg/l.

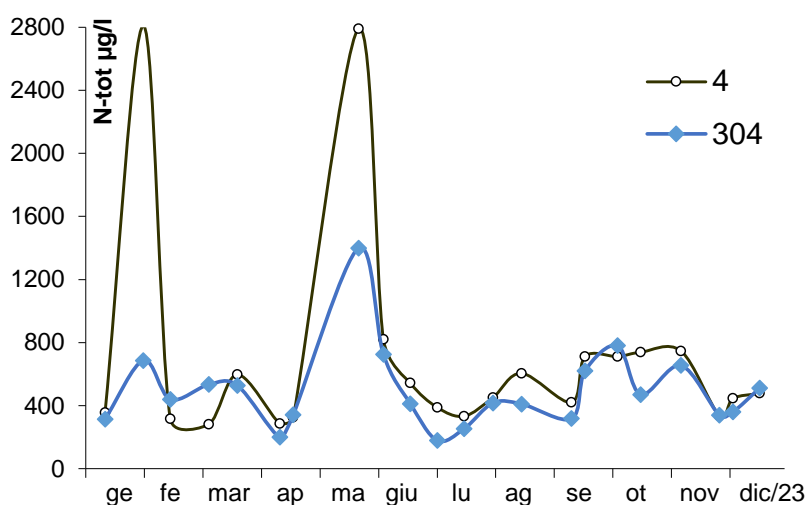


Figura 78 – Andamento annuale dell’Azoto totale in superficie nelle stazioni e 4 e 304 km davanti a Porto Garibaldi

Il confronto degli andamenti di azoto totale durante l’anno nelle stazioni 2 e 19, posizionate rispettivamente nella parte più a nord e a sud della costa mostra un andamento simile ma concentrazioni più elevate a Lido di Volano (Figura 79). Questa situazione conferma come l’area settentrionale sia influenzata non solo dall’immissione di acqua dolce dai bacini costieri ma anche e soprattutto da quella proveniente dal bacino padano durante tutto l’anno.

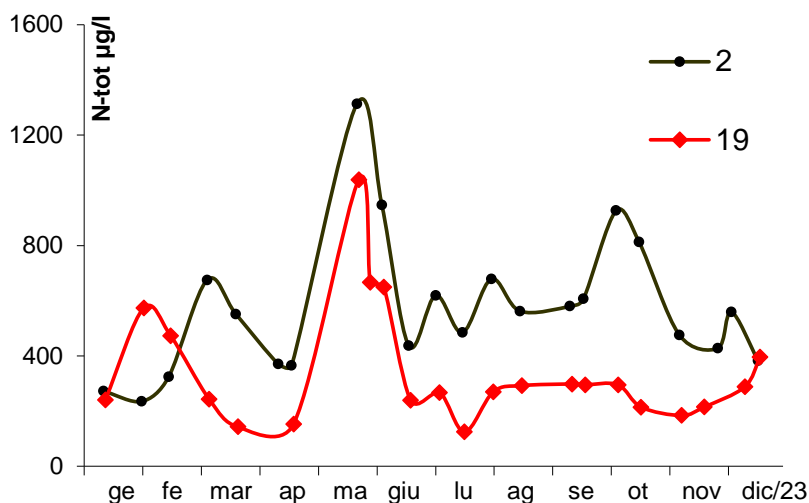


Figura 79 – Andamento annuale dell’Azoto totale in superficie nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

In superficie le concentrazioni dell’Azoto totale presentano una maggior variabilità rispetto alle concentrazioni misurate nelle masse d’acqua alle quote di fondo sia in costa che al largo. La Figura 80 mostra gli andamenti del parametro alle due quote, superficie e fondo, nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Cesenatico.

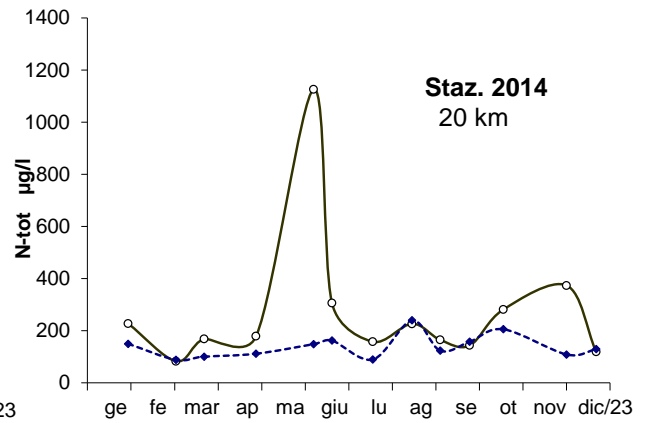
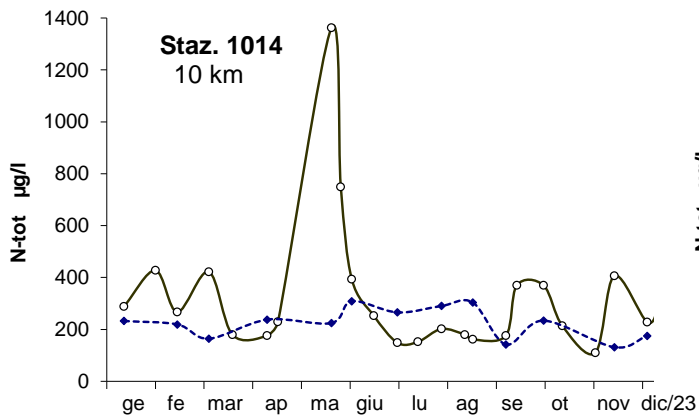
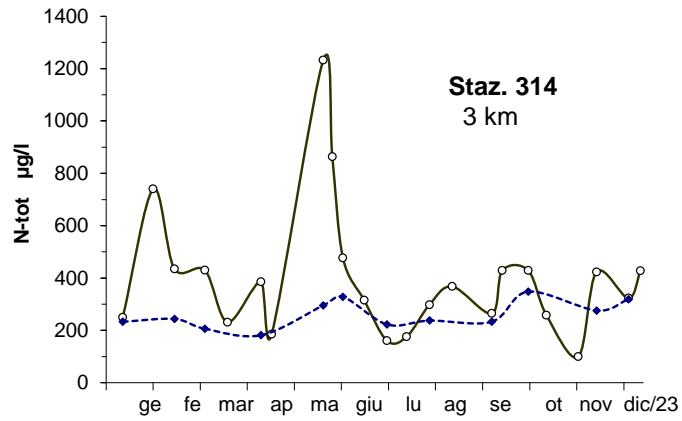


Figura 80 – Andamento annuale dell’Azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni e 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Cesenatico

4.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

Nella costa emiliano romagnola il fosforo è il fattore limitante la produzione primaria. I processi biogeochimici del ciclo del fosforo sono sostanzialmente controllati dalle interazioni tra frazione disciolta e particellata. Queste specie chimiche hanno differente reattività e la loro disponibilità è regolata dai processi di sedimentazione, risospensione e dalle variazioni di salinità, pH e stato di ossidazione delle acque. Il fosforo è veicolato a mare principalmente dai fiumi e le sorgenti principali sono le attività antropiche e fenomeni naturali come il dilavamento dei suoli dei bacini naturali. Durante i monitoraggi viene ricercato sotto due forme come P totale e P-PO₄, fosforo ortofosfato, che rappresenta la componente assimilabile da parte del fitoplancton.

Il grafico in Figura 81 rappresenta l'andamento annuale medio del fosforo reattivo che conferma, come negli anni precedenti, un evidente trend decrescente nord sud e costa largo. Il dato medio più elevato è stato osservato nella stazione 2 (Lido delle Nazioni) a 0.5 km dalla costa, con un valore di 5.25 µg/l, mentre quello più basso è stato registrato al largo di Lido Adriano a 10 km dalla costa, pari a 1.03 µg/l.

Confrontando i risultati con i dati del 2022 non si osservano differenze significative, confermando una tendenza alla diminuzione rispetto agli anni passati.

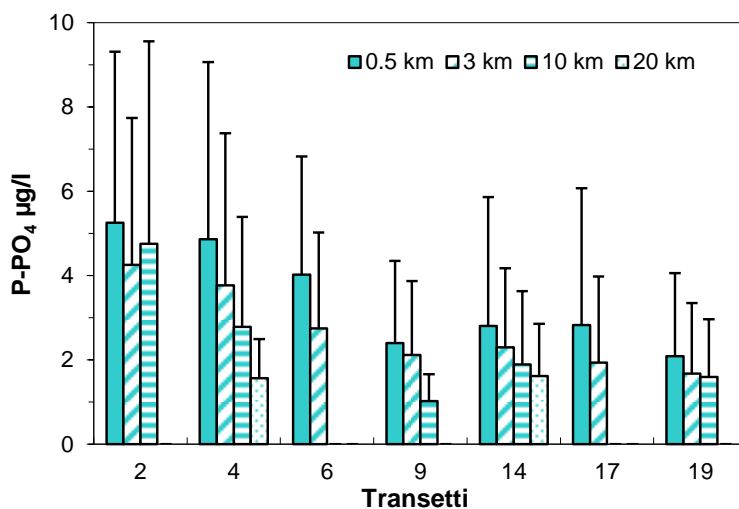


Figura 81 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

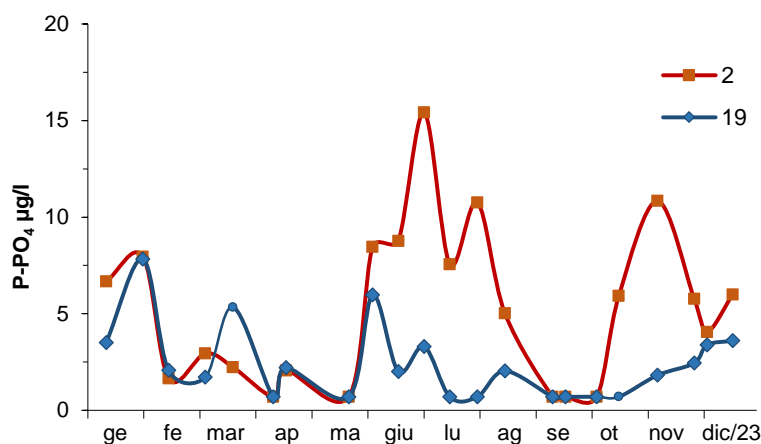


Figura 82 – Andamenti temporali del fosforo reattivo nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica)

L'andamento annuale dell'ortofosfato a 0.5 km dalla costa davanti alla stazione 2 (Lido di Volano) localizzata nella parte più a nord della costa paragonato con quello rilevato nella stazione 19 (Cattolica), localizzata più a sud, si conferma una maggiore variabilità del parametro nella stazione più settentrionale, in modo particolare dalla metà del mese di giugno a metà agosto e tra ottobre e novembre (Figura 82), in relazione anche alle maggiori portate del bacino padano e alle precipitazioni. La concentrazione più alta a Lido di Volano è stata di 15.42 µg/l, registrata durante il monitoraggio del 3 luglio, mentre a Cattolica il valore più alto, pari a 7.34 µg/l, è stato raggiunto l'1 febbraio.

Per quanto riguarda le medie stagionali, riportate in Figura 83, si osserva una situazione diversa rispetto all'anno precedente; nel 2023 le minori concentrazioni del parametro in superficie sono state registrate durante la stagione estiva. Fanno eccezione le stazioni davanti a Lido di Volano, a 0.5 km e a 3 km dalla costa, con i valori medi più bassi nei mesi invernali e primaverili, e la stazione 4 (Porto Garibaldi) con le concentrazioni minori in inverno. In tutte le stazioni prese in considerazione il fosforo reattivo mostra i massimi nei primi 6 mesi dell'anno, tranne le stazioni 302, con il massimo in autunno, e 2 e 4 in estate. Proprio in queste due ultime stazioni sono stati osservati i valori stagionali più alti pari a 6.7 e 6.3 µg/l rispettivamente.

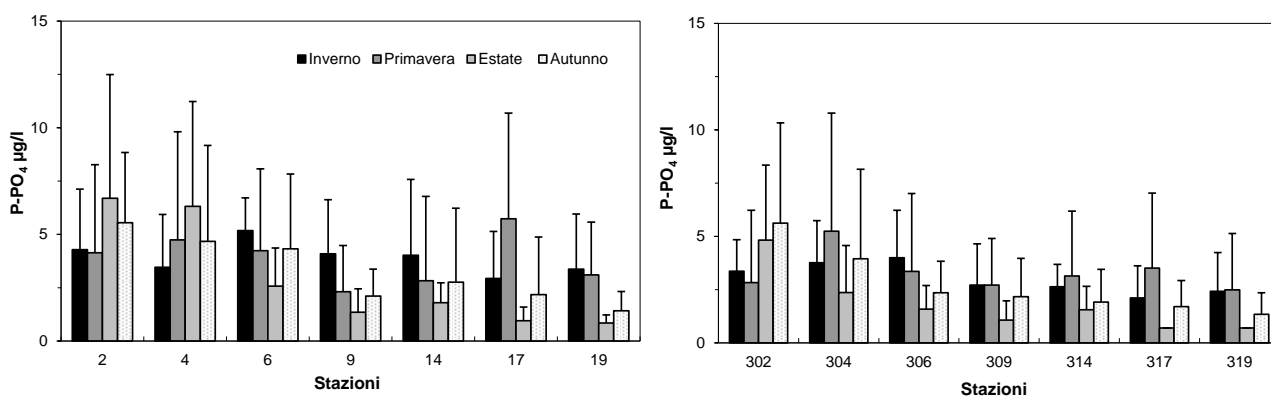


Figura 83 – Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In Figura 84 sono messe a confronto le medie mensili del fosforo reattivo misurate nel 2023 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. Come osservato anche negli anni precedenti, si conferma una tendenza alla diminuzione nel corso di tutto l'anno, più marcata nei mesi tra settembre e dicembre. Nelle stazioni 314 e 319 si evidenzia una diminuzione evidente anche a gennaio. Si registrano invece valori positivi in tutti e tre i punti di campionamento nel mese di giugno, in particolare nella stazione 304; questi aumenti sono correlati alla quantità di precipitazioni e agli apporti dei bacini fluviali a seguito dell'evento eccezionale verificatosi a maggio.

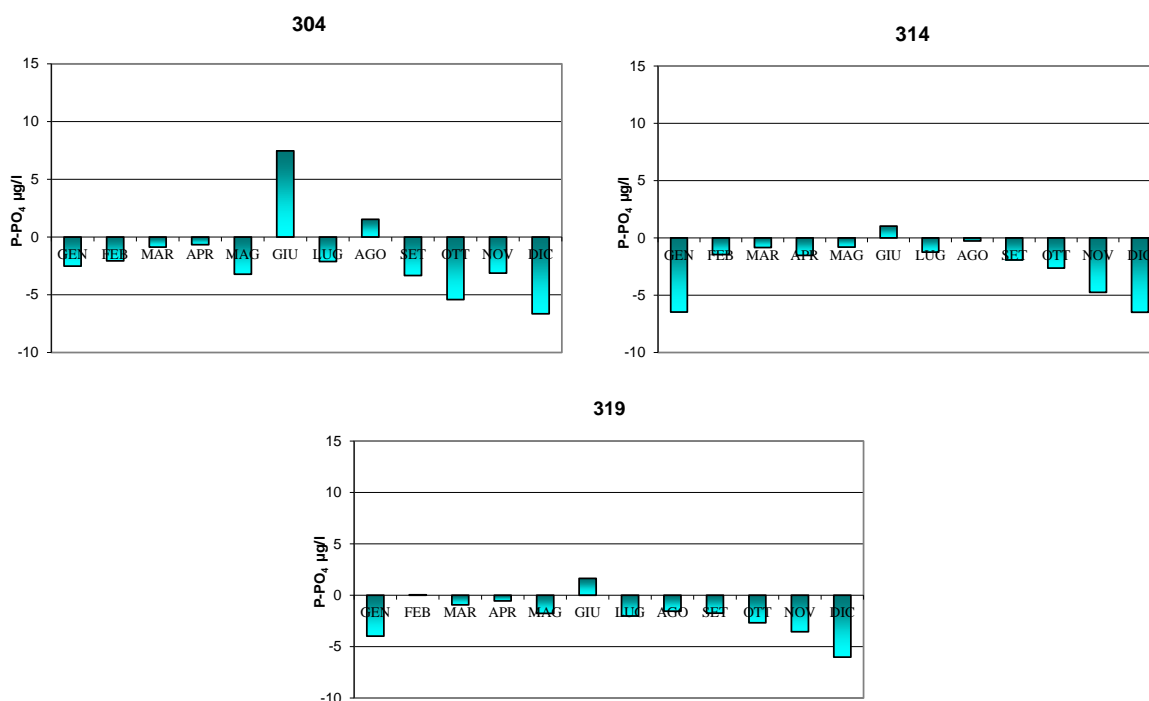


Figura 84 – Variazioni dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km rispetto ai valori climatologici di riferimento

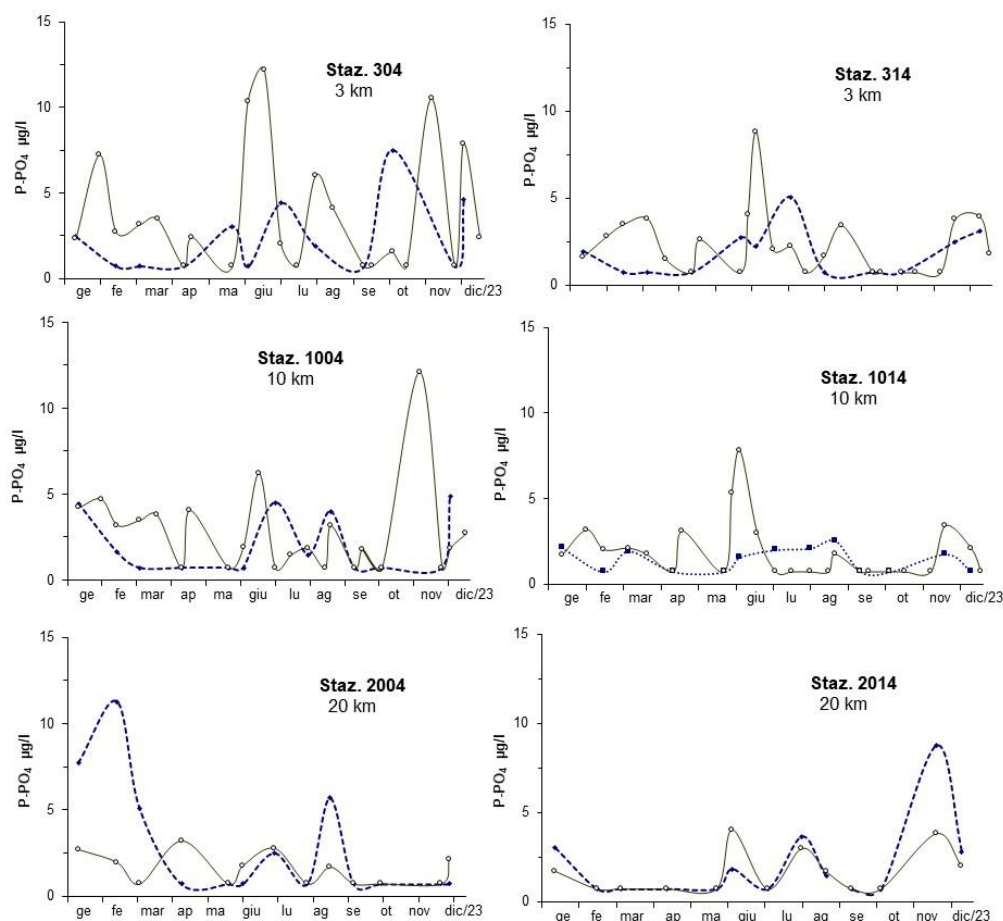


Figura 85 – Andamenti temporali del fosforo reattivo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi e Cesenatico

I grafici in Figura 85 riportano gli andamenti annuali delle concentrazioni del P-PO₄ superficiali e sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico. Si osservano maggiori oscillazioni dei valori in superficie rispetto al fondo, più accentuate vicino a costa rispetto alle stazioni più al largo, che confermano la situazione osservata nel 2022. I dati evidenziano picchi elevati in superficie nel mese di giugno nelle stazioni a 3 e 10 km a Porto Garibaldi e a Cesenatico, dovuti agli apporti di acqua dolce dai bacini fluviali in seguito all'alluvione di maggio. La concentrazione più alta, pari a 12.15 µg/l, è stata registrata il 14 giugno a 3 km davanti a Porto Garibaldi. Si osserva inoltre un picco nella stazione 1004 nel monitoraggio del 7 novembre (12.1 µg/l), strettamente correlato alle alte portate del Po nello stesso periodo. Nella stazione 2004 si osserva invece un picco nelle concentrazioni di fosforo reattivo sul fondo, con un valore di 11.26 µg/l, nel monitoraggio del 14 febbraio.

Il grafico di Figura 86 mostra il trend evolutivo in tre aree rappresentative della fascia costiera antistante l'Emilia-Romagna; le linee tratteggiate mostrano l'evoluzione complessiva del sistema confermando una tendenza negativa delle concentrazioni del fosforo reattivo nelle acque marine di superficie.

P-PO₄

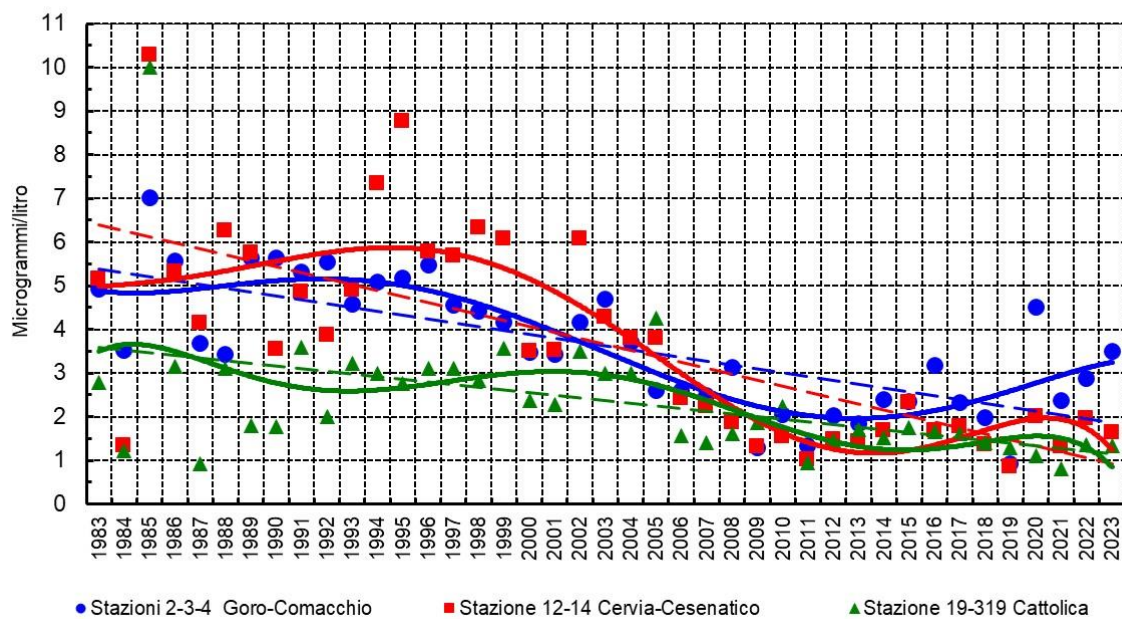


Figura 86 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo reattivo in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2023)

4.3.2.g Fosforo totale (P tot)

Nel 2023 le medie annuali del fosforo totale (Figura 87) confermano una diminuzione delle concentrazioni in direzione nord sud e costa largo, più evidente nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle localizzate nella parte meridionale della costa.

Confrontando i dati con le medie del 2022 si osserva un leggero aumento delle concentrazioni nell'area più a nord e una moderata diminuzione nell'area meridionale.

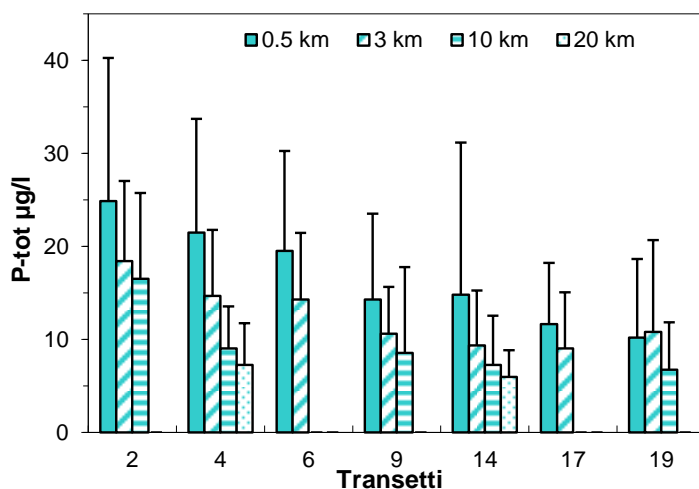


Figura 87 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

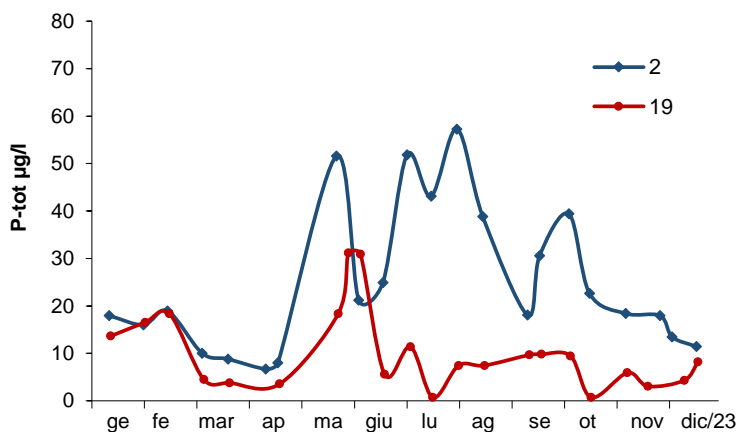


Figura 88 – Andamenti temporali del fosforo totale nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica)

Paragonando gli andamenti temporali del fosforo totale della stazione più a nord (staz. 2) con quella più a sud (staz. 19), come negli anni precedenti, si conferma un andamento variabile in entrambe le stazioni con valori più elevati a Lido di Volano rispetto a Cattolica (Figura 88). Fa eccezione il monitoraggio del 5-6 giugno dove le concentrazioni di fosforo totale sono maggiori a Cattolica, con un valore di 30.89 µg/l a fronte dei 21.2 µg/l della stazione più settentrionale. La maggiore variabilità

dell'area a nord della costa è strettamente correlata con gli apporti di acque dolci provenienti dal bacino padano che influenzano la concentrazione dei nutrienti nelle acque costiere. L'andamento nella stazione a 0.5 km davanti a Cattolica è più lineare nel corso dell'anno rispetto al 2022 e presenta valori più bassi. Il picco di fosforo totale registrato a giugno è ascrivibile alle precipitazioni cadute durante il periodo dell'alluvione di maggio, con aumento delle portate dai fiumi costieri in mare ed un conseguente incremento anche delle concentrazioni dei nutrienti.

Nel 2023 le concentrazioni più elevate di fosforo totale sono state osservate durante il monitoraggio del 2 agosto nella stazione 14 (a 0.5 km al largo di Cesenatico) con un valore pari a 81.8 µg/l (Figura 89).

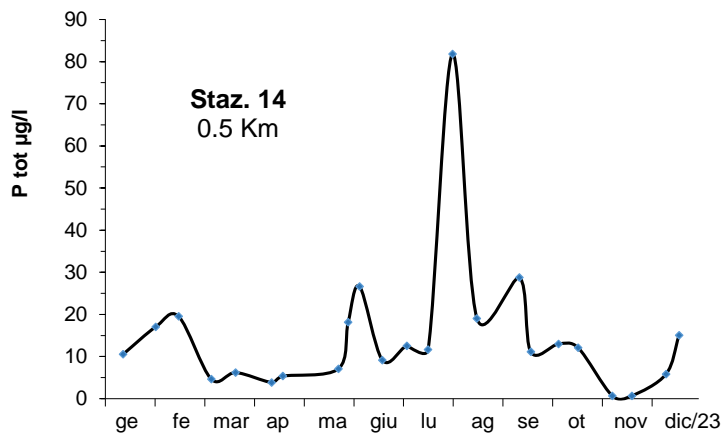


Figura 89 – Andamenti temporali del fosforo totale nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica)

Analizzando le medie stagionali nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa (Figura 90) si evidenzia una situazione variabile, con valori tendenzialmente più elevati nel periodo primaverile ed estivo e concentrazioni più basse nei mesi autunnali e invernali. Fanno eccezione la stazione 319 a 3 km al largo di Rimini che presenta il valore massimo in inverno, e le stazioni 6 e 14 che registrano le concentrazioni minori rispettivamente in primavera ed in estate. Come nel 2022, le medie stagionali di fosforo totale si sono mantenute al di sotto dei 30 µg/l in tutte le stazioni, eccetto nella stazione 2 con una media di 39.9 µg/l in estate.

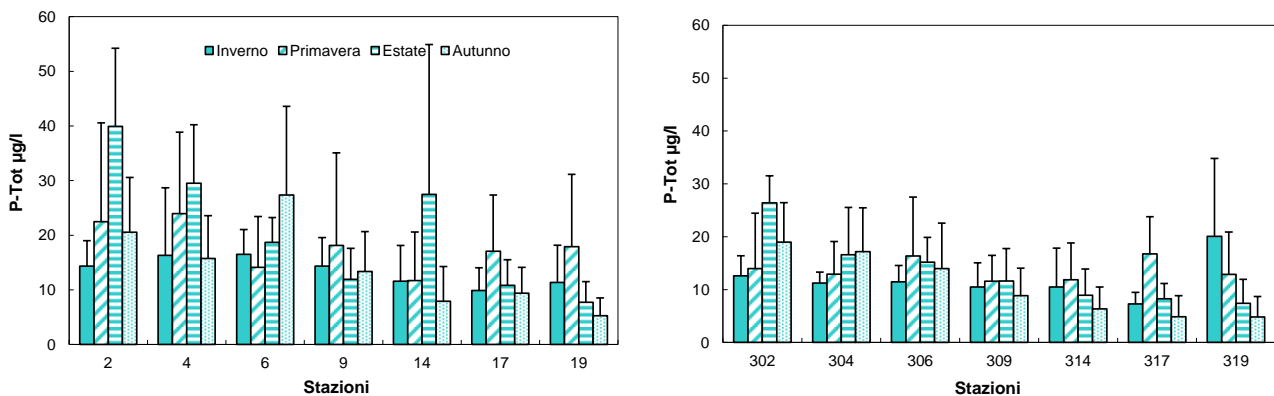


Figura 90 – Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Confrontando le medie mensili nelle stazioni a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica con la media climatologica calcolata su un dataset di lungo periodo (1983-2002), si osservano anche nel 2023, valori negativi nelle stazioni 304 e 314, con un decremento delle concentrazioni più marcato a Porto Garibaldi. Nella stazione 319 si rileva un aumento dei valori rispetto alla media di riferimento nei mesi di gennaio, febbraio, maggio e giugno (Figura 91).

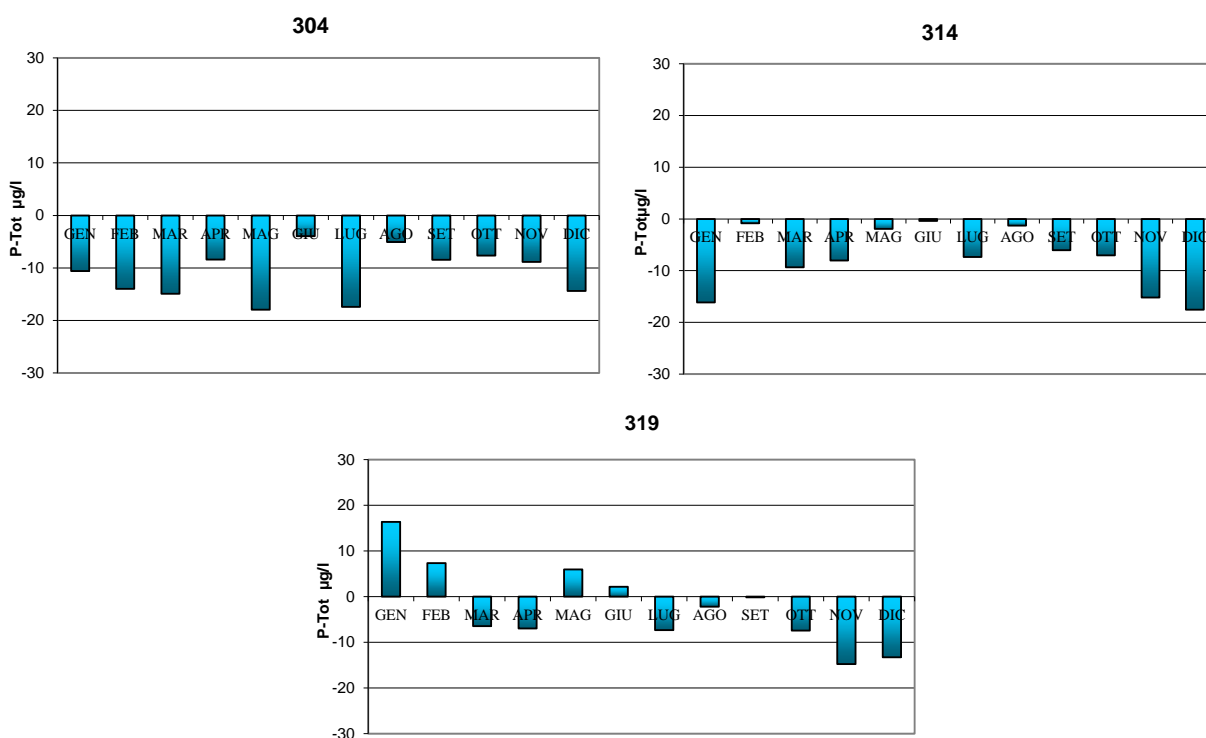


Figura 91 – Variazioni dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km rispetto ai valori climatologici di riferimento

Nei grafici in Figura 92 vengono riportati gli andamenti del fosforo totale lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico, in superficie e sul fondo. Come descritto per il P-PO₄ nel paragrafo precedente, anche per il fosforo totale si osservano nel corso dell'anno fluttuazioni più ampie e una maggiore variabilità in superficie rispetto al fondo, specialmente nelle stazioni più vicine a costa. Le concentrazioni più elevate di questo parametro sono state registrate lungo il transetto di Porto Garibaldi rispettivamente a 3 km il 1 agosto e a 20 km il 27 novembre, con un valore di 31.7 µg/l in entrambi i monitoraggi.

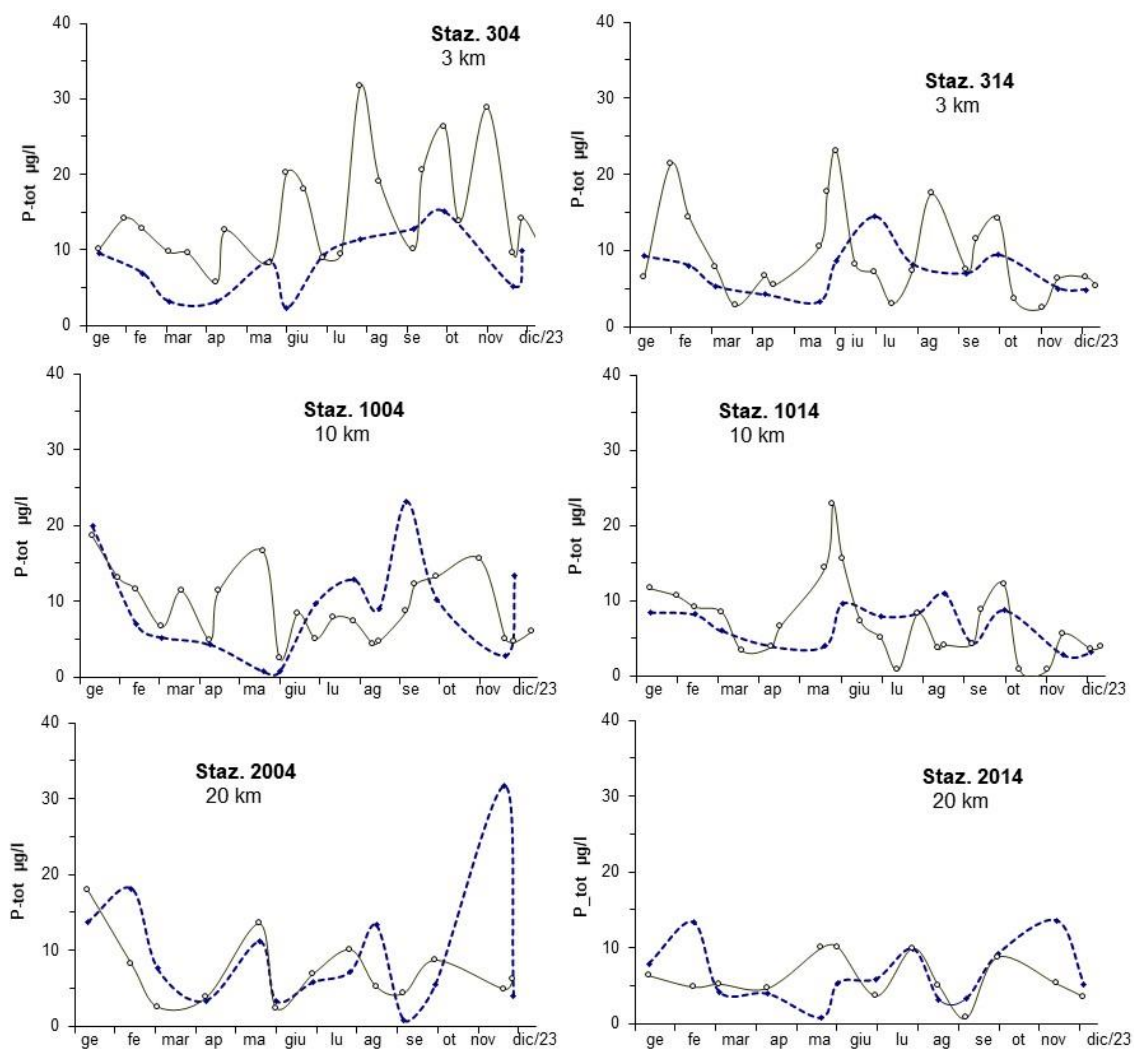


Figura 92 – Andamenti temporali del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi e Cesenatico

L'analisi della tendenza del fosforo totale, come mostrato nella Figura 93, nelle tre aree prese come riferimento, conferma il trend negativo del parametro riscontrato negli ultimi anni.

P- totale

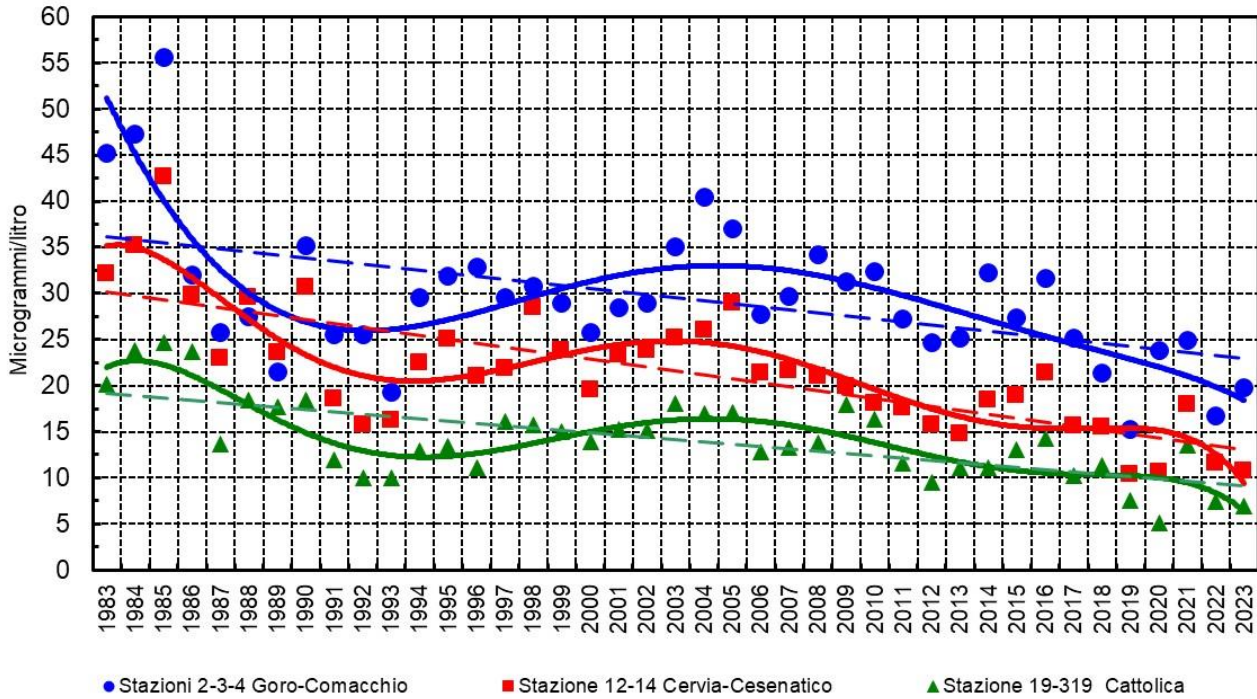


Figura 93 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo totale in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1983-2023)

Gli istogrammi di Figura 94 presentano i valori del fosforo totale a confronto con quello del fosforo reattivo misurati nel 2023 a Lido di Volano, evidenziando come il primo sia predominante durante tutti i monitoraggi. Il fosforo reattivo (P-PO₄) è una componente immediatamente assimilabile dalla biomassa fitoplanctonica marina, il che rende a volte difficile la sua quantificazione.

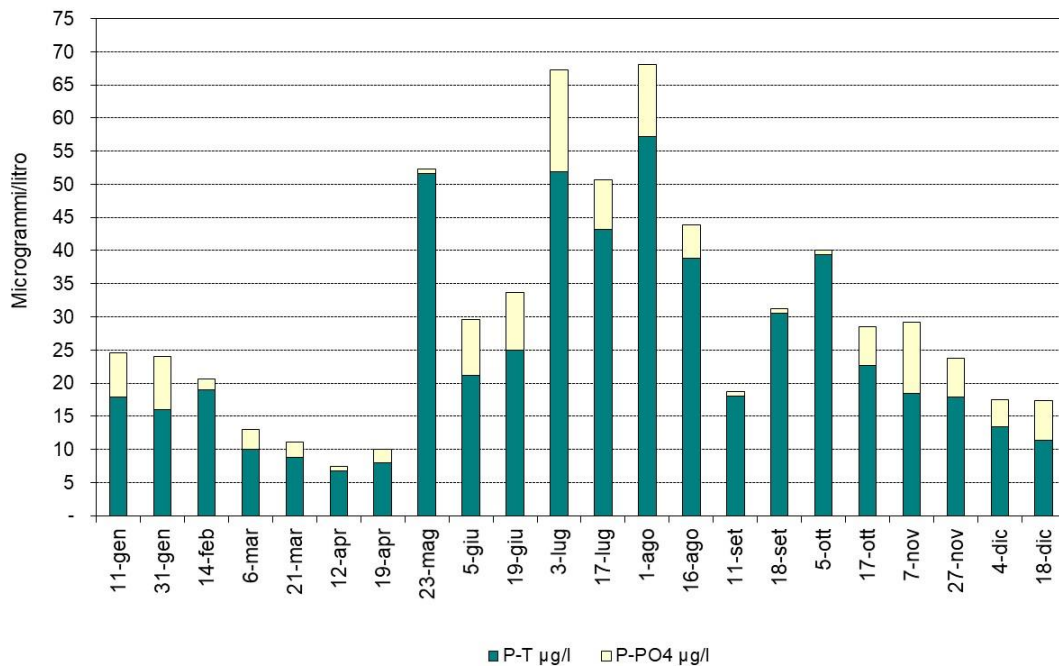


Figura 94 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo totale e del fosforo reattivo nella stazione 2 (Lido di Volano)

4.3.2.h Silice reattiva (Si-SiO₂)

Anche per i valori medi di silice reattiva calcolati nel 2023 nelle acque di superficie, si conferma una tendenza negativa in direzione nord sud lungo l'area controllata e costa largo (Figura 95). Fanno eccezione le stazioni a 3 e 10 km lungo il transetto di Lido di Volano che mostrano valori medi molto simili come le stazioni 6 e 306 davanti a Casalboretetti. Il valore più alto si è calcolato nella stazione 2 pari a 527.29 µg/l, in aumento rispetto a quello registrato nel 2022 (374.5 µg/l).

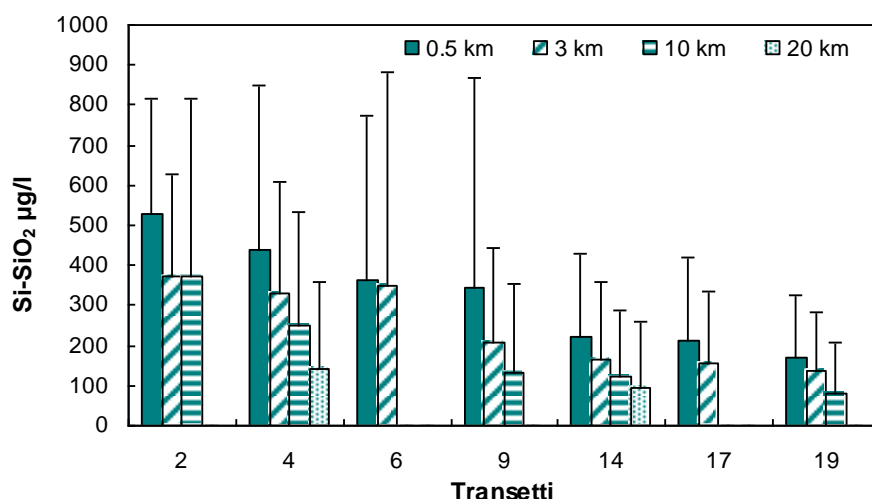


Figura 95 – Medie annuali e deviazione standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.

L'elaborazione delle medie stagionali evidenzia concentrazioni sempre inferiori nelle stazioni da Cesenatico fino a Cattolica in tutte le stagioni, con i valori più alti, in queste, in autunno (Figura 97). A Lido di Volano si rileva un incremento durante l'anno con il massimo calcolato negli ultimi tre mesi dell'anno (741.6 µg/l). Nelle altre stazioni i valori più alti si sono misurati in primavera ed autunno.

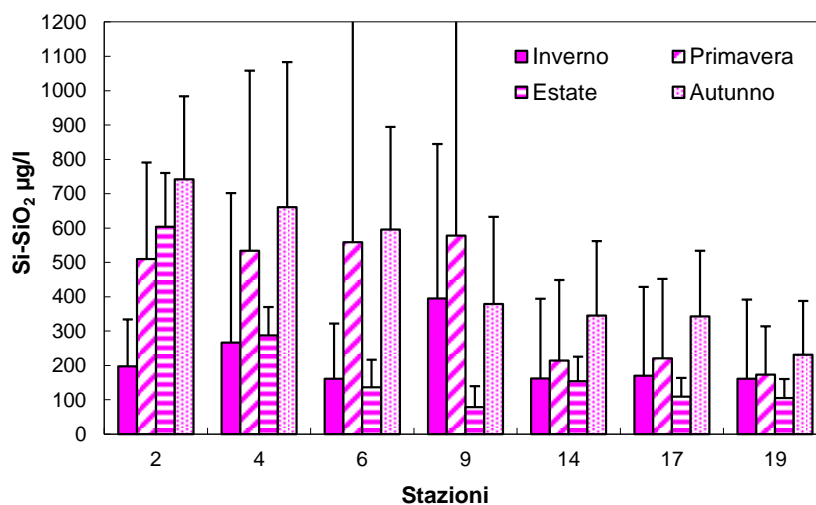


Figura 96 – Medie stagionali e deviazione standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa.

Le mappe di figura (Figura 97) fotografano la distribuzione della silice reattiva in superficie nel 2023, sempre come medie stagionali, lungo tutta costa fino a 10 km al largo confermando in particolare, i valori più elevati in primavera e autunno e nell'area più settentrionale rispetto a quella meridionale.

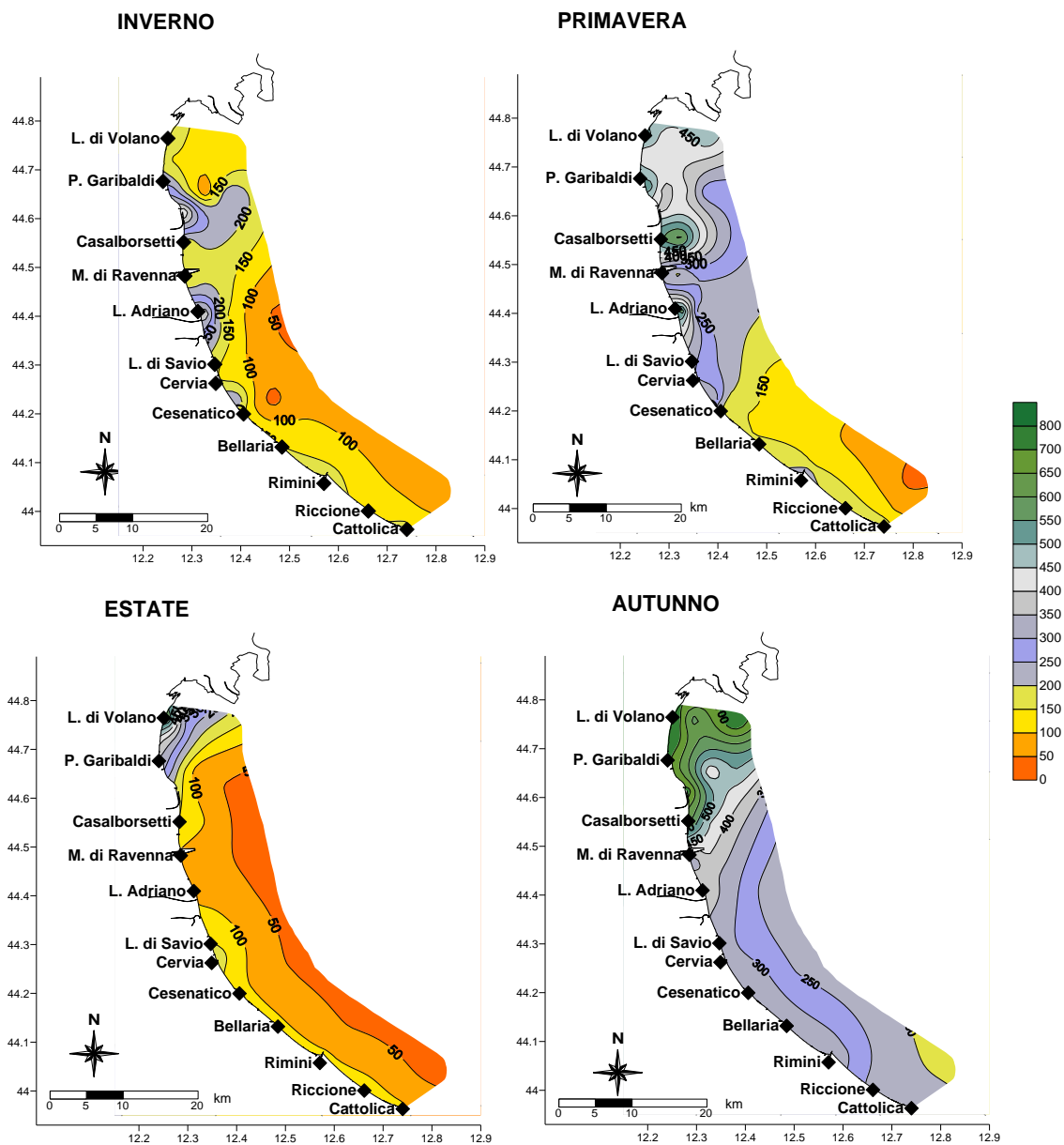


Figura 97 – Mappe di distribuzione della Silice reattiva ($\mu\text{g/l}$) in superficie lungo la costa fino a 10 km (media stagionale)

Il confronto degli andamenti annuali della silice reattiva a Lido di Volano e Cattolica evidenziano concentrazioni maggiori e fluttuazioni più ampie nella stazione posizionata a nord della costa rispetto a quelle rilevate nella stazione più a sud (Figura 98).

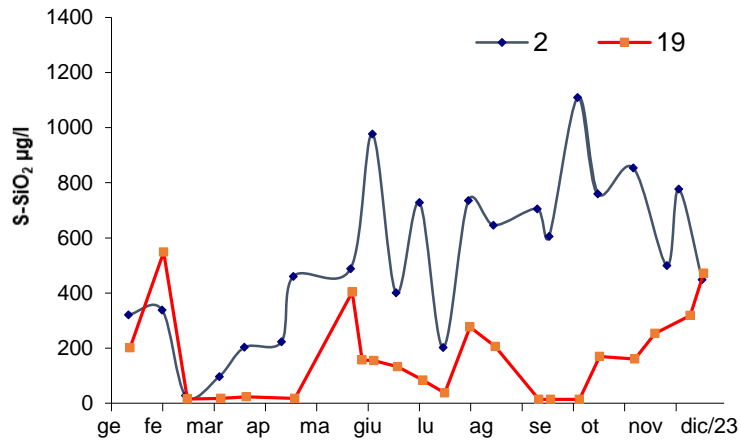


Figura 98 – Andamento temporale della silice reattiva nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

4.3.2.i Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

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

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 2023 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 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 e valori più bassi durante i mesi più caldi più accentuata nelle stazioni a 3 km dalla costa (Figura 99).

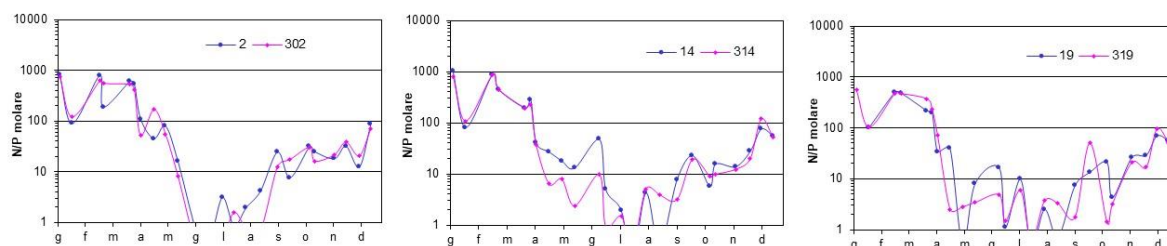


Figura 99 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

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 nelle tre aree prese come riferimento (Figura 100).

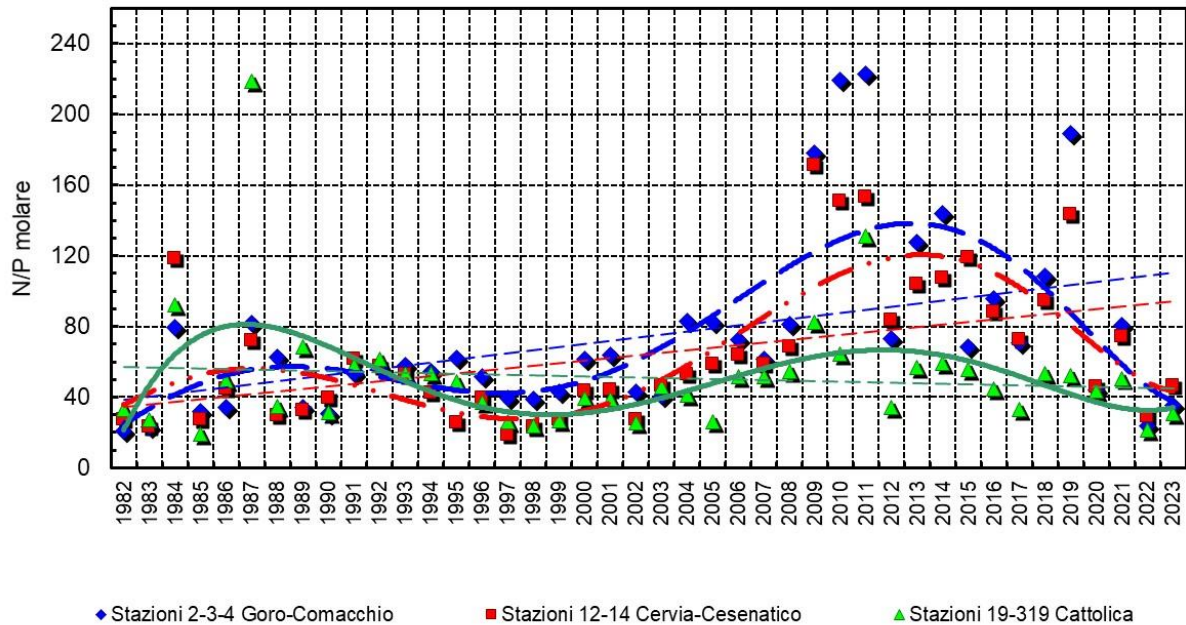


Figura 100 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2023)

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" mg/m³
- Ossigeno disciolto 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 disciolto (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:

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

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 trophic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Envirometrics 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 limite 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 101 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.

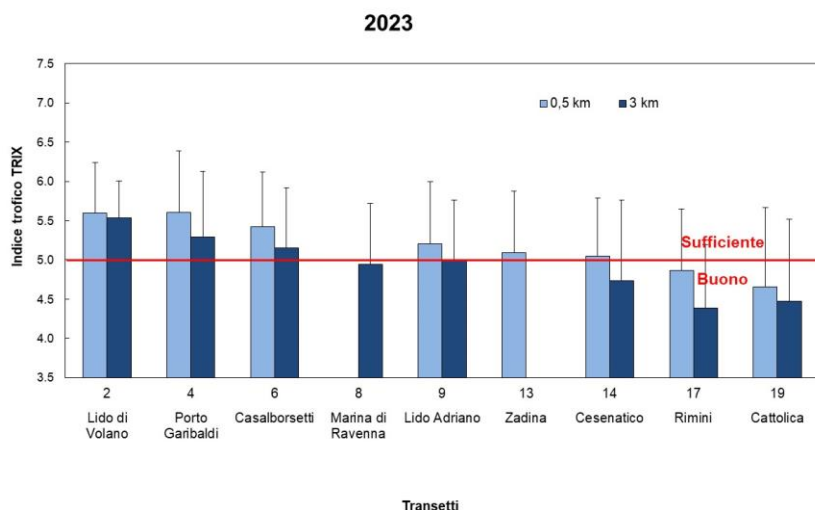


Figura 101 – Medie annuali del TRIX nel 2023 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Per i corpi idrici CD1 e CD2 individuati in applicazione del D.Lgs.152/06, (Figura 102) nel 2023 i valori medi annui del TRIX sono rispettivamente 5,4 e 4,8, identificando uno stato trofico "Sufficiente" per corpo idrico CD1 e "Buono" per il corpo idrico CD2. A livello di corpi idrici, nel 2023, i valori medi di TRIX sono risultati più alti rispetto al 2022 in relazione al maggiore apporto dei fiumi.

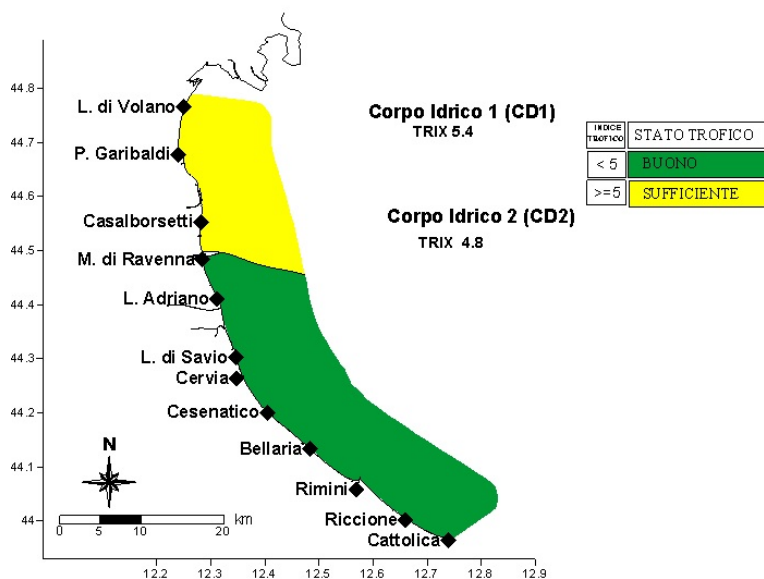


Figura 102 – Valori medi annuali 2023 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell'Indice Trofico nel periodo 2007-2023 (Figura 103) in tre stazioni posizionate a 0.5 km dalla costa, si osserva un incremento del TRIX rispetto ai dati calcolati nel 2022 più accentuato a Porto Garibaldi e meno a Cesenatico; a Cattolica il valore medio risulta inferiore a 5.

L'elaborazione delle medie stagionali del TRIX lungo tutta la costa fino a 10 km al largo, evidenzia una condizione "Sufficiente" (valori ≥ 5) nel periodo invernale e

primaverile, nella zona centro-settentrionale della costa emiliano-romagnola, tra Lido di Volano e Cesenatico, e nel tratto di costa meridionale, tra Rimini e Cattolica. In questi periodi gli apporti fluviali giunti a mare provocano, infatti, un aumento del TRIX su gran parte della costa.

Durante l'autunno tale condizione si riduce al tratto di costa centro-settentrionale.

Per tutto il periodo estivo, in relazione all'anno 2023, si osserva una condizione di "Buono" (valori <5) nell'intero tratto di mare antistante la costa emiliano-romagnola, ad eccezione di una ristretta zona a nord, tra Lido di Volano e Porto Garibaldi (Figura 104).

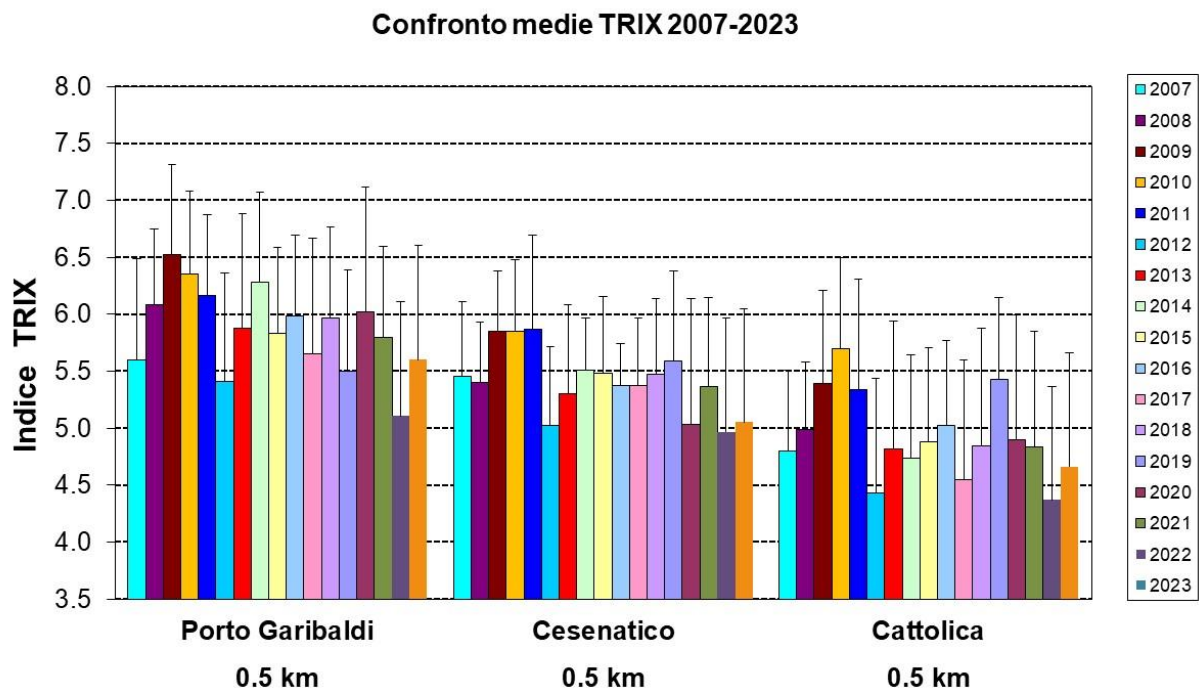


Figura 103 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2007 al 2023 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

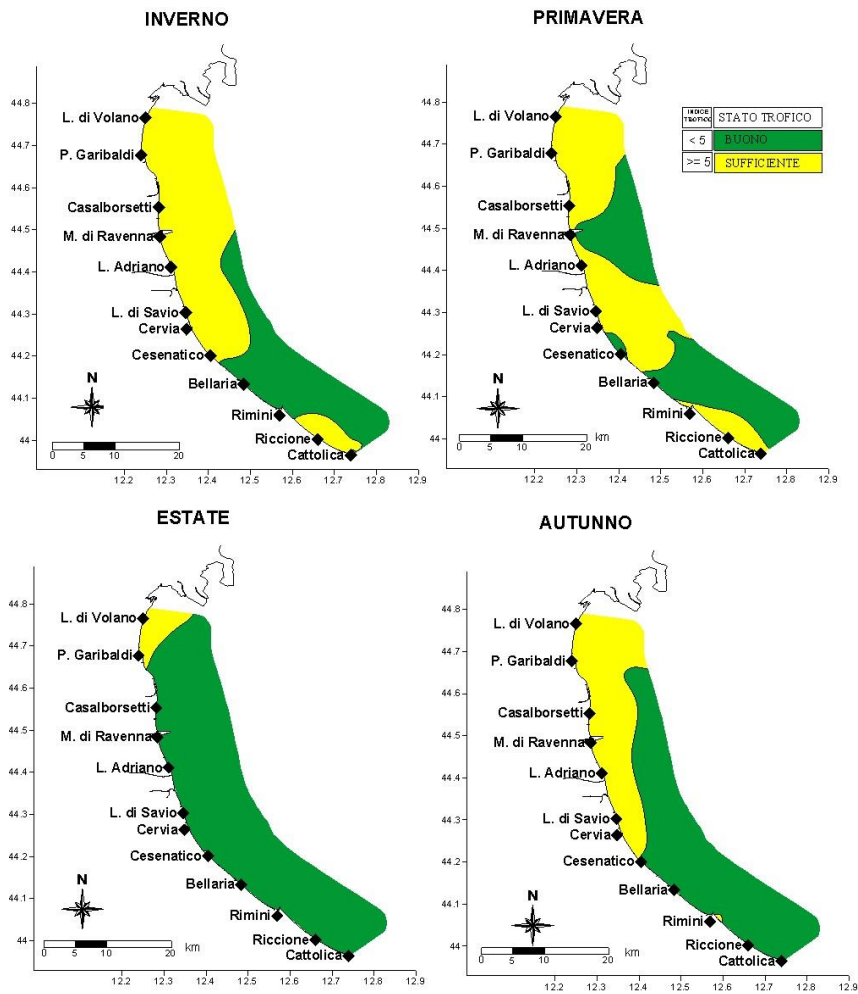


Figura 104 – Mappe di distribuzione dell’Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali 2023)

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 particolato 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 particolato 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

$$\text{TRBIX} = \text{Log}_2 (\text{TRBR})$$

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

In Figura 105 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 2023 si osserva una spiccata variabilità del TRIX nella stazione 4 (Porto Garibaldi) nel primo semestre a confronto con la stazione 19 (Cattolica) localizzata nell'area più meridionale della costa. Invece nel secondo semestre la stazione di Cattolica presenta maggiore variabilità. Per entrambe si osservano molti valori di TRBIX superiori a 2 a testimonianza che nella determinazione della torbidità la componente inorganica particellata è spesso predominante rispetto alla biomassa microalgale. Per quanto riguarda l'andamento nella stazione 19 si segnalano più nettamente picchi di TRIX contemporaneamente a bassi valori di TRBIX in particolare nei periodi più freddi.

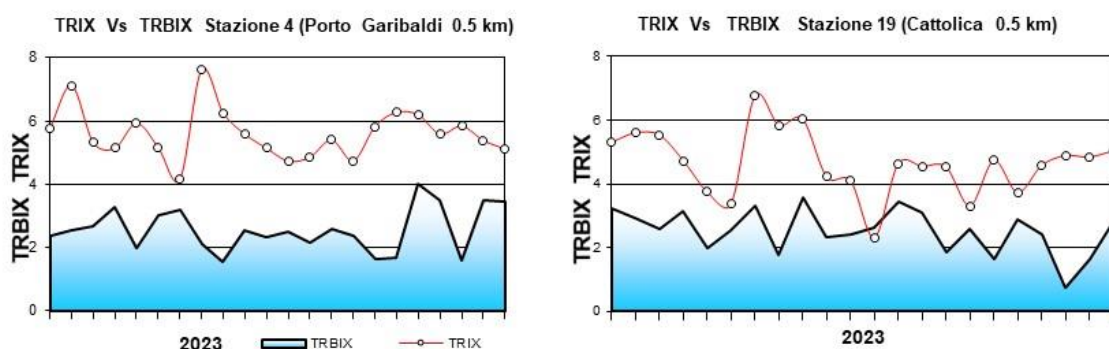
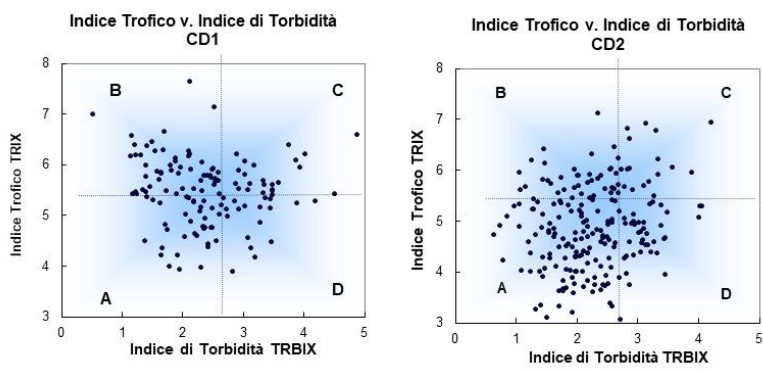


Figura 105 – Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 106 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 Casalborgorsetti, 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 anziché fitoplanctonica.



Schema di interpretazione dei quadranti derivati dalla combinazione del TRIX vs. TRBIX	
<p>Quadrante B Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>	<p>Quadrante C Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso-fangoso associato ad una variazione cromatica verdastria, brunastria o rossastria secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>
<p>Quadrante A Acque poco o scarsamente colorate da fitoplancton e presenza di torbidità minerale; colore poco limoso con tonalità verde-azzurro-blu marino. Trasparenza alta.</p>	<p>Quadrante D Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunastro. Trasparenza molto ridotta.</p>



Figura 106 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità 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 2023 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 (2023-2026).

Vengono di seguito presentati i dati raccolti durante l'anno di monitoraggio operativo 2023 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 107 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.ppdddd)	Lon WGS84 (gg.ppdddd)	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

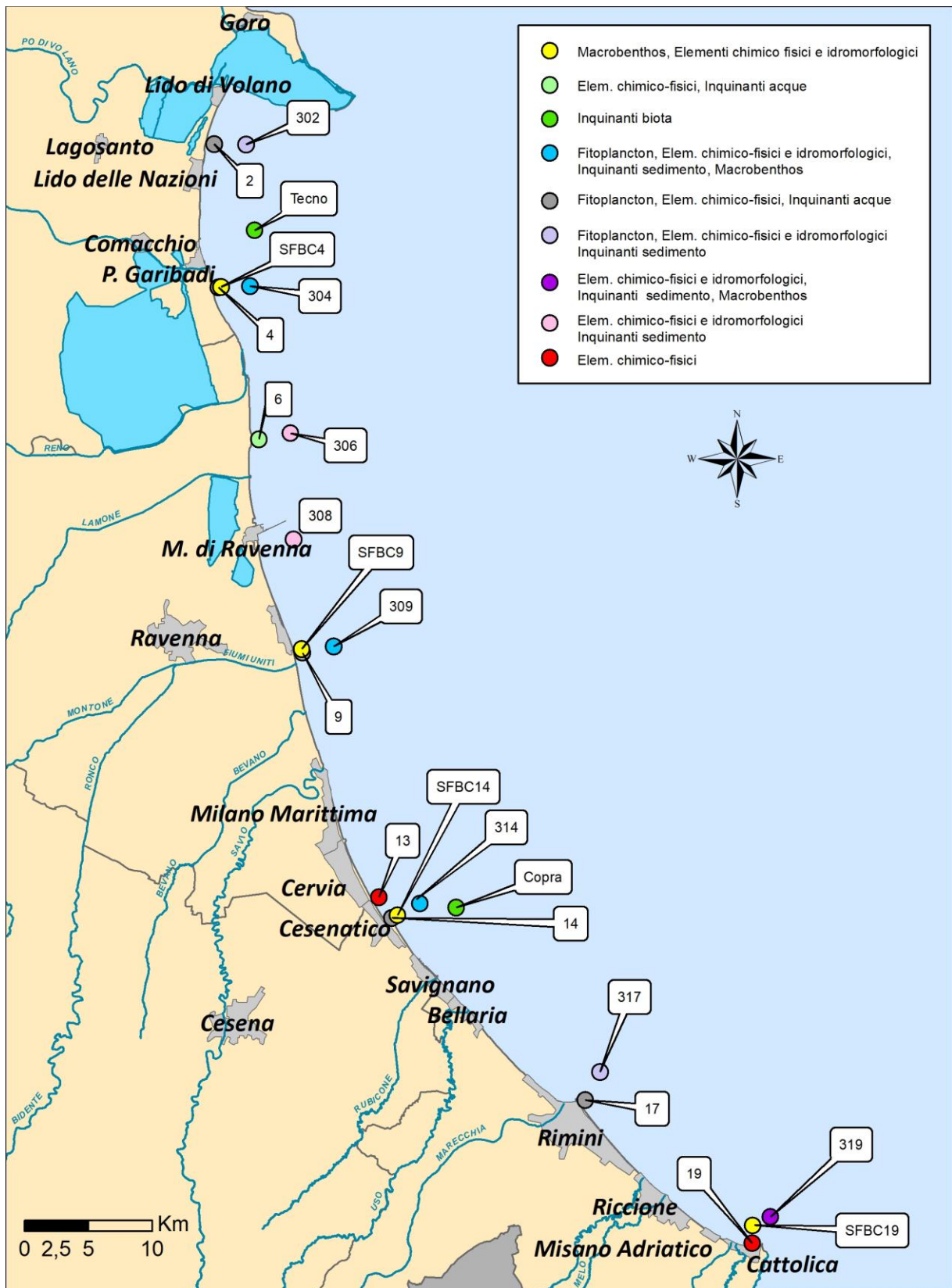


Figura 107 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06

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
Codice stazione di indagine	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 eptacloro epossido) 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 Tab. 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 macroalghe 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 (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 disciolto, 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, Heterocontophyta, 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'85% della biomassa del fitoplancton totale, il loro andamento annuale, nelle stazioni sottocosta, (Figura 108) evidenzia fluttuazioni stagionali di abbondanza tipici di questo gruppo tassonomico.

Il mese di gennaio 2023 è stato caratterizzato da una scarsa abbondanza di diatomee che aumenta di quasi due ordini di grandezza in entrambi i corpi idrici tra febbraio e marzo per fioriture invernali principalmente di *Skeletonema* spp, tipica del periodo.

Gli eventi meteorologici verificatisi tra il 1° e il 17 maggio hanno determinato l'ingresso a mare di grandi masse di acque dolci dai bacini romagnoli e dal fiume Reno, causando un esteso processo eutrofico con colorazione delle acque verde-marrone per fioritura dei generi *Chaetoceros* e *Dactyliosolen*. Tale fioritura, sostenuta dal perdurare del continuo apporto di nutrienti, si è protratta fino al mese di giugno nel CD2 e fino a luglio nel CD1. Successivamente la biomassa di diatomee diminuisce nel mese di agosto per poi aumentare nuovamente con fioritura autunnale di *Chaetoceros* spp, *Pseudo-nitzschia* spp e *Leptocylindrus* spp. In particolare nella stazione 17, a differenza delle altre stazioni, l'abbondante presenza di *Chaetoceros* spp si è protratta anche nel mese di novembre. Il genere *Chaetoceros* domina anche le elevate abbondanze registrate nel periodo estivo ed autunnale.

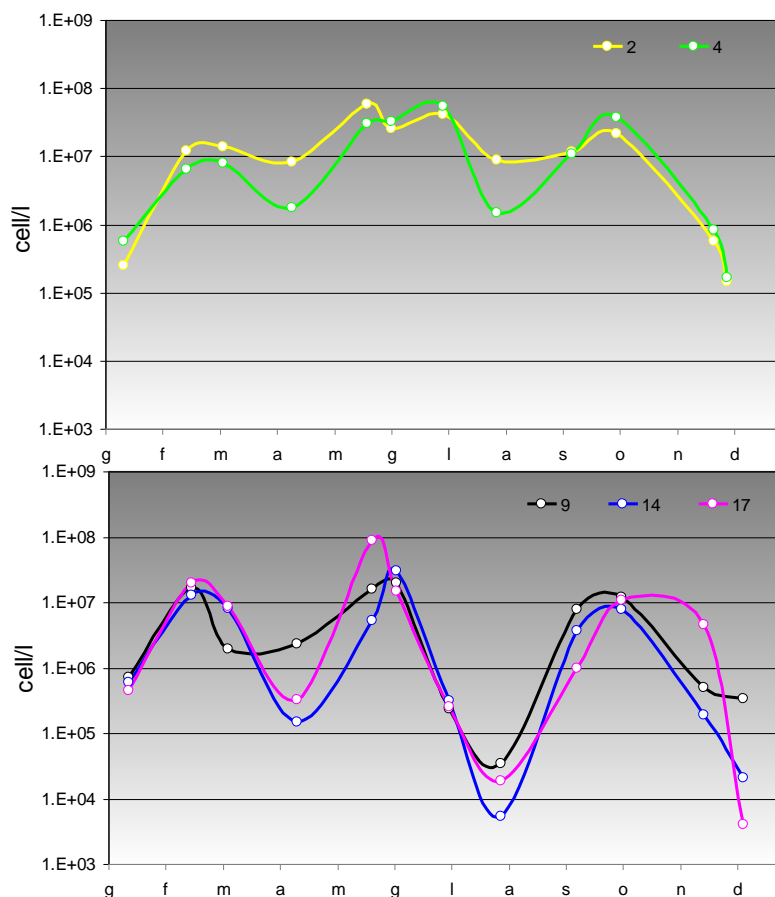


Figura 108 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

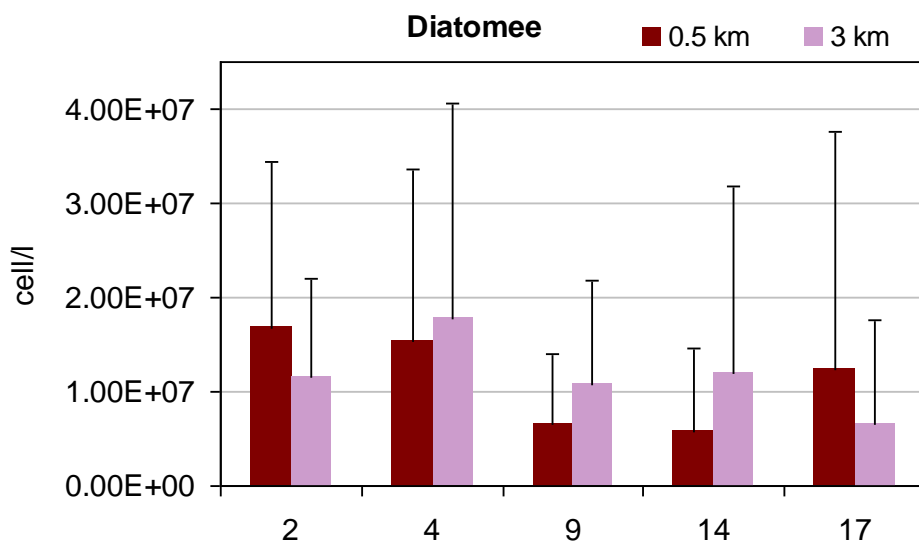


Figura 109 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 109 si riportano le medie annuali e le relative deviazioni standard per stazione a 0,5 km e 3 km di distanza dalla costa. Le stazioni 2 e 17 posizionate a 0,5

km mostrano abbondanze medie maggiori, rispetto a quelle posizionate 3 km. Condizioni opposte le troviamo nelle stazioni 4, 9 e 14. Le medie annuali più rilevanti si evidenziano nelle stazioni più a nord in quanto maggiormente influenzate dagli apporti padani. L'abbondanza maggiore si rileva nella stazione 304 con una media annuale di 1.8×10^7 cell/l, mentre la più bassa si osserva nella stazione 14, con una media annuale di 5.8×10^6 cell/l.

In Figura 110 vengono riportate le medie stagionali e le relative deviazioni standard per corpo idrico. Il CD1 presenta sempre valori maggiori rispetto al CD2, più marcati nella stagione estiva ed autunnale. Le medie stagionali più elevate si evidenziano nel periodo primaverile, con valori pari a 2.8×10^7 cell/l nel CD1 e 2.3×10^7 cell/l nel CD2, un valore di grandezza superiore per entrambi i corpi idrici rispetto alle medie rilevate negli altri periodi dell'anno. Come già evidenziato ad inizio paragrafo, l'estesa fioritura primaverile che ha interessato le acque costiere dell'Emilia-Romagna, è stata sostenuta dall'elevato apporto di nutrienti veicolati dall'enorme di acqua dolce defluita in mare a seguito degli eventi alluvionali della prima metà di maggio.

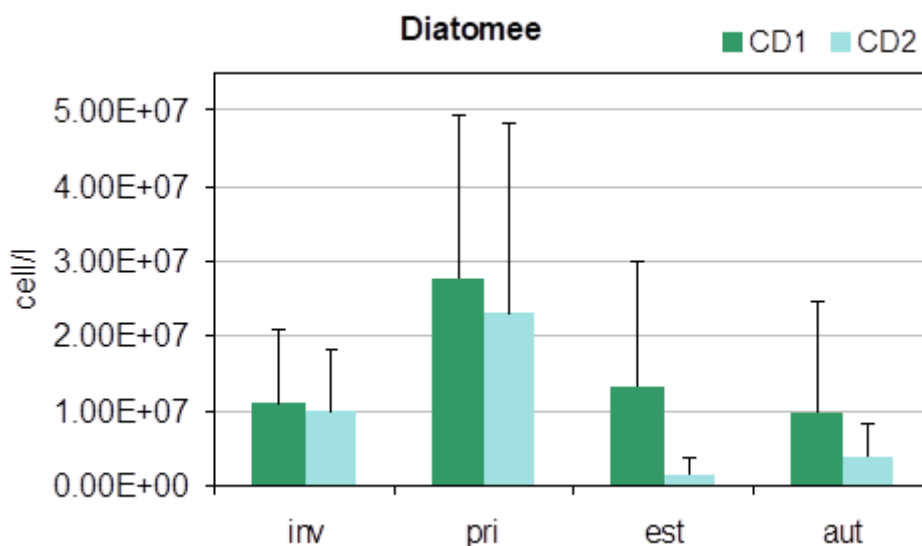


Figura 110 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

Il taxon più rappresentativo in termini di frequenza di rilevamento (Figura 111) è *Chaetoceros* spp. (Figura 112), seguono *Skeletonema* spp. (Figura 112) e *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex. L'abbondanza media annuale maggiore è attribuibile alla specie *Pseudo-nitzschia galaxiae*, rilevata in un'unica occasione nel campionamento di luglio alla stazione 4; rilevante risulta anche l'elevata abbondanza annuale di *Cyclotella* spp. e *Leptocylindrus* spp.

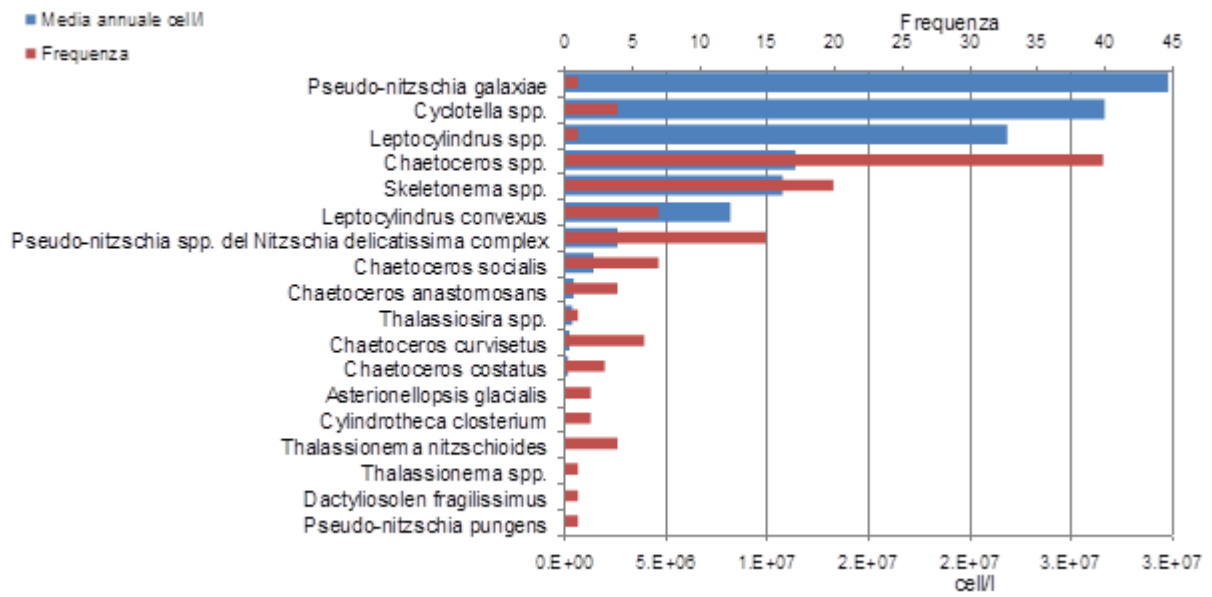


Figura 111 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

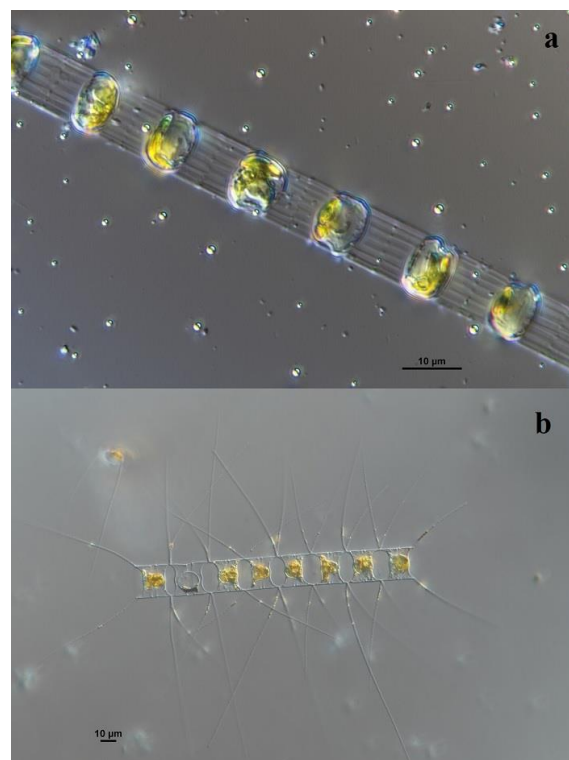


Figura 112 - Foto al microscopio ottico di a) *Skeletonema* sp. e b) *Chaetoceros* sp. (Archivio Daphne)

Le Dinoflagellate compongono meno dell'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 113) mostrano un aumento dell'abbondanza fino ad un massimo nel mese di luglio nella stazione 4 con prevalenza di Dinoflagellate tecate appartenenti al genere *Heterocapsa* spp. e, con abbondanze inferiori, alla specie *Prorocentrum triestinum*. Nella stazione 2 si raggiunge il massimo dell'abbondanza nel mese di ottobre con la presenza dei medesimi taxa ma con prevalenze opposte, infatti risulta prevalente la specie *Prorocentrum triestinum* rispetto alle specie tecate appartenenti al genere *Heterocapsa* spp. Le stazioni centro-meridionali invece mostrano un picco massimo di abbondanza primaverile nel mese di giugno, a seguito quindi degli eventi alluvionali dei bacini romagnoli e del fiume Reno, con prevalenza di Gymnodiniales nelle stazioni 9 e 17 e delle specie *Prorocentrum triestinum* alla stazione 9 e *Prorocentrum cordatum* alla stazione 14.

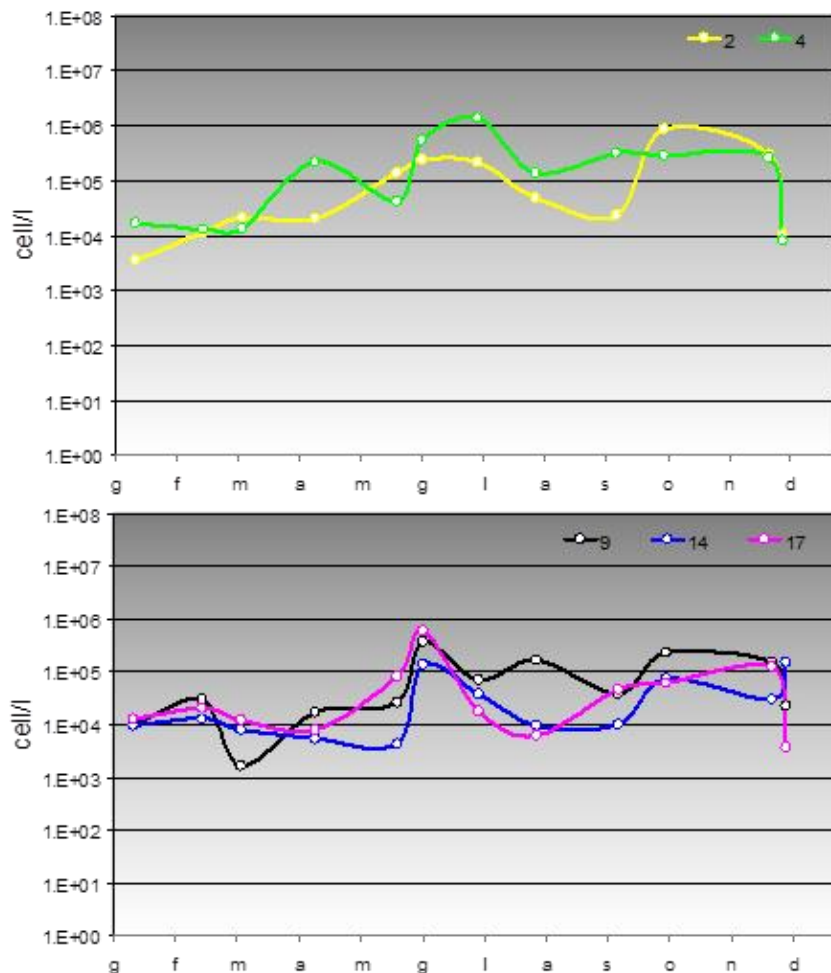


Figura 113 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni sottocosta

In Figura 114 le Dinoflagellate mostrano un'abbondanza media annuale maggiore nelle stazioni più settentrionali, sia nelle stazioni sottocosta sia nelle stazioni al largo e, in particolare, i valori più elevati pari a 2.7×10^5 cell/l sono stati rilevati nella stazione 4 posta a 0,5 km dalla costa. Si evidenziano inoltre, abbondanze medie maggiori sottocosta nelle stazioni 4, 9 e 17, quest'ultima con valori quasi uniformi a quelli rilevati al largo, mentre abbondanze medie maggiori sono evidenti a 3 km dalla costa nelle stazioni 2 e 14.

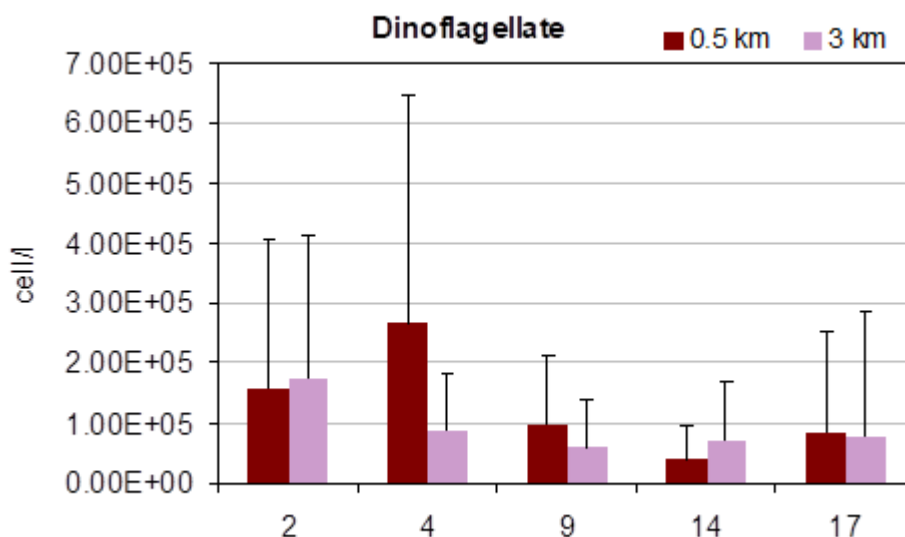


Figura 114 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni a 0.5 e 3 km

I valori di abbondanza media maggiori di Dinoflagellate (Figura 115), si osservano nella stagione estiva e, in misura minore anche nella stagione autunnale, nel CD1. Abbondanze elevate si riscontrano anche in primavera in entrambi i corpi idrici ed in particolare nel mese di maggio, a seguito delle abbondanti piogge che hanno determinato i fenomeni alluvionali, la biomassa fitoplanctonica è cresciuta considerevolmente. Tra le Dinoflagellate osserviamo la presenza della specie *Prorocentrum triestinum* e specie tectate appartenenti al genere *Heterocapsa* spp.

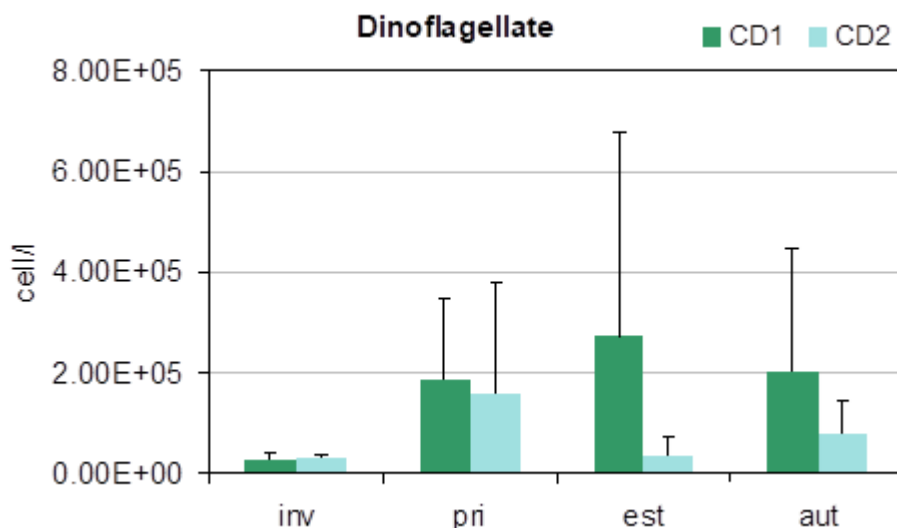


Figura 115 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nei corpi idrici CD1 e CD2

Per quanto riguarda la classe delle Dinoflagellate, i taxa più rappresentativi (Figura 116) in ordine di frequenza sono rispettivamente, Gymnodiniales indet. ed *Heterocapsa* spp. La specie *Prorocentrum triestinum* risulta dominante se si considera l'abbondanza media annuale, seguito dal genere *Heterocapsa* spp.

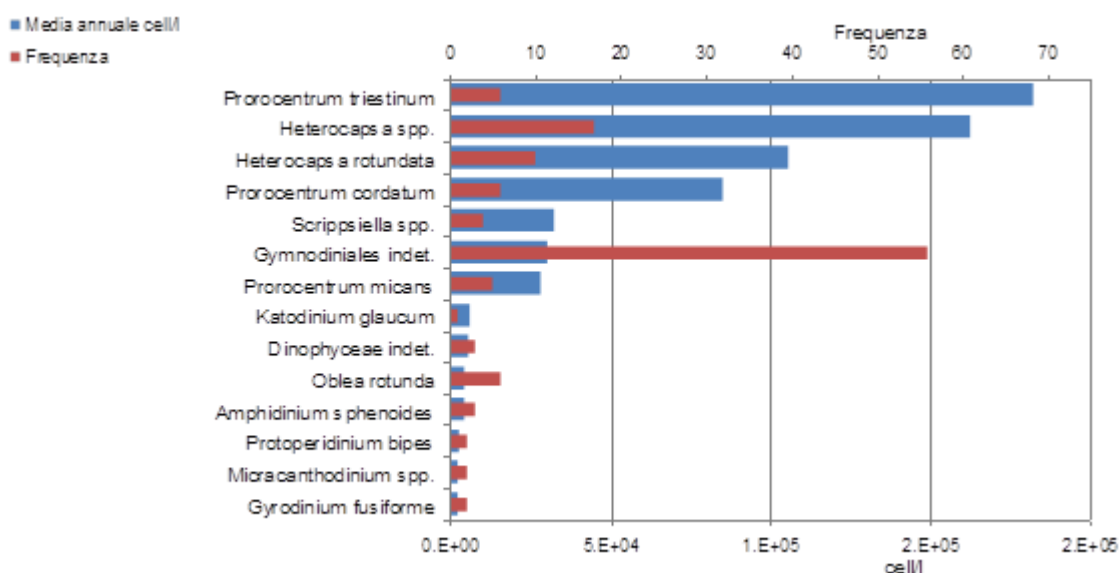


Figura 116 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinoflagellate)

In Figura 117 si riportano gli andamenti delle abbondanze dell'Altro fitoplancton (in particolare fitoflagellati del nano-fitoplancton) rilevate nelle singole stazioni sottocosta.

L'andamento di questo gruppo, similmente a quanto osservato nell'andamento delle Diatomee, è caratterizzato da scarse abbondanze ad inizio anno, che aumentano di oltre un ordine di grandezza in entrambi i corpi idrici nel mese di maggio.

Gli eventi meteorologici di quel periodo hanno determinato un esteso processo eutrofico dovuto all'elevata quantità di elementi nutritivi, derivanti dal dilavamento dei terreni dell'entroterra, immessi in mare dai fiumi. Le analisi chimiche relative alle concentrazioni dell'azoto totale rilevate il 22 maggio, mostrano concentrazioni elevate alte in tutta l'area con il valore massimo registrato a Porto Garibaldi nella stazione a 500 metri dalla costa.

Tra i fattori causali dell'evento eutrofico, oltre al contributo degli elementi nutritivi, vi è l'incremento, in linea con il periodo, delle temperature delle acque ed una marcata stratificazione alina lungo la verticale, dovuta alla presenza di acqua dolce in superficie e strati più profondi costituiti da acque più salate, più dense e di conseguenza più pesanti.

Si osserva pertanto, in entrambi i corpi idrici, un aumento delle abbondanze nel mese di maggio, mese in cui si registrano i valori di densità maggiori in tutte le stazioni ad eccezione della stazione 2 che mostra i valori più alti a luglio.

La seconda metà dell'anno è caratterizzata dalla riduzione dell'abbondanza in entrambi i corpi idrici, ad eccezione della stazione 17 che mostra un secondo picco a novembre che diminuisce repentinamente nel mese di dicembre.

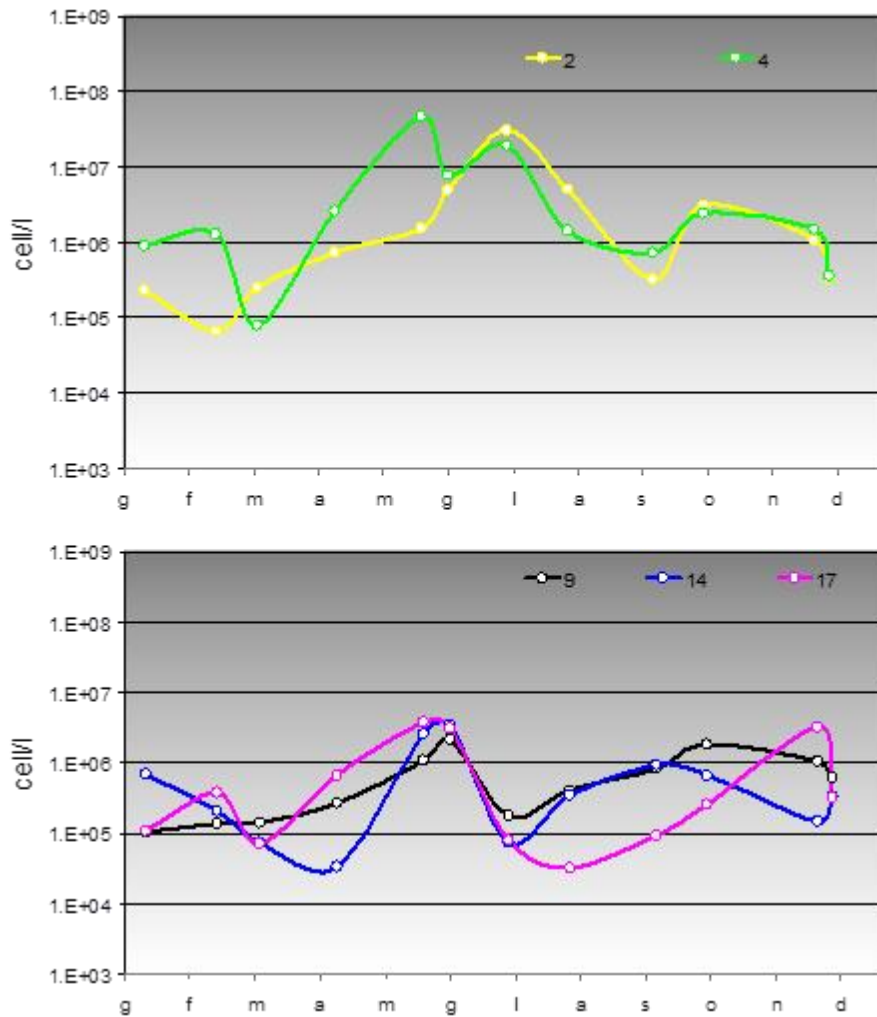


Figura 117 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km (Figura 118) evidenziano per l'anno 2023 valori di abbondanza omogenei nel CD2, e abbondanze medie maggiori nelle stazioni più settentrionali a 500 metri dalla costa. Questo Gruppo, essendo composto principalmente da fitoflagellati di acqua dolce, è strettamente legato agli apporti fluviali in mare, infatti la stazione 4, direttamente influenzata da questi ultimi, presenta in generale, abbondanze medie superiori rispetto alle altre.

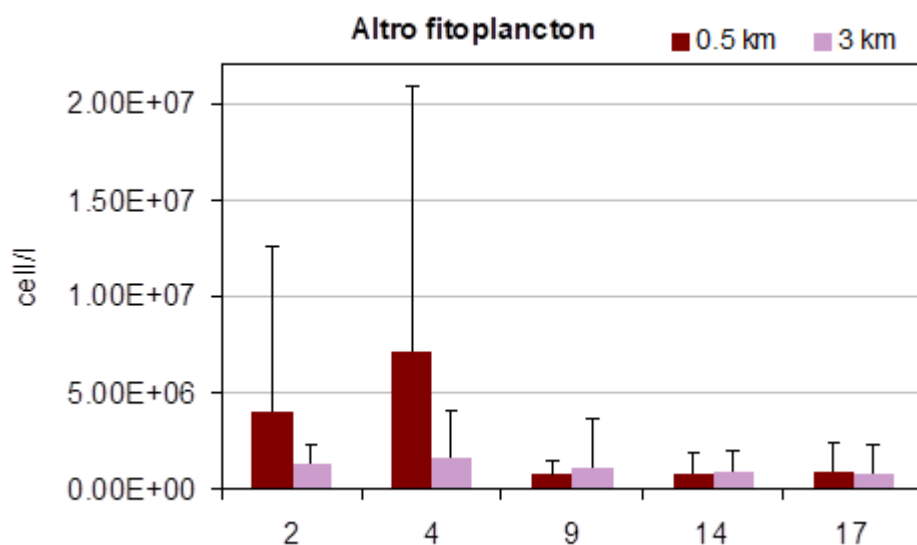


Figura 118 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 119 le medie stagionali e le loro relative deviazioni standard evidenziano abbondanze maggiori nel periodo primaverile in entrambi i corpi idrici. Abbondanze elevate si riscontrano anche nel CD1 nel periodo estivo.

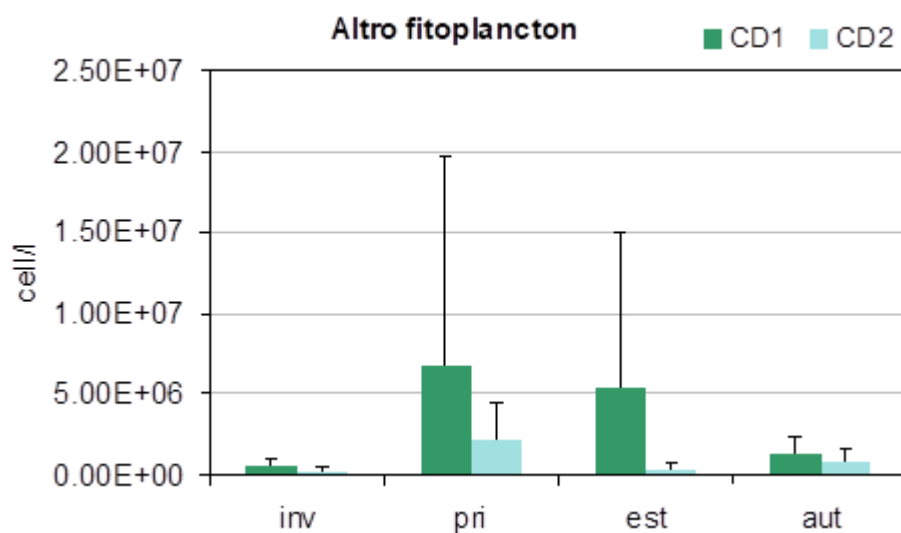


Figura 119 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

In Tabella 5 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti identificati nel 2023 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 2023

Gruppo	Taxon	Autore
Diatomee	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Diatomee	<i>Chaetoceros anastomosans</i>	Grunow, 1882
Diatomee	<i>Chaetoceros costatus</i>	Pavillard, 1911
Diatomee	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brébisson, 1838
Diatomee	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & J. C. Lewin, 1964
Diatomee	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Leptocylindrus convexus</i>	D.Nanjappa & A.Zingone, 2013
Diatomee	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	N. Lundholm & Ø. Moestrup, 2002
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del	
Diatomee	<i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Diatomee	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Diatomee	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Diatomee	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Diatomee	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Dinoflagellate	<i>Amphidinium sphenoides</i>	A. Wulff, 1919
Dinoflagellate	Dinophyceae indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinoflagellate	Gymnodiniales indet.	Apstein, 1909
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinoflagellate	<i>Micracanthodinium</i> spp.	Deflandre, 1937
Dinoflagellate	<i>Oblea rotonda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974

Tabella 6 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2023

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

Diatomee	<i>Bacillaria paxillifera</i>	(O.F. Müller) T. Marsson, 1901
Diatomee	<i>Bacillaria</i> spp.	J. F. Gmelin, 1791
Diatomee	Bacillariophyceae indet.	Haeckel, 1878
Diatomee	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	Cleve, 1897
Diatomee	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	Lauder, 1864
		Godrijan, Maric & Pfannkuchen, 2012
Diatomee	<i>Bacteriastrum jadranum</i>	Shadbolt, 1854
Diatomee	<i>Bacteriastrum</i> spp.	S. F. Gray, 1821
Diatomee	<i>Biddulphia</i> spp.	(Cleve) Hendey, 1937
Diatomee	<i>Cerataulina pelagica</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros affinis</i>	Grunow, 1882
Diatomee	<i>Chaetoceros anastomosans</i>	F.Schütt, 1895
Diatomee	<i>Chaetoceros brevis</i>	(Ehrenberg) Gran, 1897
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>diadema</i>	Cleve, 1896
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>similis</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros compressus</i>	Pavillard, 1911
Diatomee	<i>Chaetoceros costatus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Chaetoceros decipiens</i>	Ehrenberg, 1845
Diatomee	<i>Chaetoceros didymus</i>	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Chaetoceros diversus</i>	Grunow, 1882
Diatomee	<i>Chaetoceros eibenii</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros lauderi</i>	Grunow, 1863
Diatomee	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Brightwell, 1856
Diatomee	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	Mangin, 1910
Diatomee	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	F.Schütt, 1895
Diatomee	<i>Chaetoceros radicans</i>	Ralfs in Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Ostenfeld, 1902
Diatomee	<i>Chaetoceros simplex</i>	H.S.Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros socialis</i>	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Diatomee	<i>Cocconeis</i> spp.	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Diatomee	Coscinodiscophyceae indet.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Coscinodiscus centralis</i>	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Coscinodiscus</i> spp.	(Kützing) Brébisson, 1838
Diatomee	<i>Cyclotella</i> cf. <i>meneghiniana</i>	(Kützing) Brébisson, 1839
Diatomee	<i>Cyclotella</i> spp.	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Diatomee	<i>Cylindrotheca closterium</i>	C. Agardh, 1830
Diatomee	<i>Cymbella</i> spp.	(Bergon) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Diatomee	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	Bory de Saint-Vincent, 1824
Diatomee	<i>Diatoma</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Diatomee	<i>Diploneis</i> spp.	(T. West) Grunow, 1885
Diatomee	<i>Ditylum brightwellii</i>	(Donkin) Carruthers in J.E.Gray 1864
Diatomee	<i>Donkinia</i> cf. <i>recta</i>	Ralfs, 1861
Diatomee	<i>Donkinia</i> sp.	Ehrenberg, 1845
Diatomee	<i>Entomoneis alata</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Diatomee	<i>Eucampia cornuta</i>	

Diatomee	<i>Eucampia</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869
Diatomee	<i>Fragilaria</i> spp.	Lyngbye, 1819
Diatomee	Fragilariaceae indet.	Greville, 1833
Diatomee	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Diatomee	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996 (Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey 1856
Diatomee	<i>Gyrosigma fasciola</i>	Hassal, 1845
Diatomee	<i>Gyrosigma</i> spp.	Simonsen, 1974
Diatomee	<i>Haslea</i> spp.	Simonsen, 1974
Diatomee	<i>Haslea wawrikan</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>Leptocylindrus convexus</i>	D.Nanjappa & A.Zingone, 2013
Diatomee	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	(H. Paragallo) Hastle, 1975
Diatomee	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889 C. Agardh, 1827(Greville) C.Agardh 1831
Diatomee	<i>Licmophora flabellata</i>	C. Agardh, 1827
Diatomee	<i>Licmophora</i> spp.	(Cupp) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Lioloma pacificum</i>	Hasle, 1997
Diatomee	<i>Lioloma</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Lithodesmium</i> spp.	Perty, 1852
Diatomee	<i>Mallomonas</i> spp.	C. Agardh, 1824
Diatomee	<i>Melosira</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Diatomee	<i>Navicula</i> spp.	Kützing, 1844
Diatomee	Naviculaceae indet.	Bessey
Diatomee	Naviculales indet.	W.Smith, 1853
Diatomee	<i>Nitzschia sigma</i>	Hassall, 1845
Diatomee	<i>Nitzschia</i> spp.	(J.W.Bailey) Grunow, 1884
Diatomee	<i>Odontella mobiliensis</i>	C.Agardh, 1832
Diatomee	<i>Odontella</i> spp.	Heiberg, 1863
Diatomee	<i>Paralia</i> spp.	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Diatomee	<i>Paralia sulcata</i>	W. Smith, 1852
Diatomee	<i>Pleurosigma</i> spp.	Mereschowsky, 1903
Diatomee	Pleurosigmataceae indet.	(J.W.Bailey) A.Mann, 1907
Diatomee	<i>Podosira stelligera</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Diatomee	<i>Proboscia alata</i>	(H.Peragallo) Hernández-Becerril 1995
Diatomee	<i>Proboscia indica</i>	n. Lundholm & Ø. Moestrup, 2002
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	(Takano) Takano, 1995
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	H. Paragallo, 1900
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia</i>	
Diatomee	<i>delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i>	
Diatomee	complex	Hasle, 1965
Diatomee	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Diatomee	<i>Rhizosolenia pungens</i>	Cleve - Euler, 1937

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 frauenfeldii</i>	(Grunow) Hallegraeff, 1986
Diatomee	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Diatomee	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Diatomee	<i>Thalassiosira gravida</i>	Cleve, 1896
Diatomee	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Ulnaria ulna</i>	(Nitzsch) P.Compère, 2001 (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Akashiwo sanguinea</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinoflagellate	<i>Alexandrium insuetum</i>	Balech, 1994
Dinoflagellate	<i>Alexandrium margalefii</i>	Halim, 1960
Dinoflagellate	<i>Alexandrium minutum</i>	(Paulsen) Balech & Tangen (Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinoflagellate	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	Halim, 1960
Dinoflagellate	<i>Alexandrium</i> spp.	Balech 1994
Dinoflagellate	<i>Alexandrium taylorii</i>	Hulburt, 1957
Dinoflagellate	<i>Amphidinium carterae</i>	Wülff, 1916
Dinoflagellate	<i>Amphidinium sphenoides</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinoflagellate	<i>Amphidinium</i> spp.	A.Meunier, 1910
Dinoflagellate	<i>Amylax</i> spp.	(Halldal) Nézan & Chomérat, 2012
Dinoflagellate	<i>Azadinium caudatum</i>	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinoflagellate	<i>Azadinium spinosum</i>	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinoflagellate	<i>Azadinium</i> spp.	Ehrenberg, 1873
Dinoflagellate	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>	Cleve 1900
Dinoflagellate	<i>Ceratium azoricum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinoflagellate	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinoflagellate	<i>Ceratium fusus</i>	Jørgensen, 1911
Dinoflagellate	<i>Ceratium kofoidii</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinoflagellate	<i>Ceratium macroceros</i>	(Gourret) Karsten, 1906
Dinoflagellate	<i>Ceratium massiliense</i>	Gourret, 1883
Dinoflagellate	<i>Ceratium pentagonum</i>	Schrank, 1793
Dinoflagellate	<i>Ceratium</i> spp.	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinoflagellate	<i>Ceratium trichoceros</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinoflagellate	<i>Ceratium tripos</i>	Schütt, 1896
Dinoflagellate	<i>Cochlodinium</i> spp.	Loeblich Jr. & Loeblich III, 1966
Dinoflagellate	<i>Corythodinium</i> spp.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinoflagellate	Dinophyceae indet.	Claparède & Lachmann, 1859
Dinoflagellate	<i>Dinophysis acuminata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinoflagellate	<i>Dinophysis caudata</i>	Pavillard, 1923
Dinoflagellate	<i>Dinophysis fortii</i>	Schütt, 1895
Dinoflagellate	<i>Dinophysis ovum</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Dinophysis sacculus</i>	

Dinoflagellate	<i>Dinophysis</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Dinoflagellate	Diplopsalis group	Dodge, 1985
Dinoflagellate	<i>Glenodinium</i> spp.	Ehrenberg, 1836
Dinoflagellate	<i>Goniodoma polyedricum</i>	(pouchet) J. Jørgensen, 1899
Dinoflagellate	Gonyaulacaceae indet.	Lindemann, 1928
Dinoflagellate	Gonyaulacales indet.	F.J.R.Taylor 1980
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax monacantha</i>	Pavillard, 1916
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
		(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax spinifera</i>	Diesing, 1866
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax</i> spp.	Apstein, 1909
Dinoflagellate	Gymnodiniales indet.	J.Schiller, 1928
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium agiliforme</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup
		(Freudenthal & J.J.Lee) D.W.Coats 2002
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium instriatum</i>	Stein, 1878
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	(Wulff) Schiller 1933
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium nasutum</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium spirale</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium</i> spp.	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa rotundata</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa</i> spp.	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa triquetra</i>	(Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Karenia mikimotoi</i>	J.Larsen, 2000
Dinoflagellate	<i>Karenia</i> spp.	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinoflagellate	<i>Karlodinium</i> spp.	Pavillard, 1929
Dinoflagellate	<i>Katodinium glaucum</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinoflagellate	<i>Kofoidinium</i> spp.	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinoflagellate	<i>Lessardia elongata</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinoflagellate	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(R.W.Holmes) Dodge 1982
Dinoflagellate	<i>Mesoporos perforatus</i>	Deflandre, 1937
Dinoflagellate	<i>Micracanthodinium claytonii</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Micracanthodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Nematodinium</i> spp.	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinoflagellate	<i>Nematodinium torpedo</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oblea rotunda</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum</i> spp.	Haeckel, 1894
Dinoflagellate	Peridinales indet.	Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Peridiniella</i> spp.	Lemmermann, 1904
Dinoflagellate	<i>Peridiniopsis</i> spp.	Abè, 1927
Dinoflagellate	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Ehrenberg, 1830
Dinoflagellate	<i>Peridinium</i> spp.	

Dinoflagellate	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Kofoid) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, 2011
Dinoflagellate	<i>Phalacroma rotundatum</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Phalacroma</i> spp.	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Podolampas bipes</i>	Stein 1883
Dinoflagellate	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Polykrikos</i> spp.	Bütshli, 1873
Dinoflagellate	<i>Pronoctiluca</i> spp.	Fabre Domergue, 1889
Dinoflagellate	Prorocentraceae indet.	F.Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum dactylus</i>	(Stein) Dodge, 1975
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum dentatum</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum emarginatum</i>	Fukuyo, 1981
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum rathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum scutellum</i>	Schröderm, 1900
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
		(Claparède & Lachmann) Bütschli 1885
Dinoflagellate	<i>Protoceratium reticulatum</i>	1885
Dinoflagellate	Protopteridiniaceae indet.	J.P.Bujak & E.H.Davies 1998
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium bispinum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium</i> cf. <i>crassipes</i>	(Kofoid) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium</i> cf. <i>leonis</i>	(Pavillard) Balech 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium globulus</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium granii</i>	(Dangeard) Balech
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium minutum</i>	(Kofoid) Loeblich III, 1970
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium oblongum</i>	(Aurivillius) Parke & Dodge, 1976
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium ovatum</i>	Pouchet, 1883
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
		Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium pellucidum</i>	1881
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium pentagonum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium punctulatum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium pyriforme</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium subinermis</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Pselodinium</i> spp.	Soumia, 1972
Dinoflagellate	<i>Pselodinium vaubanii</i>	Sournia 1972
Dinoflagellate	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883

Dinoflagellate	<i>Scrippsiella acuminata</i>	(Ehrenberg) Kretschmann & Gottschling, 2015
Dinoflagellate	<i>Scrippsiella precaria</i>	M. Montresor & A. Zingone, 1988
Dinoflagellate	<i>Scrippsiella spinifera</i>	G.Honsell & M.Cabrini, 1991
Dinoflagellate	<i>Scrippsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
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>Actinastrum</i> spp.	Lagerheim, 1882
Altro fitoplancton	<i>Acutodesmus acuminatus</i>	(Lagerheim) P.M.Tsarenko 2000
Altro fitoplancton	Altro Fitoplancton indet. (Ø inf.20Åµm)	
Altro fitoplancton	<i>Apedinella radians</i>	(Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Altro fitoplancton	Chlamydomonadales indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & Fritsch 1927
Altro fitoplancton	Chlorophyceae indet.	Wille in Warming, 1884
Altro fitoplancton	<i>Chrysochromulina lanceolata</i>	Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Altro fitoplancton	<i>Chrysochromulina parkeae</i>	J.C.Green & Leadbeater, 1972
Altro fitoplancton	<i>Chrysochromulina</i> spp.	Lackey, 1939
Altro fitoplancton	<i>Closteriopsis</i> spp.	Lemmermann, 1899
Altro fitoplancton	Coccolithophyceae indet.	Rothmaler, 1951
Altro fitoplancton	<i>Coelastrum astroideum</i>	De Notaris 1867
Altro fitoplancton	<i>Coelastrum microporum</i>	Nägeli, 1855
Altro fitoplancton	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Altro fitoplancton	<i>Cosmarium</i> spp.	Corda ex Ralfs, 1848
Altro fitoplancton	<i>Crucigenia</i> spp.	Morren, 1830
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 fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Altro fitoplancton	<i>Dictyosphaerium</i> spp.	Nägeli, 1849
Altro fitoplancton	<i>Dinobryon</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Altro fitoplancton	<i>Ebria</i> spp.	Borgert, 1861
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>Meringosphaera</i> spp.	Lohmann, 1903
Altro fitoplancton	<i>Merismopedia</i> spp.	Meyen, 1839
Altro fitoplancton	<i>Micractinium</i> spp.	Fresenius (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Altro fitoplancton	<i>Monoraphidium contortum</i>	Komárková-Legnerová, 1969
Altro fitoplancton	<i>Monoraphidium</i> spp.	Cavalier-Smith 2002
Altro fitoplancton	Nostocales indet.	W.Zimmermann, 1930
Altro fitoplancton	<i>Oltmannsiella</i> spp.	Cavalier-Smith 2002
Altro fitoplancton	Oscillatoriales indet.	

Altro fitoplancton	<i>Pediastrum duplex</i>	Meyen 1829
Altro fitoplancton	<i>Phaeocystis</i> spp.	Lagerheim, 1893
		Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall, 1994
Altro fitoplancton	<i>Plagioselmis</i> spp.	Papenfuss 1955
Altro fitoplancton	Prymnesiales indet.	Lauterborn, 1915
Altro fitoplancton	<i>Pseudanabaena</i> spp.	N. Carter, 1937
Altro fitoplancton	<i>Pseudopedinella</i> spp.	Schiller, 1925
Altro fitoplancton	<i>Pterosperma cristatum</i>	Pouchet, 1893
Altro fitoplancton	<i>Pterosperma</i> spp.	Chadefaud 1950
Altro fitoplancton	Pyramimonadales indet.	Schmarda, 1849
Altro fitoplancton	<i>Pyramimonas</i> spp.	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Altro fitoplancton	Raphidophyceae indet.	Oltmanns, 1904
Altro fitoplancton	Scenedesmaceae indet.	(Turpin) Brebisson, 1835
Altro fitoplancton	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Meyen, 1829
Altro fitoplancton	<i>Scenedesmus</i> spp.	Lohmann, 1902
Altro fitoplancton	<i>Syracosphaera</i> spp.	F. Stein, 1878
Altro fitoplancton	<i>Tetraselmis</i> spp.	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012
Altro fitoplancton	<i>Vicicitus globosus</i>	Ehrenberg, 1839
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1837
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg 1844
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha staurodon</i>	P.C.Silva, 1980
Altro fitoplancton	Dictyochophyceae indet.	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Altro fitoplancton	<i>Octactis octonaria</i>	N. Carter, 1937
Altro fitoplancton	<i>Pseudopedinella</i> spp.	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012
Altro fitoplancton	<i>Vicicitus globosus</i>	

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	D.M. 260/10	Dec. 2018/229/UE
STATO ECOLOGICO	Limiti di classe (µg/l)	Limiti di classe (µg/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 (<i>G_mean</i> 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 nuovi 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 2023. 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. Nonostante i valori di clorofilla “a” maggiori nel CD1 (Goro-Ravenna) ad entrambi i corpi idrici viene attribuito per l'anno 2023 il giudizio "Buono" (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 2023

Corpo idrico	Stazione	Clorofilla "a" (EQB Fitoplancton) Dec. 2018/229/UE	
CD1 Goro-Ravenna	2	6.99	6.4 Sufficiente
	302	7.30	
	4	7.20	
	304	6.04	
	6	5.94	
	306	5.35	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	5.37	4.4 Buono
	9	5.55	
	309	5.05	
	13	4.93	
	14	4.78	
	314	5.37	
	17	3.66	
	317	3.17	
	19	3.06	
319	3.42		

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 Côtières*).

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 nelle biocenosi SFBC (Tabella 9, 10) evidenzia un gradiente di diversità con la stazione 19 come la più ricca (60 taxa), seguita da 14 (52 taxa), 4 (46 taxa) e 9 (28 taxa). Nelle VTC (Tabella 9, 11), la stazione 314 presenta la massima ricchezza (57 taxa), mentre la stazione 309 risulta la meno diversificata (39 taxa), suggerendo potenziali differenze nelle condizioni ambientali tra le stazioni.

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

Phylum	SFBC				VTC			
	4	9	14	19	304	309	314	319
Annelida	30	17	23	25	22	21	25	19
Arthropoda	5	5	10	10	5	3	9	6
Cnidaria	1	0	1	0	0	0	0	2
Echinoderma	0	0	1	3	2	1	1	4
Mollusca	9	15	17	20	18	14	20	21
Nemertea	0	0	1	1	1	0	1	1
Phoronida	1	1	0	1	1	0	1	1
Totale	46	38	53	60	49	39	57	54

Tabella 10 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			B4	B9	B14	B19	B4	B9	B14	B19
Annelida	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X		X	X	X	X	X	X
	<i>Aricidea catherinae</i>	Laubier, 1967	X				X		X	
	<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879		X						
	<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1881			X		X	X	X	
	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994			X		X		X	
	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007				X			X	
	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		X		X	X	X		
	<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)				X	X			
	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863	X				X			
	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)					X			

	<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861	X						X
	<i>Harmothoe goreensis</i>	Augener, 1918							X
	<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	X		X				
	<i>Laonome triangularis</i>	Hutchings & Murray, 1984					X		
	<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990			X	X			
	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959	X		X		X		X
	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X	X	X		X
	<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962			X				
	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869			X	X		X	X
	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)			X	X		X	X
	<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X	X	X		X		X
	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Nephtys kersivalensis</i>	McIntosh, 1908						X	
	<i>Nereis lamellosa</i>	Ehlers, 1868							X
	<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963	X						
	<i>Notomastus lineatus</i>	Claparède, 1869			X				
	<i>Oligochaeta indet.</i>						X		X
	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833			X				
	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X		X	X	X		X
	<i>Oxydromus flexuosus</i>	(Delle Chiaje, 1827)				X		X	X
	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)							X
	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		X	X		X		X
	<i>Phyllochaetopterus socialis</i>	Claparède, 1868					X		
	<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866	X						X
	<i>Phyllodoce rosea</i>	(McIntosh, 1877)							X
	<i>Polydora cornuta</i>	Bosc, 1802					X		
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X		X	X	X		X
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870				X		X	X
	<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990					X	X	
	<i>Prionospio spp.</i>	Malmgren, 1867							X
	<i>Psamathe fusca</i>	Johnston, 1836					X		X
	<i>Pseudoleiocardia fauveli</i>	Harmelin, 1964					X		
	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	(Okuda, 1937)	X				X		
	<i>Scalibregma inflatum</i>	Rathke, 1843	X						
	<i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i>	(O.F.Muller, 1776)					X		
	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832	X		X				X
	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)					X	X	X
	<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	X		X				X
	<i>Spiophanes kroyeri</i>	Grube, 1860	X						
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853			X	X		X	X
	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002			X				X

	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)				X			X
	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)					X		
	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965			X				
	<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	X	X	X	X		X	X
	<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X			
	<i>Leptocheirus mariae</i>	Karaman, 1973			X				
	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)				X		X	X
	<i>Medicorophium rotundirostre</i>	(Stephensen, 1915)					X		
	<i>Microdeutopus spp.</i>	Costa, 1853	X		X				
	<i>Microtopus maculatus</i>	Norman, 1867	X						
	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)			X	X		X	X
	<i>Perioculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			X	X			X
	<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)				X			
	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	X		X	X			
	<i>Upogebia tipica</i>	(Nardo, 1869)				X			X
Cnidaria	Anthozoa indet.						X		X
Echinoderma	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			X	X			X
	<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863							X
	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844				X			X
Mollusca	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)				X			
	<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)				X		X	X
	<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)				X			
	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	(Linné, 1758)							X
	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)		X	X			X	
	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822				X		X	X
	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)						X	
	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)			X	X		X	X
	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)			X		X		X
	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)						X	
	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)					X		X
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)				X		X	X
	<i>Eulima glabra</i>	(Da Costa, 1778)							X
	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)			X	X			X
	<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)	X				X		X
	<i>Loripinus fragilis</i>	(Philippi, 1836)	X						
	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X				X
	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)					X	X	
	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X				X	X
<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)		X						
<i>Nassarius reticulata</i>	(Linnaeus, 1758)						X		

	<i>Neverita josephinia</i>	Risso, 1826							X
	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X			X		X	X
	<i>Parvicardium minimum</i>	(Philippi, 1836)				X			
	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)			X				X
	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X		X	X	X		X
	<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)				X			X
	<i>Ringicula conformis</i>	Monterosato 1877					X		
	<i>Solen marginatus</i>	Pulteney, 1799				X			
	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)			X	X			X
	<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X				X
	<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)			X	X		X	X
	<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)	X				X		X
	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)							X
Nemertea	Nemertea indet.				X	X			
Phoronida	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X					X	X

Tabella 11 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			304	309	314	319	304	309	314	319
Annelida	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917							X	
	<i>Aponuphis brementi</i>	(Fauvel, 1916)					X			
	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X		X	X	X	X	X	X
	<i>Aricidea catherinae</i>	Laubier, 1967			X		X	X		
	<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879		X		X	X	X		X
	<i>Chaetozone setosa</i>	Malmgren, 1867					X			
	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007				X				
	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)	X							
	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863					X	X		
	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)						X		
	<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818		X	X	X		X		
	<i>Harmothoe goreensis</i>	Augener, 1918							X	
	<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)			X			X		X
	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	X	X			X	X		X
	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)					X			
	<i>Labioleanira yhleni</i>	(Malmgren, 1867)							X	
	<i>Levinsenia materi</i>	Çinar & Dagli, 2013								X
<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990			X				X		
<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958	X					X			
<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000			X				X		

	<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962			X					
	<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865					X			
	<i>Marphysa sanguinea</i>	(Montagu, 1815)							X	
	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X		X	X	X	X	X
	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)			X			X	X	
	<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868			X				X	
	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Nereis lamellosa</i>	Ehlers, 1868								X
	<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963				X	X	X		X
	<i>Oligochaeta indet.</i>								X	
	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X		X		X	X
	<i>Oxydromus flexuosus</i>	(Delle Chiaje, 1827)							X	
	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)								X
	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)			X			X	X	X
	<i>Phyllochaetopterus socialis</i>	Claparède, 1868							X	
	<i>Phyllodoce laminosa</i>	Savigny in Lamarck, 1818					X			X
	<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)						X		X
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962			X			X	X	
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870					X	X	X	
	<i>Psamathe fusca</i>	Johnston, 1836				X				
	<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964					X	X		
	<i>Sabellaria spinulosa</i>	(Leuckart, 1849)	X				X			
	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			X				X	
	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)				X	X	X	X	X
	<i>Sthenelais boa</i>	(Johnston, 1833)					X			
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X		X	X	X	X	X	X
	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)							X	
	<i>Apeudes bacescui</i>	Gutu, 2002			X			X		
	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)								X
	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)					X			
	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965			X					
	<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	X		X	X	X		X	X
	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)								X
	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)						X		
	<i>Microdeutopus spp.</i>	Costa, 1853			X	X				
	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X		X	X				X
	<i>Periculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)								X
	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)			X					
	<i>Upogebia tipica</i>	(Nardo, 1869)						X		

Cnidaria	Anthozoa indet.					X				
	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)								X
Echinoderma	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843		X		X	X	X	X	X
	<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)				X				
	<i>Thyone fusus</i>	(O.F. Müller, 1776)								X
	<i>Trachythione elongata</i>	Duben-Koren, 1844				X	X			X
Mollusca	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)		X		X	X	X	X	
	<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)	X		X	X			X	X
	<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)				X	X	X	X	
	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	X				X	X		
	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X		X	X	X	X	X	X
	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg 1891)								X
	<i>Azorinus chamasolen</i>	(da Costa, 1778)								X
	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)		X			X			
	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X		X		X	X
	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X	X	X		X
	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)				X	X			
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)			X	X				X
	<i>Eulima glabra</i>	(Da Costa, 1778)				X				
	<i>Hexaplex trunculus</i>	(Linnaeus, 1758)						X		
	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)				X				
	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)			X	X	X	X	X	X
	<i>Loripes lacteus</i>	(Linnaeus, 1758)								X
	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)							X	
	<i>Mimachlamys varia</i>	(Linnaeus, 1758)				X				
	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)					X			
	<i>Natica stercusmuscarum</i>	(Gmelin, 1791)		X						
	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X	X		X	X
	<i>Nucula sulcata</i>	(Bronn, 1831)	X	X			X			
	<i>Parvicardium minimum</i>	(Philippi, 1836)			X					
	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)			X	X				X
	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)			X		X		X	
	<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)			X		X			
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)	X		X				X	
	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)			X	X				
	<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X				X	
<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)	X	X	X	X			X	X	
<i>Tellina pulchella</i>	Lamarck, 1818					X			X	
<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)						X	X		
<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)			X				X	X	
Nemertea	Nemertea indet.			X		X			X	
Phoronida	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X					X	X	

Le comunità appartenenti alle due diverse biocenosi campionate (SFBC e VTC) hanno mostrato differenti comunità.

La biocenosi a SFBC è caratterizzata dai seguenti taxa. In particolare nel Phylum degli **ANNELIDA** sono stati ritrovati:

Aricidea assimilis, *Aricidea catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Capitella minima*, *Chaetozone gibber*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Glycera alba*, *Glycera tridactyla*, *Harmothoe goreensis*, *Heteromastus filiformis*, *Laonome triangularis*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Magelona minuta*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nephtys kersivalensis*, *Nereis lamellose*, *Notomastus aberans*, *Notomastus lineatus*, *Oligochaeta indet.*, *Onuphis eremita*, *Owenia fusiformis*, *Oxydromus flexuosus*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa monilifera*, *Phyllochaetopterus socialis*, *Phyllodoce longipes*, *Phyllodoce rosea*, *Polydora cornuta*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio pulchra*, *Prionospio spp.*, *Psamathe fusca*, *Pseudoleiocypris fauveli*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Scalibregma inflatum*, *Scoloplos (Scoloplos) armiger*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra parva*, *Spio decoratus*, *Spiophanes kroyeri*.

Tra questi, *Prionospio caspersi*, uno spionide, emerge come specie frequente e abbondante nelle diverse stazioni, con un'abbondanza massima di 5133,9 ind./m² nel campionamento autunnale della stazione B14. Il sabellide *Dialychone dunerificta* è stato rilevato in autunno nella stazione B19, con una densità di 669,6 ind./m². Anche *Aricidea assimilis* è stata trovata in autunno nella stazione B19, con un'abbondanza massima di 580,4 ind./m². Altri policheti rinvenuti con frequenza includono *Magelona johnstoni*, *Owenia fusiformis*, *Nephtys cirrosa* e *Nephtys hombergi*.

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

Ampelisca diadema, *Apseudes bacescui*, *Bodotria scorpioides*, *Brachynotus gemmellari*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe daphne*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leptocheirus mariae*, *Leucothoe incisa*, *Medicorophium rotundirostre*, *Microdeutopus spp.*, *Microtopos maculatus*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus*, *Pontocrates arenarius*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*, *Upogebia tipica*.

Pariambus typicus è risultato essere la specie localmente più abbondante raggiungendo 1696.4 ind/m² nel campionamento primaverile nella st. B19. I restanti taxa risultano molto meno abbondanti nelle stazioni considerate.

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 rinvencono epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi), come accade per *Calliactis parasitica*.

Nel Phylum degli **ECHINODERMATA** è stata rinvenuta *Amphiura chiajei* che raggiunge densità di 1339.3 ind/m² nella stazione B19 in Autunno.

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

Abra alba, *Abra nitida*, *Abra prismatica*, *Acanthocardia tuberculata*, *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Bolinus brandaris*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Eulima glabra*, *Kurtiella bidentata*, *Lentidium mediterraneum*, *Loripinus fragilis*,

Lucinella divaricata, *Musculista senhousia*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius pygmaeus*, *Nassarius reticulata*, *Neverita josephina*, *Nucula nitidosa*, *Parvicardium minimum*, *Pharus legumen*, *Phaxas adriaticus*, *Pitar rudis*, *Ringicula conformis*, *Solen marginatus*, *Spisula subtruncata*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Tellina tenuis*, *Thracia papyracea*.

Nella comunità la presenza dei filtratori (Bivalvi) risulta maggiore sia in termini di numero di specie che di individui rispetto a quella dei Gasteropodi. Il mollusco più abbondante è il bivalve *Lentidium mediterraneum* che ha raggiunto abbondanze fino a 2946.4 ind/m² in autunno nella st. 4. Sono particolarmente abbondanti anche le specie *Chamelea gallina* (con 1875 ind/m² nella st. 14 in Autunno), *Kurtiella bidentata* (1071.4 ind/m² in autunno nella st. B19) e *Corbula gibba* (625 ind/m² st. B19 in Autunno).

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:

Ampharete acutifrons, *Aponuphis brementi*, *Aricidea assimilis*, *Aricidea catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Chaetozone setosa*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Glycera alba*, *Glycera unicornis*, *Harmothoe goreensis*, *Heteromastus filiformis*, *Hilbigneris gracilis*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Labioleanira yhleni*, *Levinsenia materi*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona alleni*, *Magelona johnstoni*, *Magelona minuta*, *Maldane sarsi*, *Marphysa sanguinea*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nereis lamellosa*, *Notomastus aberans*, *Oligochaeta indet.*, *Owenia fusiformis*, *Oxydromus flexuosus*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa monilifera*, *Phyllochaetopterus socialis*, *Phyllodoce laminosa*, *Phylo foetida*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio malmgreni*, *Psamathe fusca*, *Pseudoleiocapitella fauveli*, *Sabellaria spinulosa*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra parva*, *Sthenelais boa*.

I policheti più abbondanti sono risultati essere *Prionospio caspersi*, con una densità di 4017,9 ind./m² nel campionamento autunnale della stazione 314. Tra le altre specie particolarmente abbondanti si segnalano *Owenia fusiformis*, con circa 400 ind./m² in autunno nelle stazioni 304 e 314, e i policheti spionidi *Aricidea catherinae* e *Aricidea fragilis*, con abbondanze rispettivamente di 232,1 individui/m² nella stazione 304 e 214,3 ind./m² nella stazione 309, entrambi rilevati in autunno.

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

Ampelisca diadema, *Apolochus neapolitanus*, *Apseudes bacescui*, *Brachynotus gemmellari*, *Ericthonius brasiliensis*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe daphne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus vernalis*, *Microdeutopus spp.*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*, *Upogebia tipica*. *Pariambus typicus* è risultata essere la specie maggiormente rappresentata, con abbondanze fino a 937,5 ind/m² nel campionamento primaverile della stazione 319. Altre specie rilevanti includono *Iphinoe daphne*, con una densità di 223,2 ind/m² nel

campionamento autunnale della stazione 314, e *Ampelisca diadema*, con 214 ind/m² registrati in autunno nella stazione 304.

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARIA** nelle biocenosi a VTC è limitato mentre il Phylum degli **ECHINODERMATA** è rappresentato da *Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis*, *Trachythyone elongata* e *Thyone fusus*.

Le specie appartenenti al Phylum **MOLLUSCA** ritrovati nella biocenosi a VTC sono: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Abra prismatica*, *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Antalis inaequicostata*, *Bolinus brandaris*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cylichna cylindracea*, *Dosinia lupinus*, *Eulima glabra*, *Hexaplex trunculus*, *Hyla vitrea*, *Kurtiella bidentata*, *Loripes lacteus*, *Lucinella divaricata*, *Mimachlamys varia*, *Musculista senhousia*, *Natica stercusmuscarum*, *Nucula nitidosa*, *Nucula sulcata*, *Parvicardium minimum*, *Pharus legumen*, *Phaxas adriaticus*, *Pitar rudis*, *Politapes rhomboides*, *Spisula subtruncata*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Tellina pulchella*, *Tellina tenuis*, *Thracia papyracea*.

Il bivalve *Corbula gibba* è risultato essere il mollusco più abbondante, con una densità pari a 892,9 ind/m² nella stazione 319 durante il campionamento autunnale. Altre specie con elevate abbondanze includono *Chamelea gallina*, con una densità massima di 625 ind./m² nella stazione 314 in autunno, e *Anadara transversa*, con abbondanze fino a 625 ind/m² nella stazione 309, anch'essa rilevata in autunno.

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 ed altri autori nel 2000 per stimare la qualità di ambienti marini estuariali lungo le coste dei Paesi Baschi, 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 COMUNITA 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 giugno 2022, 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 indicatrici 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:

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

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 3 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2023 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

I risultati dell'indice AMBI sono rappresentati in Figura 120 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 121 per la biocenosi delle VTC.

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

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	PRI	2.61	29	1.545
9	PRI	2.53	10	1.386
14	PRI	3.77	40	1.211
19	PRI	3.14	42	1.966
4	AUT	2.11	30	1.749
9	AUT	3.62	34	2.296
14	AUT	1.54	38	2.234
19	AUT	3.54	46	1.976
304	PRI	2.78	22	3.181
309	PRI	3.23	16	2.121
314	PRI	4.26	39	1.264
319	PRI	2.82	33	2.515
304	AUT	3.89	42	2.438
309	AUT	3.71	32	2.401
314	AUT	1.98	42	2.462
319	AUT	3.31	39	2.445

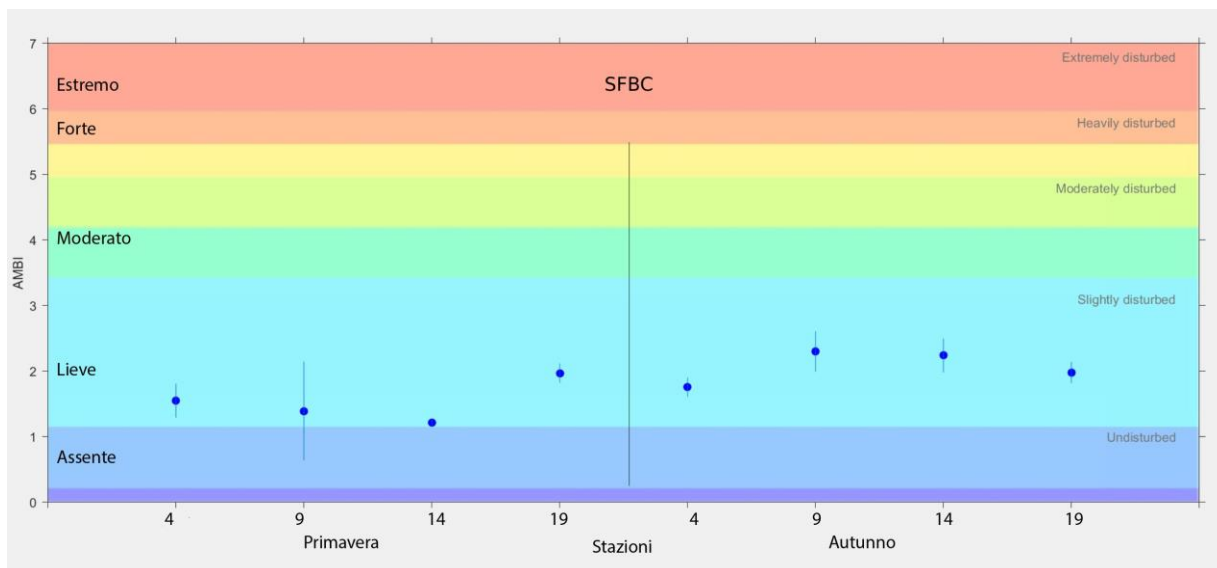


Figura 120 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC in Primavera ed in Autunno

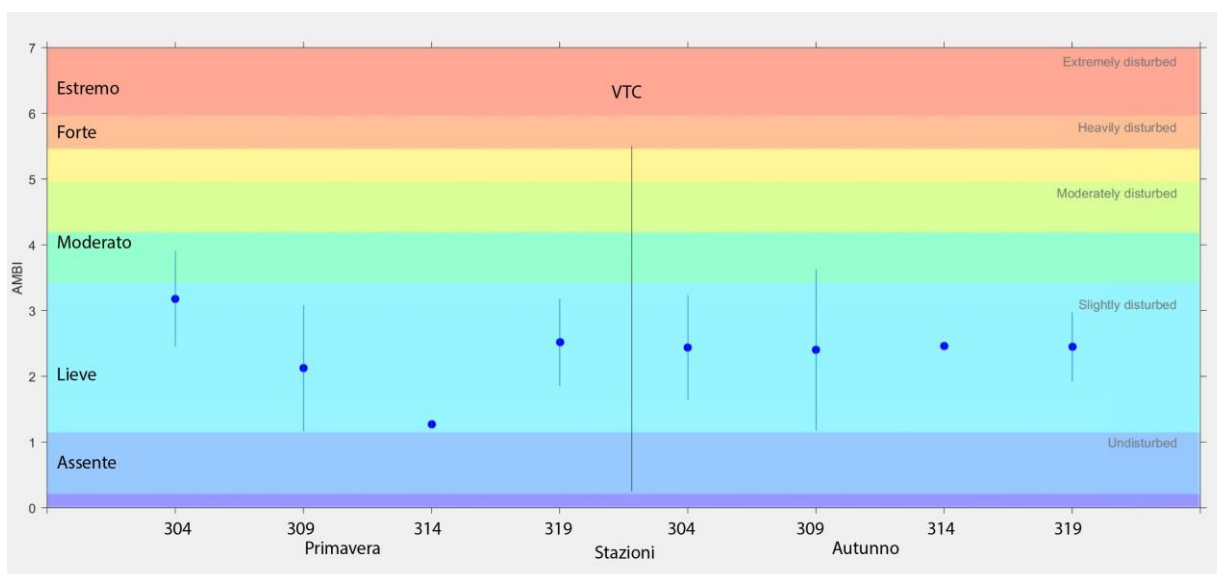


Figura 121 – Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Nell'ambito dello studio delle biocenosi delle SFBC, è stata condotta un'analisi multivariata mediante Non-metric Multi-Dimensional Scaling (nMDS), utilizzando la matrice di dissimilarità di Bray-Curtis (Figura 122). 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. L'analisi ha evidenziato la formazione di tre cluster principali: un primo cluster comprendente le stazioni 114 e 104, un secondo cluster caratterizzato dai campioni autunnali e primaverili della stazione 119 e, infine, un terzo cluster, distinto dagli altri lungo l'asse di ordinamento, costituito dalla stazione 9. Quest'ultima stazione si distingue per una maggiore dispersione dei campioni primaverili. La separazione tra i cluster è attribuibile a differenti pattern di dominanza delle specie nelle diverse stazioni. Ad esempio, *P. caspersi* risulta dominante in alcune stagioni e stazioni, così come i molluschi *C. gallina* e *A. chiajei*. La stazione 9, isolata nell'ordinamento, presenta una minore biodiversità rispetto alle altre, sebbene si osservi un incremento della biodiversità nei campioni autunnali, avvicinando il cluster a quello della stazione 119.

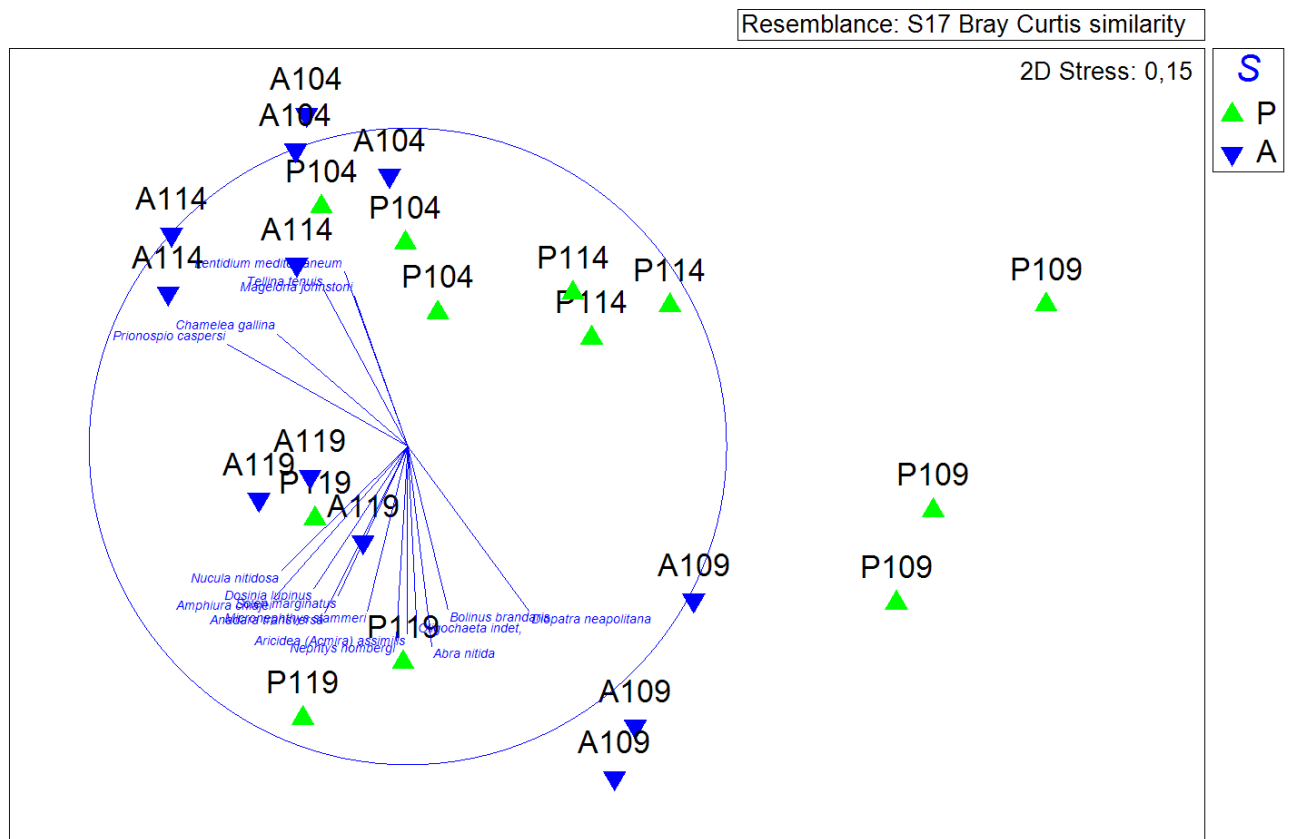


Figura 122 – nMDS Biocenosi delle SFBC

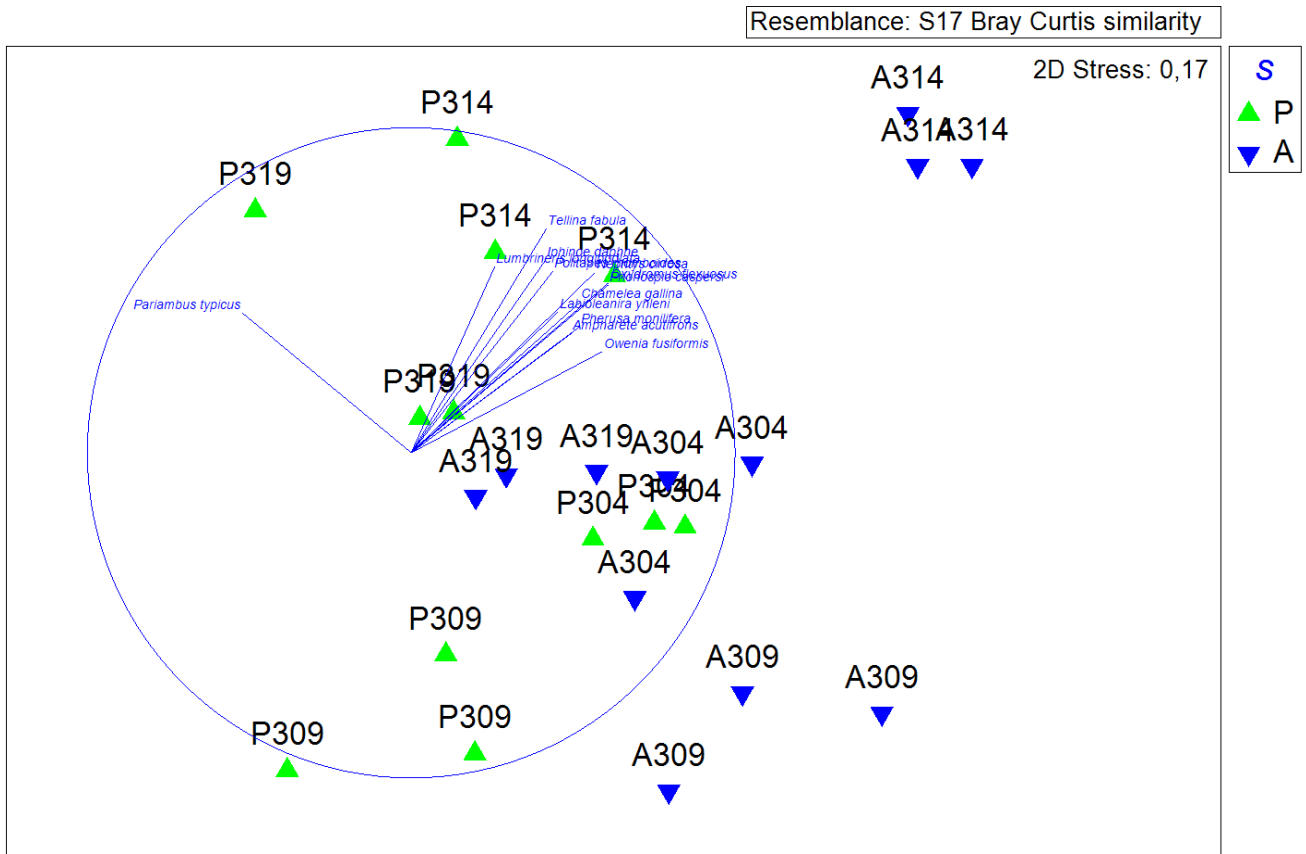


Figura 123 – nMDS Biocenosi delle VTC

Nell'ambito dello studio delle biocenosi delle VTC (Figura 123), l'analisi multivariata, condotta mediante Non-metric Multi-Dimensional Scaling (nMDS), ha rivelato marcate differenze nella composizione delle comunità tra le diverse stazioni. Tali variazioni sono chiaramente evidenziate dall'ordinamento dei vettori sovrapposti all'ordinamento nMDS infatti alcune specie, quali *P. typicus*, *O. fusiformis*, *I. daphne* e *P. monilifera*, risultano caratterizzanti delle diverse comunità, contribuendo in modo significativo alla loro differenziazione. Si osserva una graduale separazione lungo l'asse verticale dell'ordinamento, con i campioni della stazione 314, raggruppati nella parte superiore, e quelli della stazione 309, nella parte inferiore.

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

Per la conseguente valutazione dei valori M-AMBI considerando i valori di riferimento è stato elaborato:

- lo stato di qualità per stazione dato dalla media dei 2 campionamenti (Tabella 14);
- lo stato di qualità di ogni stazione, valori stagionali di M-AM (Tabella 15)
- lo stato di qualità del corpo idrico, relativo all'anno 2023, è attribuito dalla media dei valori di M-AMBI di ogni stazione appartenente al corpo idrico (Tabella 16 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**);

Quindi per la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per l'EQB Macroinvertebrati bentonici relativa al 2023 si esprime con un giudizio "Buono" per il corpo idrico CD2, Ravenna-Cattolica. Anche il corpo idrico CD1, Goro-Ravenna risulta con uno stato "Buono".

Tabella 14 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2023

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	2023	
			M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	0.63	Buono
CD2		9	0.62	Buono
CD2		14	0.70	Buono
CD2		19	0.77	Buono
CD1	VTC	304	0.64	Buono
CD2		309	0.64	Buono
CD2		314	0.74	Buono
CD2		319	0.67	Buono

Tabella 15 – Valori stagionali di M-AMBI e stato di qualità nel 2023

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Stagione	2023		arrotondato
				M-AMBI	Stato	
CD1	SFBC	4	PRI	0.65	Buono	0.65
CD1		4	AUT	0.61	Buono	0.61
CD2		9	PRI	0.54	Sufficiente	0.54
CD2		9	AUT	0.70	Buono	0.70
CD2		14	PRI	0.82	Elevato	0.82
CD2		14	AUT	0.58	Sufficiente	0.58
CD2		19	PRI	0.74	Buono	0.74
CD2		19	AUT	0.79	Buono	0.79
CD1	VCT	304	PRI	0.51	Sufficiente	0.51
CD1		304	AUT	0.76	Buono	0.76
CD2		309	PRI	0.58	Sufficiente	0.58
CD2		309	AUT	0.69	Buono	0.69
CD2		314	PRI	0.85	Elevato	0.85
CD2		314	AUT	0.63	Buono	0.63
CD2		319	PRI	0.63	Buono	0.63
CD2		319	AUT	0.70	Buono	0.70

Tabella 16 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2023

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2023	
				M-AMBI	Stato
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.64	Buono
	VTC	304			
CD2 Ravenna- Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.69	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 107). 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 disciolto, 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 disciolto 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 2023. Lo stato di qualità per il TRIX è risultato "Sufficiente" per corpo idrico CD1 e "Buono" per il corpo idrico CD2.

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

Corpo idrico	Stazione	2023	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.60	5.43 Sufficiente
	302	5.53	
	4	5.60	
	304	5.29	
	6	5.43	
	306	5.16	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	4.94	4.84 Buono
	9	5.21	
	309	4.99	
	13	5.09	
	14	5.05	
	314	4.73	
	17	4.87	
	317	4.38	
	19	4.66	
319	4.47		

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 124) ed a 4 stazioni a circa 1-2 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, Figura 125).

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, relativamente al 2023, nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 306 (Casalborsetti), 309 (Lido Adriano), 317 (Rimini) e 319 (Cattolica) prevale la componente limosa; invece, nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna), 314 (Cesenatico) tende a prevalere la componente sabbiosa. Nella stazione 304 (Porto Garibaldi) la frazione granulometrica limo e la frazione sabbia si equivalgono in termini di percentuali medie/anno.

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.

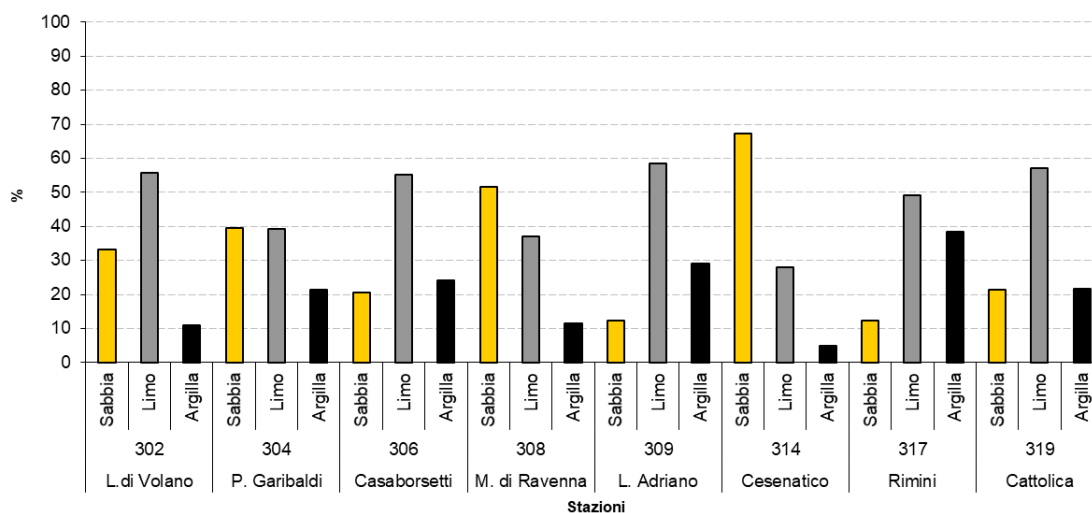


Figura 124 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

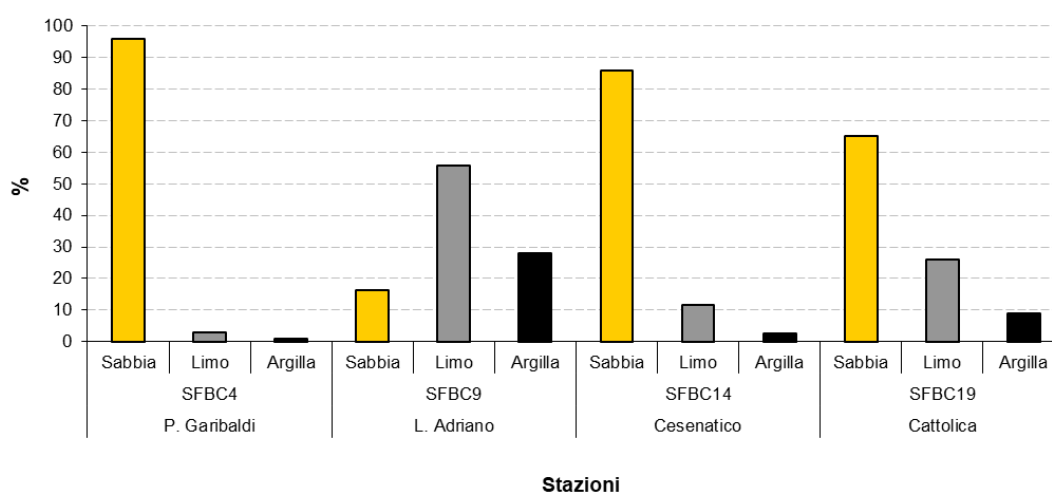


Figura 125 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

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 126 e Figura 127). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale relative al 2023 nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra valori di 0.56 e 1.70%.

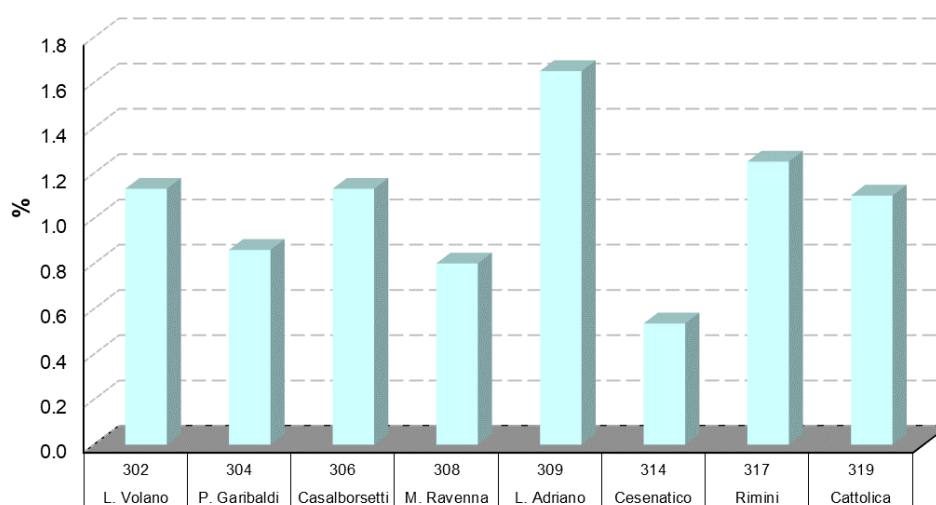


Figura 126 – Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa

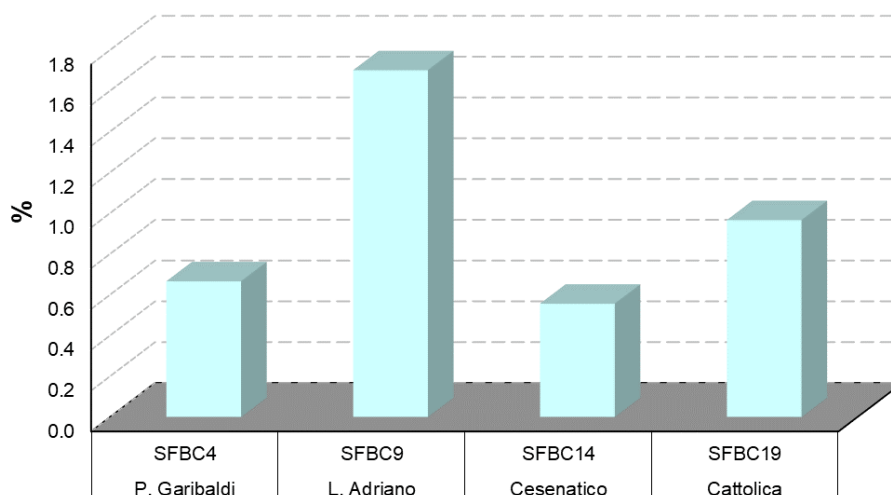


Figura 127 – Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

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 2023 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 2023 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 2023 per gli inquinanti prioritari ricercati nell'acqua di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15 non sono rilevati superamenti che riguardano i limiti previsti dalla legge per la media annua e per i valori massimi ammissibili.

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 2023, 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 2023 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 e diossine e composti diossina simili.

Dall'analisi dei dati riportati in *Allegato IV* emerge che vi sono superamenti dello SQA per PBDE in tutti i campioni di pesce analizzati per i corpi idrici campionati nel 2023. Mercurio e composti supera lo SQA nel corpo idrico CD2; si precisa tuttavia che tale analisi non è stata eseguita nel campione prelevato nel corpo idrico CD1 a causa di un problema tecnico. Tutti gli esiti disponibili per esaclorobenzene, esaclorobutadiene e dicofol presentano invece valori inferiori al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata. DDT totale e diossine e composti diossina simili sono stati determinati a concentrazioni inferiori ai rispettivi SQA. Nel

2023 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 2023 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 128), pesticidi Σ DDT, Σ DDD, Σ DDE (Figura 129), TBT e piombo (Figura 130), arsenico, cromo totale e cromo VI (Figura 131), diossine, furani e PCB (Figura 132), che verranno elaborati ai fini della analisi della tendenza, valutando i trend ascendenti e discendenti nella matrice sedimento.

2023

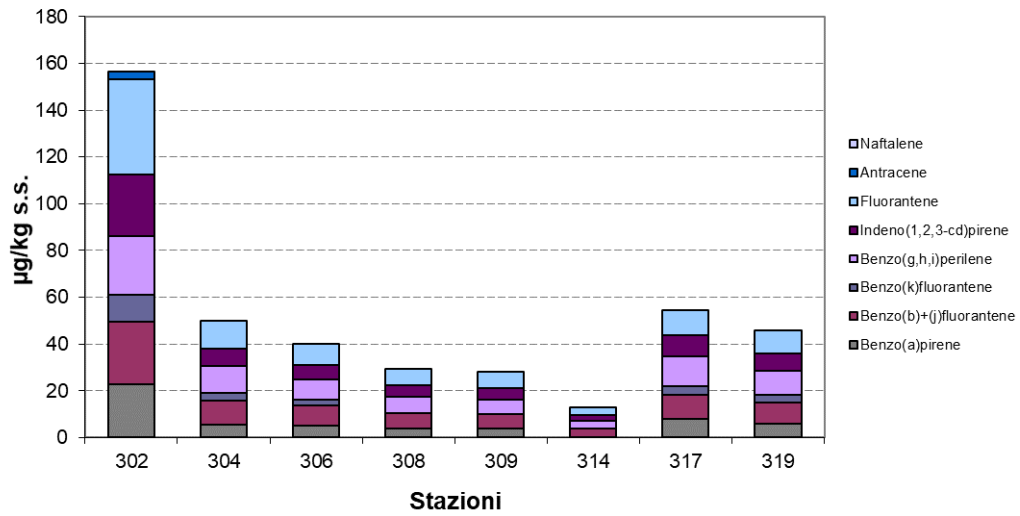


Figura 128 – Medie annuali di idrocarburi policiclici aromatici determinati nel sedimento

2023

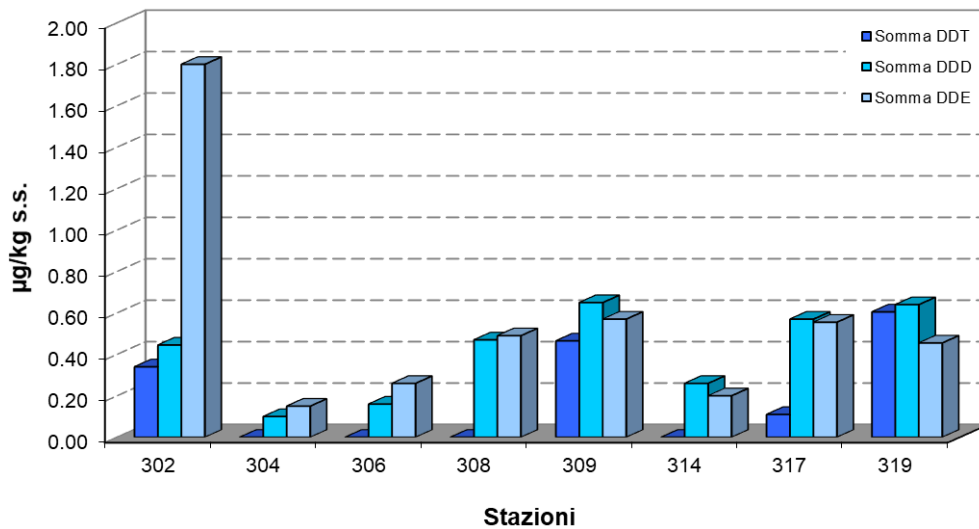


Figura 129 – Medie annuali di pesticidi (somma DDT, somma DDD, somma DDE) determinati nel sedimento

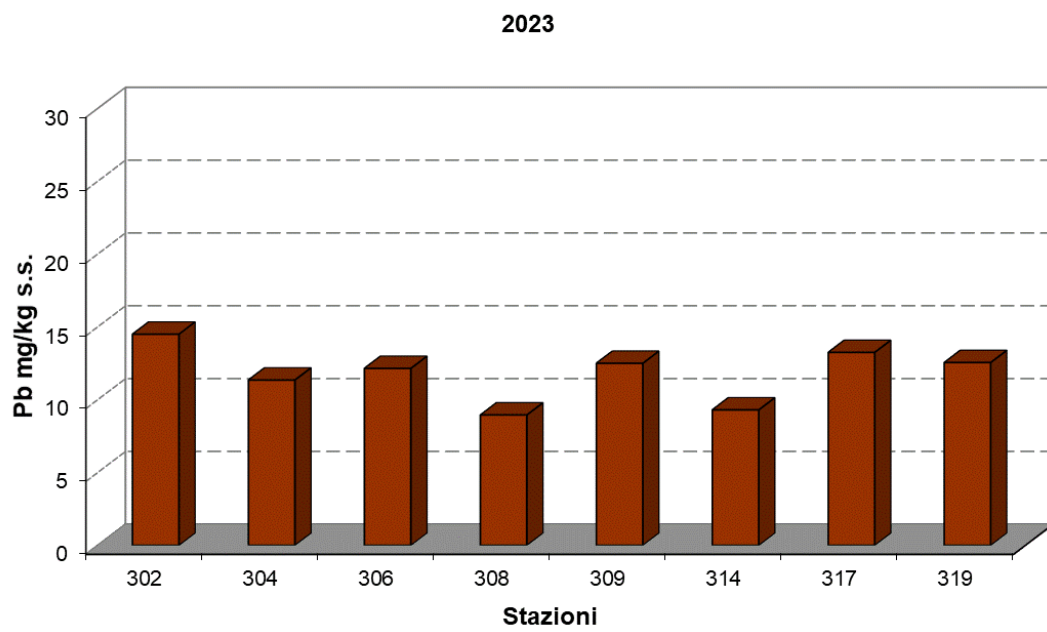
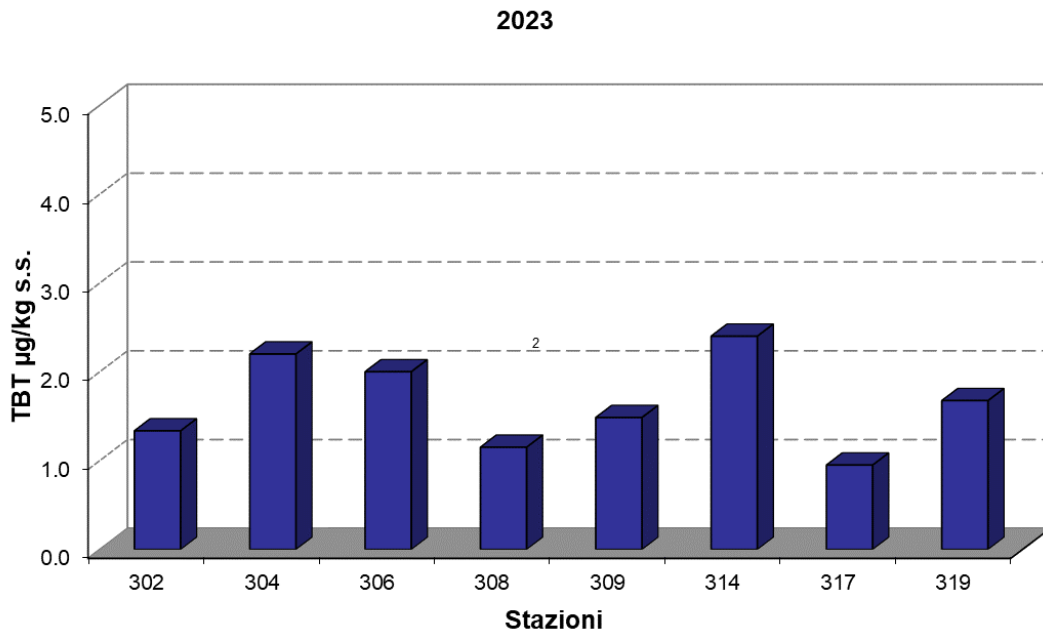


Figura 130 – Medie annuali di tributilstagno e piombo determinati nel sedimento

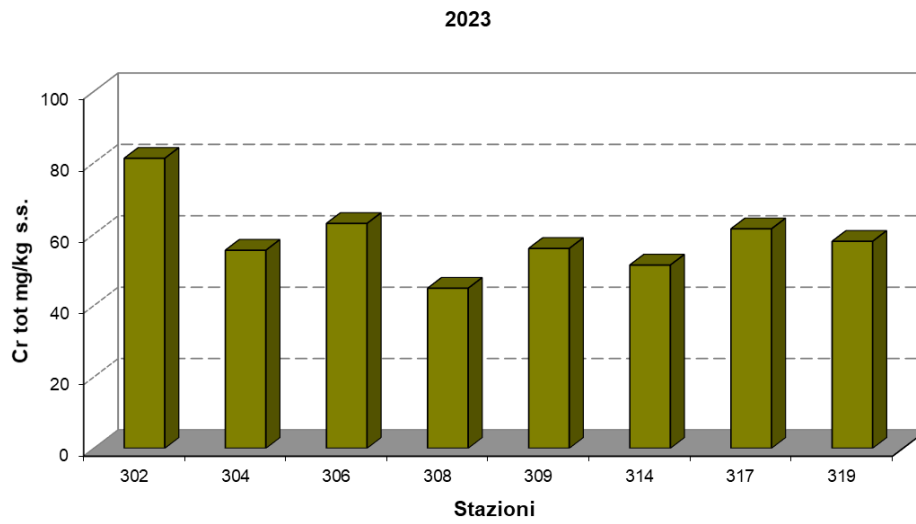
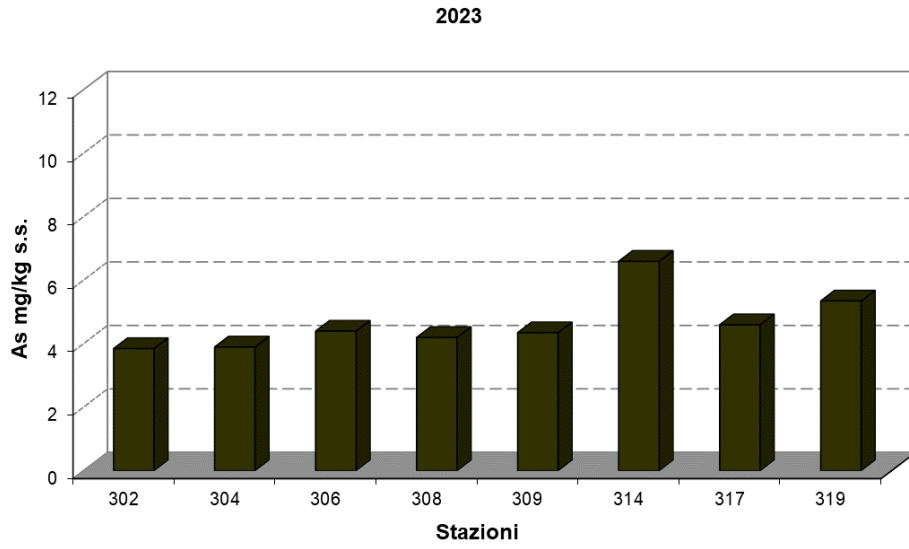


Figura 131 – Medie annuali di arsenico e cromo totale e determinati nel sedimento

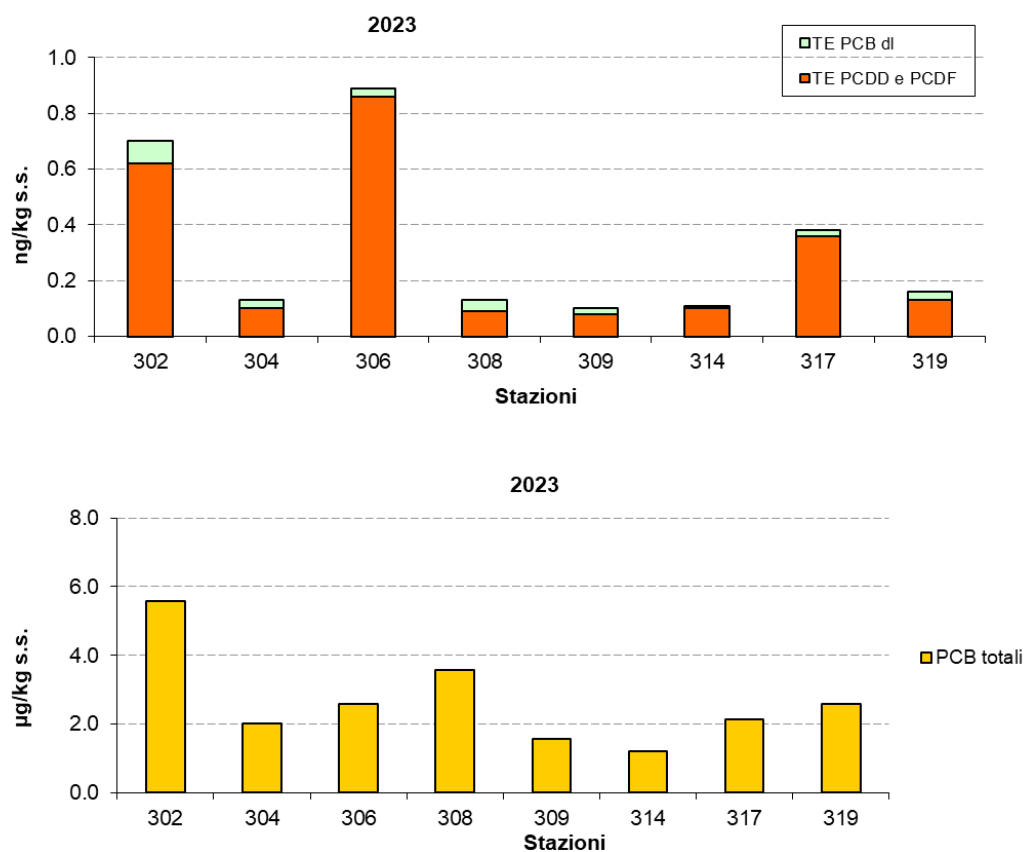


Figura 132 – Medie annuali di diossine, furani e PCB determinati nel sedimento

6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

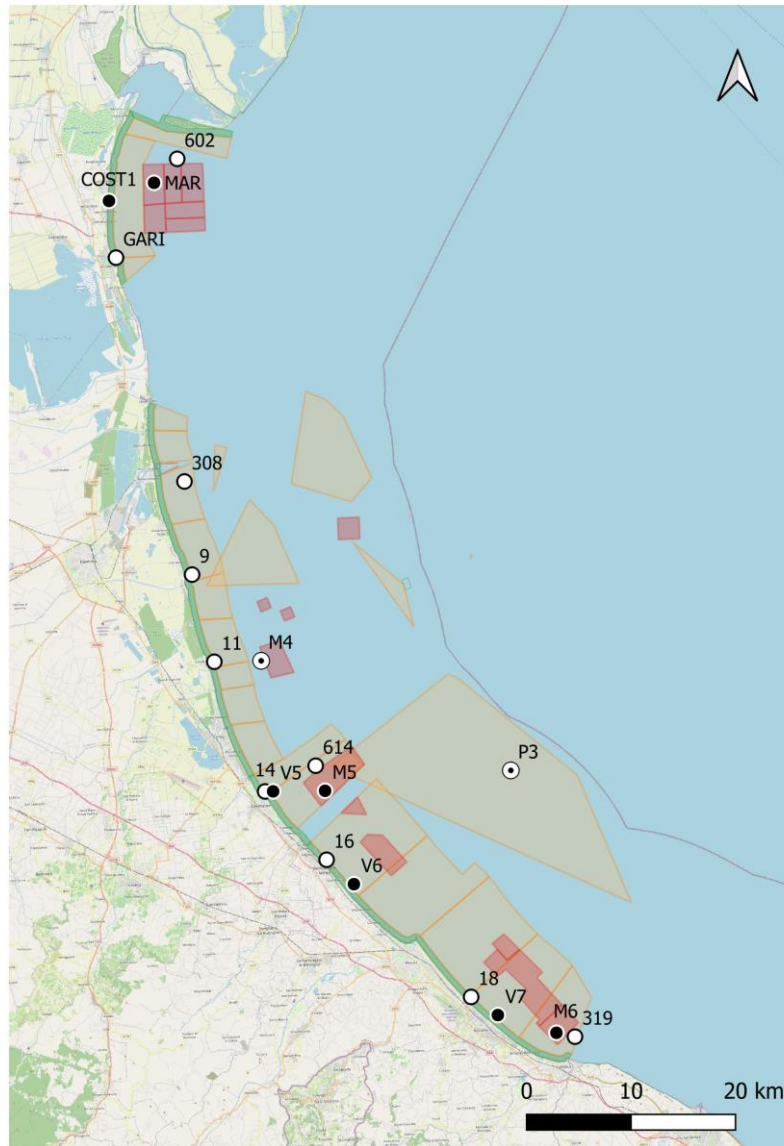
I molluschi eduli lamellibranchi rappresentano una voce importante nel contesto dell'economia ittica della regione Emilia-Romagna. Le acque marino costiere regionali sono sede non solo di banchi e di popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, tra cui le specie *Chamelea gallina* e *Ruditapes 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 trascurate 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 133).

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 133. 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 disciolto 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 dalla Sezione Provinciale 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 133 – 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 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 MEDUSE

Come ogni anno, anche nel 2023 sono stati segnalati avvistamenti di meduse, organismi planctonici, gelatinosi costituiti principalmente di acqua (circa il 98%). Dotati di una corona di tentacoli che circondano il bordo del corpo e che utilizzano prevalentemente per la predazione ed in alcuni casi per la difesa, sono talvolta ricoperti di cellule urticanti. A partire dalla fine del mese di giugno fino alla terza settimana di settembre si sono registrate segnalazioni della specie *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778) (Figura 134 a), ad eccezione della prima settimana di luglio, durante la quale non ci sono stati avvistamenti di questa medusa. Questa specie è conosciuta anche con il nome comune “polmone di mare” rende molto bene l’aspetto di questa medusa che, con il suo diametro di cinquanta/sessanta centimetri e un peso intorno ai dieci chili, è una delle più grandi. I giovani sono per lo più trasparenti, mentre gli adulti sono fluorescenti con i bordi dell’ombrella sfrangiati blu-viola e raggiunge un diametro massimo di 50 cm. La prima settimana di luglio ha fatto la sua comparsa la specie *Cothylorhiza tuberculata*, detta anche Cassiopea (Figura 134 b) che ha caratterizzato i mesi estivi fino a metà settembre. Dotata di una caratteristica ombrella a forma di disco bianco, con una gobba rotonda e gialla al centro, per questo motivo ricorda un uovo all’occhio di bue. Il margine è di colore giallo o talvolta verdastro. Questa specie non ha tentacoli, ma è ricca di braccia orali che partono dai quattro lobi della bocca e terminano con un bottoncino di colore blu/viola. A dispetto delle sue grandi dimensioni, questa specie non è urticante. Tra la fine di giugno e i primi di luglio sono state avvistate meduse appartenenti alla specie *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 (Figura 134 c). Questa medusa non urticante è conosciuta anche con il nome di medusa quadrifoglio per gli evidenti 4 cerchi (gonadi) ben visibili sul dorso e può arrivare ad avere un diametro massimo di 30 cm. Tra il 21 e il 22 agosto è stata avvistata la cubo medusa urticante *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758 (Figura 134 d). Questa specie è dotata di ombrella cubica trasparente (con dimensione fino a 3 cm); i tentacoli trasparenti sono quattro, lunghi dieci volte il corpo non vanno oltre i 30 cm negli esemplari più grandi.

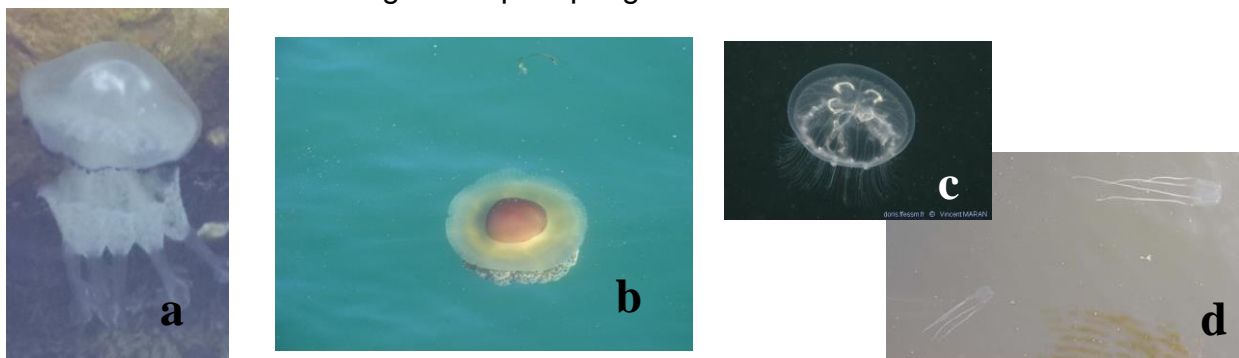


Figura 134 – a) *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778), b) *Cothylorhiza tuberculata* c) *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 d) *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758

7.2 AVVISTAMENTI DI *MNEMIOPSIS LEIDYI*

Da inizio agosto fino alla terza settimana di settembre, anche nel 2023 si sono registrati gli avvistamenti dello ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865, lungo tutta la costa (Figura 135).

Si tratta di un organismo gelatinoso che si nutre di plancton le cui dimensioni si aggirano intorno ai 5 cm di lunghezza. Noto anche con il nome comune di Noce di mare, facilmente scambiata per una medusa per via della sua trasparenza. Di forma più o meno sferica, dalla parte superiore del corpo si dipartono 8 file radiali ciascuna delle quali è dotata centralmente di una banda meridiana provvista di *pettini* o *ctenidi* da cui il nome di ctenoforo ovvero “portatore di ctenidi”. Lo ctenidio è un corpuscolo vibratile munito di ciglia che battendo permette all’organismo di nuotare.

Questo organismo planctonico è luminescente ovvero è in grado di produrre luce se stimolato, brillando di una luce bluverde quando viene stimolato dalla luce o da un contatto fisico. Vorace predatore di zooplancton, uova e piccole larve di pesci, soprattutto acciughe, è considerata dannosa poiché può contribuire alla diminuzione delle popolazioni ittiche. Originaria delle coste atlantiche del continente americano fu introdotta involontariamente negli anni '80 nel Mar Nero ed in seguito segnalata nel mar Egeo e quindi in Mediterraneo.



Figura 135 – *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

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 2023																	
	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	8.34	18.56	29.70	7.17	1.31	8.76	203.06	10.99	15.42	572.90	24.86	5.25	527.62	87.03	29.60	5.60	2.52
Errore standard	0.03	1.54	1.12	0.22	0.11	1.27	30.48	1.93	2.81	53.84	3.28	0.87	61.47	20.90	3.60	0.14	0.17
Mediana	8.33	17.65	30.88	6.94	1.00	7.00	170.38	9.19	14.17	555.08	18.66	5.40	493.82	51.17	24.67	5.66	2.56
Moda				8.33	1.00		5.00		0.70			0.70					
Deviazione standard	0.12	7.24	5.27	1.02	0.53	5.98	142.95	9.03	13.16	252.55	15.39	4.06	288.32	98.01	16.87	0.65	0.78
Varianza campionaria	0.01	52.47	27.77	1.04	0.28	35.76	20435.82	81.59	173.10	63780.76	237.00	16.49	83127.56	9605.84	284.71	0.42	0.61
Curtosi	0.27	-1.56	2.95	-0.44	0.55	0.18	-0.33	4.31	-0.75	2.28	-0.43	0.12	-0.64	4.25	-0.13	1.55	0.77
Asimmetria	0.28	0.19	-1.44	0.41	1.08	1.04	0.45	2.02	0.57	1.32	0.87	0.71	0.12	1.91	0.91	-0.57	-0.56
Intervallo	0.50	21.56	23.03	4.05	2.00	20.30	524.64	37.24	41.11	1078.06	50.55	14.72	1081.91	401.94	55.95	3.10	3.37
Minimo	8.12	8.72	14.10	5.45	0.50	1.70	5.00	0.50	0.70	235.05	6.69	0.70	27.37	1.64	11.24	3.88	0.53
Massimo	8.62	30.28	37.13	9.50	2.50	22.00	529.64	37.74	41.81	1313.12	57.24	15.42	1109.27	403.58	67.18	6.97	3.89
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.21	2.34	0.45	0.24	2.65	63.38	4.00	5.83	111.97	6.83	1.80	127.83	43.45	7.48	0.29	0.35

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	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	8.34	18.13	30.07	7.64	1.16	9.53	253.39	12.39	32.97	703.99	21.49	4.86	440.41	99.10	35.10	5.60	2.58
Errore standard	0.04	1.56	0.99	0.33	0.07	1.52	80.02	3.53	16.04	149.00	2.60	0.90	86.67	36.84	4.22	0.17	0.15
Mediana	8.34	18.44	30.41	7.44	1.00	8.20	128.76	7.46	10.68	464.49	18.52	3.65	354.98	65.80	29.48	5.50	2.52
Moda					1.00	10.10	5.00	0.50		711.50		0.70					2.53
Deviazione standard	0.17	7.32	4.63	1.55	0.32	7.11	375.31	16.55	75.26	698.86	12.21	4.21	406.52	172.77	19.82	0.79	0.70
Varianza campionaria	0.03	53.53	21.45	2.39	0.10	50.56	140860.19	273.85	5663.33	488408.09	149.16	17.69	165255.39	29850.31	392.70	0.62	0.49
Curtosi	1.02	-1.55	0.44	2.14	1.05	3.46	7.92	10.24	17.04	6.83	-0.88	-0.78	0.41	15.32	0.24	1.21	-0.67
Asimmetria	0.53	-0.03	-0.83	1.33	0.76	1.85	2.67	2.95	3.99	2.75	0.59	0.72	1.09	3.72	0.93	0.81	0.33
Intervallo	0.78	22.05	17.14	6.30	1.50	27.60	1593.90	75.03	351.23	2529.16	37.80	12.68	1375.49	813.54	68.57	3.45	2.49
Minimo	8.00	6.65	19.02	5.86	0.50	2.90	5.00	0.50	0.70	280.13	7.30	0.70	8.22	1.26	11.45	4.17	1.55
Massimo	8.78	28.70	36.16	12.16	2.00	30.50	1598.90	75.53	351.93	2809.29	45.10	13.38	1383.70	814.80	80.02	7.62	4.04
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.24	2.05	0.69	0.14	3.15	166.40	7.34	33.37	309.86	5.42	1.86	180.24	76.60	8.79	0.35	0.31

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 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.35	18.28	30.50	7.70	1.41	9.02	173.93	8.61	11.66	510.50	18.42	4.26	370.88	69.11	36.36	5.53	2.32
Errore standard	0.03	1.56	0.89	0.28	0.07	1.29	25.44	1.33	2.45	28.53	1.84	0.74	54.51	11.17	5.61	0.10	0.14
Mediana	8.35	16.59	31.71	7.43	1.50	7.40	195.91	7.66	7.77	503.64	17.80	3.02	336.31	60.32	29.39	5.48	2.26
Moda	8.35				1.50		5.00	0.50	0.70			0.70					
Deviazione standard	0.14	7.29	4.17	1.34	0.33	6.06	119.31	6.24	11.50	133.80	8.61	3.49	255.65	52.37	26.30	0.47	0.66
Varianza campionaria	0.02	53.21	17.39	1.78	0.11	36.74	14235.55	38.93	132.21	17901.94	74.20	12.15	65357.69	2742.87	691.85	0.22	0.44
Curtosi	0.64	-1.67	1.19	-0.56	-0.55	1.34	-0.43	2.04	2.23	-0.15	-1.05	0.77	2.04	-0.88	6.02	0.08	-0.71
Asimmetria	-0.62	0.13	-1.23	0.45	0.21	1.26	0.35	1.14	1.54	0.61	0.23	1.04	1.13	0.47	2.27	0.19	0.06
Intervallo	0.52	21.51	15.61	4.83	1.00	22.50	438.42	26.35	44.57	517.69	28.38	12.97	1090.47	166.83	114.47	1.93	2.33
Minimo	8.04	7.79	20.06	5.62	1.00	2.10	5.00	0.50	0.70	303.04	4.48	0.70	19.15	1.93	11.67	4.62	1.16
Massimo	8.56	29.29	35.66	10.45	2.00	24.60	443.42	26.85	45.27	820.73	32.86	13.67	1109.62	168.76	126.13	6.55	3.49
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.23	1.85	0.59	0.15	2.69	52.90	2.77	5.10	59.32	3.82	1.55	113.35	23.22	11.66	0.21	0.29

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.27	18.11	30.21	7.69	1.73	9.67	178.49	9.09	10.18	494.92	14.69	3.77	328.17	75.17	38.93	5.29	2.22
Errore standard	0.10	1.53	0.98	0.27	0.17	2.19	33.43	1.76	3.64	55.66	1.51	0.77	59.94	16.48	6.68	0.18	0.13
Mediana	8.32	17.54	30.61	7.72	1.50	6.26	166.70	7.92	2.25	428.06	12.64	2.38	277.37	57.26	31.53	5.48	2.31
Moda					1.50		5.00	0.50	0.70			0.70		8.86			
Deviazione standard	0.48	7.16	4.61	1.28	0.81	10.28	156.82	8.26	17.07	261.07	7.07	3.61	281.16	77.29	31.32	0.84	0.62
Varianza campionaria	0.23	51.21	21.27	1.65	0.66	105.71	24592.43	68.16	291.23	68157.38	50.05	13.04	79050.34	5973.68	980.85	0.71	0.38
Curtosi	17.25	-1.52	1.14	-1.19	-0.07	4.65	0.05	2.89	9.36	6.12	0.52	0.23	0.70	3.00	16.15	3.34	-0.55
Asimmetria	-3.92	-0.03	-1.08	0.41	0.64	2.21	0.75	1.46	2.85	2.04	1.14	1.19	0.98	1.54	3.80	-1.58	0.04
Intervallo	2.49	20.85	18.05	3.88	3.00	40.80	562.98	33.85	73.41	1219.83	26.04	11.45	1060.42	312.61	157.06	3.92	2.16
Minimo	6.23	7.30	17.94	6.16	0.50	1.70	5.00	0.50	0.70	178.83	5.66	0.70	9.82	2.08	13.13	2.73	1.19
Massimo	8.72	28.15	35.99	10.04	3.50	42.50	567.98	34.35	74.11	1398.66	31.70	12.15	1070.24	314.69	170.20	6.65	3.36
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.21	3.17	2.04	0.57	0.36	4.56	69.53	3.66	7.57	115.75	3.14	1.60	124.66	34.27	13.89	0.37	0.27

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

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.35	18.07	32.02	7.61	1.55	8.64	173.04	10.71	21.04	497.70	19.52	4.02	363.00	60.96	29.23	5.43	2.47
Errore standard	0.03	1.48	0.93	0.28	0.16	1.68	37.26	1.98	5.07	54.14	2.29	0.60	87.81	12.28	3.12	0.15	0.20
Mediana	8.33	17.30	33.33	7.49	1.50	5.40	161.81	10.09	10.33	427.11	18.42	4.19	186.32	39.38	27.69	5.44	2.29
Moda					1.50		5.00	0.50	0.70			0.70					
Deviazione standard	0.16	6.93	4.38	1.34	0.77	7.86	174.76	9.31	23.77	253.93	10.72	2.81	411.87	57.61	14.64	0.69	0.95
Varianza campionaria	0.02	48.08	19.19	1.78	0.59	61.79	30542.14	86.67	565.01	64480.94	115.01	7.88	169633.77	3319.20	214.23	0.48	0.90
Curtosi	-0.25	-1.56	2.41	-0.94	-0.41	3.00	2.98	2.92	-0.08	-0.37	2.28	-0.64	2.72	-0.57	0.01	-1.34	-0.70
Asimmetria	0.42	0.03	-1.59	0.52	0.28	1.86	1.53	1.29	1.07	0.76	1.45	0.50	1.68	0.87	0.70	-0.09	0.55
Intervallo	0.61	19.94	16.81	4.35	2.80	29.50	702.02	38.89	74.85	883.00	43.52	9.26	1595.62	178.27	57.51	2.02	3.30
Minimo	8.10	7.69	20.33	5.88	0.20	2.50	5.00	0.50	0.70	182.37	5.29	0.70	10.22	2.58	5.89	4.42	1.21
Massimo	8.71	27.64	37.14	10.23	3.00	32.00	707.02	39.39	75.55	1065.37	48.82	9.96	1605.84	180.85	63.40	6.44	4.51
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.07	1.94	0.59	0.34	3.49	77.49	4.13	10.54	112.59	4.75	1.24	182.61	25.54	6.49	0.31	0.42

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.34	18.23	31.54	7.53	1.83	8.26	145.43	8.54	10.98	469.48	14.29	2.75	349.60	71.77	37.68	5.16	2.33
Errore standard	0.04	1.54	0.93	0.32	0.21	1.87	33.48	2.00	3.12	67.20	1.53	0.49	113.77	21.18	4.63	0.16	0.21
Mediana	8.31	18.49	32.98	7.29	1.50	5.00	126.08	6.72	4.48	379.18	11.78	2.70	213.25	46.32	33.03	5.17	2.13
Moda					1.50	2.80	5.00	0.50	0.70			0.70					
Deviazione standard	0.18	7.24	4.36	1.52	0.97	8.79	157.05	9.38	14.65	315.18	7.16	2.28	533.64	99.36	21.71	0.76	1.00
Varianza campionaria	0.03	52.37	19.05	2.30	0.93	77.32	24664.74	87.93	214.70	99336.52	51.26	5.20	284773.27	9871.66	471.35	0.58	0.99
Curtosi	-0.41	-1.56	1.57	-0.42	0.06	6.80	1.48	5.37	1.99	12.13	0.05	3.48	15.18	12.60	0.76	-1.17	0.88
Asimmetria	0.43	-0.07	-1.49	-0.06	0.49	2.54	1.35	2.08	1.78	3.15	0.93	1.73	3.66	3.22	1.10	0.10	1.15
Intervallo	0.70	20.98	15.64	5.96	3.80	37.10	559.78	39.46	49.12	1526.72	25.70	8.90	2553.14	462.57	82.00	2.60	3.74
Minimo	8.02	7.22	20.09	4.20	0.20	1.70	5.00	0.50	0.70	188.08	5.76	0.70	4.60	4.96	9.84	3.98	1.15
Massimo	8.72	28.20	35.73	10.16	4.00	38.80	564.78	39.96	49.82	1714.80	31.47	9.60	2557.73	467.54	91.83	6.58	4.88
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.21	1.94	0.67	0.43	3.90	69.63	4.16	6.50	139.74	3.17	1.01	236.60	44.05	9.63	0.34	0.44

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

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP. SAL.		O.D.	D.SEC. CL. "a"		N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.34	17.91	32.92	7.36	1.60	7.97	135.58	7.10	19.80	451.40	14.28	2.40	345.92	69.90	35.13	5.21	2.69
Errore standard	0.03	1.51	0.63	0.30	0.23	1.54	39.08	1.37	5.76	63.07	1.97	0.42	111.49	20.85	3.27	0.17	0.25
Mediana	8.34	17.67	33.76	7.17	1.50	5.40	31.33	6.54	12.43	367.91	13.18	2.02	153.89	39.80	32.35	5.03	2.52
Moda					2.50		5.00	0.50	0.70			0.70					
Deviazione standard	0.14	7.07	2.96	1.42	1.09	7.22	183.29	6.44	27.02	295.80	9.24	1.95	522.94	97.78	15.35	0.79	1.17
Varianza campionaria	0.02	50.00	8.77	2.03	1.18	52.15	33594.82	41.46	730.09	87500.21	85.44	3.80	273467.83	9560.03	235.77	0.62	1.36
Curtosi	-1.07	-1.45	1.91	-0.01	-0.01	6.47	1.16	0.26	14.90	7.90	8.07	1.70	9.64	5.88	0.54	-0.77	0.33
Asimmetria	-0.13	-0.03	-1.46	-0.31	0.65	2.36	1.52	0.94	3.61	2.54	2.36	1.39	2.88	2.53	1.01	0.34	0.86
Intervallo	0.47	21.07	11.40	5.74	4.00	31.30	582.82	22.00	130.47	1322.22	44.26	7.13	2310.52	350.59	59.31	2.82	4.18
Minimo	8.08	7.39	24.46	4.01	0.20	1.70	5.00	0.50	0.70	201.70	3.75	0.70	4.69	5.65	13.94	4.10	1.21
Massimo	8.56	28.46	35.85	9.75	4.20	33.00	587.82	22.50	131.17	1523.91	48.01	7.83	2315.20	356.24	73.25	6.92	5.39
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.14	1.31	0.63	0.48	3.20	81.27	2.85	11.98	131.15	4.10	0.86	231.86	43.35	6.81	0.35	0.52

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP. SAL.		O.D.	D.SEC. CL. "a"		N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	17.92	32.97	7.42	2.01	6.79	99.90	8.58	29.15	398.43	14.81	2.80	221.28	60.19	48.26	5.05	2.25
Errore standard	0.15	1.47	0.74	0.31	0.18	1.37	22.60	1.68	6.37	35.25	3.41	0.64	42.90	10.14	10.11	0.15	0.10
Mediana	8.45	17.92	34.20	7.62	2.00	4.30	57.18	6.92	19.30	385.97	11.63	1.76	173.74	45.53	35.27	5.05	2.12
Moda					2.50		5.00		0.70	392.22	0.70	0.70	37.07				
Deviazione standard	0.73	7.04	3.54	1.50	0.85	6.58	108.37	8.07	30.56	169.04	16.36	3.06	205.75	48.61	48.50	0.73	0.47
Varianza campionaria	0.54	49.50	12.51	2.24	0.73	43.29	11744.32	65.06	934.17	28573.93	267.81	9.38	42334.46	2363.29	2352.30	0.54	0.22
Curtosi	12.32	-1.48	-0.11	-0.17	-1.00	0.92	0.87	7.99	2.41	0.01	13.48	1.80	-0.72	1.28	12.78	-0.31	1.02
Asimmetria	2.65	-0.10	-0.93	-0.22	-0.10	1.54	1.32	2.42	1.78	0.68	3.34	1.69	0.76	1.27	3.30	-0.05	0.75
Intervallo	4.39	21.11	12.95	5.88	3.00	21.40	355.58	37.86	110.52	620.64	81.10	10.07	654.32	181.67	239.64	2.73	2.07
Minimo	6.99	7.05	24.58	4.23	0.50	1.50	5.00	0.50	0.70	121.55	0.70	0.70	4.82	2.50	4.89	3.71	1.43
Massimo	11.38	28.17	37.53	10.11	3.50	22.90	360.58	38.36	111.22	742.19	81.80	10.77	659.13	184.17	244.53	6.44	3.50
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.32	3.04	1.53	0.65	0.37	2.85	46.86	3.49	13.22	73.10	7.08	1.32	88.97	21.02	20.97	0.32	0.20

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

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL. "a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.34	18.07	32.49	7.20	1.98	8.17	112.76	7.51	15.26	401.93	10.60	2.12	207.96	61.05	41.86	4.99	2.26
Errore standard	0.03	1.50	0.88	0.28	0.27	1.85	28.37	1.62	5.46	49.28	1.07	0.37	50.14	14.31	3.95	0.16	0.16
Mediana	8.31	18.72	34.41	6.91	1.75	5.00	43.28	5.48	7.52	330.62	10.50	1.67	149.62	29.66	39.20	4.86	2.21
Moda					1.00	2.50	5.00	0.50	0.70			0.70	11.97				
Deviazione standard	0.13	7.06	4.13	1.33	1.27	8.67	133.08	7.61	25.59	231.14	5.03	1.75	235.16	67.14	18.53	0.77	0.73
Varianza campionaria	0.02	49.81	17.10	1.77	1.61	75.11	17709.33	57.97	654.87	53424.38	25.35	3.07	55301.32	4507.52	343.28	0.59	0.54
Curtosi	-1.31	-1.55	1.75	0.68	1.83	5.57	0.54	1.60	10.83	7.99	-0.61	0.13	1.32	0.61	-0.59	-1.22	0.71
Asimmetria	0.21	-0.09	-1.68	0.47	1.35	2.29	1.19	1.35	3.14	2.45	0.59	1.11	1.34	1.29	0.48	-0.05	0.43
Intervallo	0.42	20.85	14.01	5.93	5.00	35.90	447.23	27.46	112.68	1057.86	16.91	5.46	830.95	226.91	66.14	2.43	3.00
Minimo	8.12	7.37	22.07	4.47	0.50	1.10	5.00	0.50	0.70	186.24	3.58	0.70	5.61	4.47	16.27	3.80	1.07
Massimo	8.54	28.22	36.08	10.40	5.50	37.00	452.23	27.96	113.38	1244.10	20.49	6.16	836.56	231.38	82.42	6.23	4.07
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.13	1.83	0.59	0.56	3.84	59.00	3.38	11.35	102.48	2.23	0.78	104.27	29.77	8.21	0.34	0.32

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL. "a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.41	17.99	32.60	7.84	2.65	8.27	95.95	7.54	10.83	399.94	9.36	2.30	165.95	51.52	48.86	4.73	1.83
Errore standard	0.04	1.47	0.79	0.39	0.30	1.83	23.48	1.51	5.23	52.46	1.23	0.39	40.18	11.85	4.91	0.21	0.14
Mediana	8.45	17.97	33.57	8.03	2.50	4.00	23.74	5.37	3.86	367.54	7.29	1.76	54.33	27.30	40.89	4.79	1.74
Moda	8.45				2.00	4.00	5.00	0.50	0.70	428.77		0.70	16.46				
Deviazione standard	0.18	7.04	3.77	1.89	1.44	8.78	112.60	7.23	25.09	251.59	5.90	1.88	192.67	56.81	23.54	1.03	0.68
Varianza campionaria	0.03	49.63	14.19	3.56	2.08	77.11	12679.54	52.29	629.60	63297.39	34.83	3.53	37123.17	3227.72	553.94	1.06	0.46
Curtosi	0.86	-1.49	-0.63	3.06	-0.37	2.16	-0.73	0.55	20.35	4.85	0.13	5.54	0.20	3.27	1.93	-0.50	-0.41
Asimmetria	0.58	-0.11	-0.79	1.22	0.58	1.73	0.95	1.13	4.41	1.99	1.02	1.96	1.15	1.84	1.30	-0.07	0.29
Intervallo	0.73	21.41	12.96	8.71	5.00	32.60	326.24	24.27	122.22	1132.59	20.58	8.11	612.71	212.10	96.87	3.77	2.50
Minimo	8.16	6.93	24.63	5.02	0.50	0.90	5.00	0.50	0.70	99.38	2.38	0.70	4.50	1.72	20.77	2.84	0.65
Massimo	8.89	28.35	37.59	13.73	5.50	33.50	331.24	24.77	122.92	1231.97	22.96	8.81	617.21	213.82	117.64	6.61	3.15
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	3.05	1.63	0.82	0.62	3.80	48.69	3.13	10.85	108.80	2.55	0.81	83.32	24.57	10.18	0.44	0.29

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.31	18.57	32.99	7.61	1.83	5.26	120.48	9.13	10.94	410.57	11.64	2.83	211.96	64.57	38.27	4.87	2.58
Errore standard	0.03	1.52	0.88	0.41	0.18	1.08	28.47	1.57	2.07	60.78	1.41	0.69	43.93	12.72	3.61	0.17	0.14
Mediana	8.32	20.96	35.11	7.44	1.75	2.90	66.33	8.08	7.85	307.78	9.51	1.68	116.57	52.38	36.63	4.76	2.61
Moda					3.00	18.00	5.00	0.50	0.70	491.54	16.24	0.70	59.56		30.27		1.98
Deviazione standard	0.16	7.15	4.13	1.93	0.85	5.05	133.54	7.37	9.72	285.08	6.60	3.25	206.07	59.66	16.92	0.78	0.67
Varianza campionaria	0.03	51.13	17.08	3.74	0.72	25.47	17832.26	54.31	94.47	81269.78	43.61	10.57	42465.50	3559.55	286.20	0.61	0.45
Curtosi	-0.13	-1.53	0.41	7.51	-1.28	2.05	3.23	-1.02	-1.54	10.86	0.74	4.02	-0.38	2.43	2.65	1.87	-0.62
Asimmetria	0.25	-0.24	-1.19	2.25	0.27	1.68	1.68	0.49	0.36	2.97	1.12	2.00	0.99	1.49	1.44	1.13	-0.54
Intervallo	0.68	21.15	14.39	9.23	2.50	17.20	531.49	23.06	25.77	1329.85	24.95	12.51	625.53	231.29	71.97	3.36	2.33
Minimo	8.00	7.31	22.93	5.33	0.50	0.80	5.00	0.50	0.70	182.28	3.54	0.70	1.00	2.02	15.58	3.74	1.07
Massimo	8.67	28.46	37.33	14.56	3.00	18.00	536.49	23.56	26.47	1512.13	28.50	13.21	626.53	233.31	87.56	7.10	3.40
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.17	1.83	0.86	0.38	2.24	59.21	3.27	4.31	126.40	2.93	1.44	91.37	26.45	7.50	0.35	0.30

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.31	18.36	32.83	7.58	2.18	4.90	86.38	7.69	13.63	343.62	10.20	2.09	167.65	47.81	45.67	4.66	2.52
Errore standard	0.03	1.50	1.14	0.37	0.27	1.17	23.12	1.66	3.42	46.34	1.80	0.42	33.64	9.16	6.37	0.21	0.15
Mediana	8.32	20.95	34.70	7.43	2.00	3.04	36.09	5.45	8.37	278.68	7.81	1.50	155.68	30.79	36.98	4.69	2.58
Moda					1.00	4.30	5.00	0.50	0.70	295.18	0.70	0.70	14.05				
Deviazione standard	0.15	7.06	5.33	1.74	1.29	5.48	108.42	7.80	16.04	217.35	8.44	1.96	157.77	42.99	29.87	1.01	0.70
Varianza campionaria	0.02	49.83	28.45	3.02	1.66	30.07	11755.11	60.78	257.22	47242.31	71.27	3.86	24891.17	1847.73	892.15	1.01	0.49
Curtosi	0.33	-1.56	4.13	4.67	0.29	6.96	3.65	2.07	2.77	3.99	1.66	1.84	0.34	1.53	7.60	0.51	0.40
Asimmetria	0.30	-0.25	-1.91	1.70	0.86	2.42	1.84	1.41	1.73	1.91	1.41	1.62	1.00	1.38	2.48	-0.19	-0.68
Intervallo	0.61	20.17	22.05	8.01	4.50	24.00	425.86	30.12	61.26	914.27	30.44	6.64	533.99	157.53	135.42	4.45	2.83
Minimo	8.06	7.29	15.59	5.32	0.50	0.30	5.00	0.50	0.70	124.32	0.70	0.70	14.05	9.58	17.66	2.31	0.75
Massimo	8.67	27.46	37.64	13.33	5.00	24.30	430.86	30.62	61.96	1038.59	31.14	7.34	548.04	167.11	153.08	6.76	3.58
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.13	2.36	0.77	0.57	2.43	48.07	3.46	7.11	96.37	3.74	0.87	69.95	19.06	13.24	0.45	0.31

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

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.36	18.67	32.95	7.30	3.34	4.57	90.32	6.74	5.96	369.43	9.04	1.94	155.51	50.30	48.57	4.38	1.99
Errore standard	0.03	1.52	0.92	0.26	0.44	1.00	24.81	1.36	1.24	59.98	1.28	0.44	38.68	10.92	6.42	0.17	0.13
Mediana	8.38	21.09	34.10	7.09	3.00	2.75	28.30	6.01	4.03	266.14	6.93	1.14	54.51	29.76	38.01	4.41	1.96
Moda				7.80	2.50		5.00	0.50	0.70	407.09	11.11	0.70	9.94		36.63		
Deviazione standard	0.14	7.11	4.30	1.20	2.06	4.69	116.36	6.38	5.81	281.32	6.02	2.05	181.41	51.23	30.10	0.81	0.63
Varianza campionaria	0.02	50.53	18.46	1.43	4.22	21.98	13539.23	40.71	33.78	79138.73	36.22	4.20	32909.71	2624.02	906.20	0.66	0.39
Curtosi	1.11	-1.63	0.42	-0.67	-0.25	2.67	2.03	0.24	-0.23	8.58	1.04	9.04	0.36	1.49	8.88	-1.04	-0.36
Asimmetria	0.56	-0.24	-1.22	0.03	0.74	1.78	1.58	0.91	0.91	2.73	1.11	2.74	1.24	1.41	2.57	0.01	0.33
Intervallo	0.62	20.39	13.95	4.20	7.50	16.80	420.97	21.83	17.80	1282.96	23.77	8.87	589.79	175.59	148.31	2.59	2.24
Minimo	8.12	7.98	23.53	5.26	0.50	0.20	5.00	0.50	0.70	115.74	0.70	0.70	3.16	2.06	11.88	3.09	0.87
Massimo	8.74	28.37	37.48	9.46	8.00	17.00	425.97	22.33	18.50	1398.70	24.47	9.57	592.94	177.65	160.19	5.68	3.11
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.15	1.90	0.53	0.91	2.08	51.59	2.83	2.58	124.73	2.67	0.91	80.43	22.71	13.35	0.36	0.28

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	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	8.33	18.46	33.15	7.60	3.11	4.70	78.76	6.90	7.71	359.00	10.82	1.67	136.73	46.48	47.17	4.47	2.07
Errore standard	0.03	1.50	0.93	0.40	0.44	0.97	20.87	1.37	2.20	56.41	2.10	0.36	31.39	9.46	5.90	0.22	0.14
Mediana	8.35	21.31	34.38	7.06	2.50	2.80	26.25	4.87	1.93	272.28	7.18	0.70	59.94	28.78	41.51	4.32	2.05
Moda	8.24				1.00	2.40	5.00	0.50	0.70	408.19	0.70	0.70	6.96	8.86	37.82		
Deviazione standard	0.14	7.05	4.36	1.88	2.07	4.56	97.91	6.42	10.30	264.59	9.85	1.67	147.26	44.37	27.66	1.05	0.66
Varianza campionaria	0.02	49.70	19.03	3.54	4.28	20.77	9586.29	41.23	106.03	70005.51	97.02	2.80	21684.15	1968.89	765.09	1.10	0.44
Curtosi	-1.18	-1.51	1.24	7.94	2.95	2.25	1.67	-0.39	0.72	3.92	1.32	5.14	-0.46	0.96	1.54	0.18	-0.59
Asimmetria	-0.15	-0.29	-1.43	2.35	1.35	1.66	1.42	0.84	1.46	1.86	1.36	2.25	0.91	1.23	1.29	0.31	0.25
Intervallo	0.44	20.87	15.00	8.84	9.00	16.50	356.82	20.31	30.90	1084.03	35.51	6.38	457.28	146.87	110.91	4.44	2.49
Minimo	8.10	7.04	22.66	5.60	0.50	0.30	5.00	0.50	0.70	116.81	0.70	0.70	2.26	5.82	5.39	2.46	0.98
Massimo	8.54	27.91	37.65	14.44	9.50	16.80	361.82	20.81	31.60	1200.84	36.21	7.08	459.54	152.69	116.30	6.90	3.47
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.13	1.93	0.83	0.92	2.02	43.41	2.85	4.57	117.31	4.37	0.74	65.29	19.67	12.26	0.46	0.29

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

Stazione 13 Zadina 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	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	8.28	17.82	32.50	7.58	1.63	6.83	170.57	10.05	32.19	466.06	14.25	2.63	265.99	78.19	38.02	5.09	2.65
Errore standard	0.04	1.52	0.83	0.32	0.19	1.28	55.68	2.02	7.96	76.28	2.69	0.79	63.72	14.86	3.71	0.17	0.17
Mediana	8.25	18.72	33.46	7.80	1.50	4.65	40.14	7.11	17.44	361.80	11.03	0.70	177.33	60.09	34.58	5.15	2.59
Moda					1.50	1.90		3.16				0.70	23.28				2.45
Deviazione standard	0.18	7.11	3.88	1.52	0.91	6.01	261.16	9.48	37.33	357.77	12.62	3.70	298.87	69.69	17.41	0.79	0.78
Varianza campionaria	0.03	50.57	15.07	2.31	0.83	36.14	68204.06	89.79	1393.78	127996.35	159.30	13.70	89323.34	4856.08	303.10	0.62	0.62
Curtosi	-1.11	-1.44	1.93	-0.91	-0.96	1.24	7.63	3.68	7.48	8.26	12.37	10.20	4.61	1.68	-0.66	1.24	3.18
Asimmetria	0.05	-0.07	-1.32	0.17	0.32	1.47	2.57	1.93	2.44	2.75	3.27	3.02	1.95	1.44	0.39	-0.39	1.34
Intervallo	0.61	21.23	16.18	5.36	3.00	20.60	1103.55	38.09	164.51	1606.54	59.82	15.98	1246.06	250.56	63.51	3.75	3.56
Minimo	7.96	6.85	21.25	5.19	0.20	1.40	5.00	1.39	1.99	147.73	4.42	0.70	3.61	10.26	11.73	3.05	1.45
Massimo	8.58	28.08	37.43	10.55	3.20	22.00	1108.55	39.48	166.50	1754.26	64.24	16.68	1249.66	260.83	75.23	6.81	5.02
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.15	1.72	0.67	0.40	2.67	115.79	4.20	16.55	158.62	5.60	1.64	132.51	30.90	7.72	0.35	0.35

Stazione 308 Marina di Ravenna 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2023																	
	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	8.33	18.27	32.18	7.29	1.85	7.21	112.56	7.71	9.17	415.59	13.64	2.39	213.11	51.49	36.88	4.94	2.42
Errore standard	0.03	1.51	0.80	0.26	0.23	1.28	28.90	1.64	2.68	35.41	1.39	0.37	51.26	12.07	4.75	0.17	0.20
Mediana	8.32	18.82	33.58	7.09	1.50	5.25	39.74	6.99	4.33	403.46	11.60	2.10	110.32	25.13	27.37	4.95	2.12
Moda	8.32				1.50	2.60	5.00	0.50	0.70			0.70	25.63				1.98
Deviazione standard	0.15	7.08	3.75	1.20	1.10	5.99	135.57	7.69	12.55	166.09	6.51	1.75	240.41	56.63	22.29	0.78	0.92
Varianza campionaria	0.02	50.17	14.07	1.45	1.21	35.94	18379.09	59.10	157.52	27584.82	42.36	3.05	57796.16	3206.47	496.69	0.61	0.85
Curtosi	0.07	-1.49	0.61	0.84	0.47	0.80	1.68	0.87	6.84	2.19	-0.15	-0.03	0.13	0.60	0.11	-1.29	3.95
Asimmetria	0.55	-0.04	-1.20	-0.27	0.86	1.35	1.38	1.17	2.48	1.11	0.74	0.87	1.17	1.26	1.13	-0.15	1.72
Intervallo	0.61	21.12	13.75	5.11	4.30	19.30	493.68	25.33	52.58	724.70	22.79	5.76	758.15	189.55	72.90	2.39	4.05
Minimo	8.09	7.32	22.76	4.22	0.20	1.70	5.00	0.50	0.70	178.42	5.01	0.70	9.18	4.81	15.73	3.63	1.31
Massimo	8.69	28.45	36.51	9.33	4.50	21.00	498.68	25.83	53.28	903.12	27.80	6.46	767.33	194.36	88.63	6.01	5.36
Conteggio	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.14	1.66	0.53	0.49	2.66	60.11	3.41	5.56	73.64	2.89	0.77	106.59	25.11	9.88	0.35	0.41

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	2023					
	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)	<0.010	0.017	<0.010	<0.010	<0.010	0.011
Azoxistrobin	0.020	0.038	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
Clorantraniliprololo (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	<0.010	<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

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

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

Parametri/ Stazioni	SQA- MA ($\mu\text{g/L}$)	2023					
		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		<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Cadmio e composti	0.2	<0.06	<0.06	0.08	<0.06	<0.06	<0.06
Tetracloruro 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 ciclodiene (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	0.5	0.4	1.2	0.5	1.0	0.8
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	<2	2.1	<2	<2	<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
Pentaclorobenzene	0.0007	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pentaclorofenolo	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
Tetracloroetilene	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. 1VA D.Lgs. 172/15)

Parametri/Stazioni	SQA-CMA ($\mu\text{g/L}$)	2023					
		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	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	0.00005	<0.00004
Cadmio e composti	1.5	0.09	<0.06	0.43	0.10	0.12	<0.06
Tetracloruro 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 Etile	0.1	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Antiparassitari ciclodiene (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)		0.3	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	0.3
Diuron	1.8	<0.010	0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Endosulfan (somma)	0.004	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
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	2.0	2.3	9.0	2.4	7.4	6.8
Mercurio e composti	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	130	<0.005	0.021	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nichel	34	4	4	2	3	2	4
4-nonil-fenolo	2	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Octil-fenolo*		0.008	0.007	0.006	0.006	0.007	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
Tetracloroetilene*		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetilene*		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno	0.0015	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<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-MA 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	Corpo idrico	SQA biota corretti per il valore di LT ** ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	2023	
			CD1	CD2
			26/09/2023	12/09/2023
			<i>Mullus barbatus</i>	<i>Mullus barbatus</i>
			73.5	65.3
			7.1	15.4
Difenileteri bromurati ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	0.0050	0.0523	0.0163	
DDT totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	50 (pesci <5% di grassi) 100 (pesci >5% di grassi)	2.2	2.0	
Esaclorobenzene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	3.7	<1.5	<1.5	
Esaclorobutadiene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	55	n.e.	<16	
Mercurio e composti ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	9.1	n.e.	44	
Dicofol ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	33	<1.5	<1.5	
Diossine e composti diossina- simili ($\mu\text{gTEQ}/\text{kg}$ p.u.)*	0.0065 TEQ	0.0014	0.0011	
Data di campionamento		22/03/2023	09/05/2023- 24/05/2023	
Specie selezionata		<i>Mytilus</i> spp. <i>Ruditapes</i> spp.	<i>Mytilus</i> spp.	
Fluorantene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	30	3.21 (MAR) 1.86 (COST1)	1.55 (M4) 1.66 (P3)	
Benzo(a)pirene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	5	<0.01 (MAR) 0.08 (COST1)	<0.01 (M4) <0.01 (P3)	

n.e. analisi non eseguita

* 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	2023	
		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	0.11
Mercurio	0.3	<0.10	<0.10
Piombo	30	12.7	11.3
Organometalli (µg/kg s.s.)			
Tributilstagno	5	1.9	1.5
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	0.2	<0.10	<0.10
lindano	0.2	<0.10	<0.10
Somma DDT	1	0.15	0.26
Somma DDD	0.8	0.24	0.52
Somma DDE	1.8	0.74	0.45
Dieldrin	0.2	<0.10	<0.10

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

Parametri/ Stazioni	2023							
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica				
	302	304	306	308	309	314	317	319
Metalli (mg/kg s.s.)								
Cadmio	0.16	<0.10	<0.10	<0.10	0.16	0.10	0.14	0.11
Mercurio	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Piombo	14.5	11.4	12.2	9.0	12.5	9.3	13.3	12.6
Organometalli (µg/kg s.s.)								
Tributilstagno	1.3	2.2	2.0	1.2	1.5	2.4	1.0	1.7
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)								
Antracene	3.4	<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	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
lindano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Somma DDT	0.34	<0.10	<0.10	<0.10	0.47	<0.10	0.11	0.61
Somma DDD	0.45	0.10	0.16	0.47	0.65	0.26	0.57	0.64
Somma DDE	1.80	0.15	0.26	0.49	0.57	0.20	0.56	0.46
Dieldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10

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

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941

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