



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2022





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 2022

SOMMARIO

1	QUADRO NORMATIVO.....	4
2	QUADRO CONOSCITIVO	7
2.1	Il mare Adriatico: caratteristiche generali	7
2.2	La fascia costiera emiliano romagnola	9
2.2.1	Le pressioni.....	9
2.2.2	La qualità delle acque marino costiere	10
2.2.3	La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea	10
2.3	I corpi idrici.....	13
3	METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	16
3.1	Metodi di campionamento	16
3.1.1	Prelievo acqua	16
3.1.1.a	Prelievo campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton.....	16
3.1.1.b	Prelievo campioni determinazione dei sali nutritivi	16
3.1.1.c	Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	16
3.1.2	Prelievo sedimento.....	17
3.1.2.a	Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	17
3.1.2.b	Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche.....	17
3.1.3	Prelievo biota	18
3.1.3.a	Prelievo per indagini chimiche	18
3.1.4	Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua.....	19
3.2	Metodi analitici	20
3.2.1	Matrice acqua	20
3.2.1.a	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	20
3.2.1.b	Determinazione dei sali nutritivi	21
3.2.1.c	Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton.....	22
3.2.2	Matrice sedimento.....	22
3.2.2.a	Indagini chimico/fisiche	22
3.2.2.b	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	22
3.2.2.c	Indagini ecotossicologiche	24
3.2.2.d	Analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	24
3.2.3	Matrice biota.....	25
3.2.3.a	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	25
3.2.4	Indagini meteo-marine.....	26
4	LO STATO TROFICO	27
4.1	Rete di monitoraggio	27
4.1.1	Parametri e frequenza di campionamento.....	30
4.2	Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano romagnolo	32
4.3	Elaborazione bollettino	39
4.3.1	Parametri idrologici	41
4.3.1.a	Temperatura	41
4.3.1.b	Salinità.....	47
4.3.1.c	Ossigeno disciolto.....	52
4.3.1.d	Clorofilla a	55
4.3.2	Elementi nutritivi	58
4.3.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃).....	58
4.3.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	62
4.3.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃).....	66
4.3.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN)	69
4.3.2.e	Azoto totale (N tot).....	71

4.3.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄)	74
4.3.2.g	Fosforo totale (P tot).....	78
4.3.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	82
4.3.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile)	85
4.4	Definizione dello Stato Trofico	87
4.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	87
4.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	91
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	94
5.1	Rete di monitoraggio	95
5.2	Analisi dei risultati.....	99
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB).....	99
5.2.1.a	Fitoplancton	99
5.2.1.b	Macrozoobenthos	117
5.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB.....	131
5.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica	131
5.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti	133
	Granulometria.....	133
	Carbonio Organico Totale	135
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità	136
5.2.4	Inquinanti appartenenti all'elenco di priorità	137
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua	138
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel biota	138
5.2.4.c	Sostanze ricercate nel sedimento	139
5.2.5	Test ecotossicologici.....	144
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	145
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	147
7.1	MEDUSE	147
7.2	AVVISTAMENTI DI <i>MNEMIOPSIS LEIDYI</i>.....	148
7.3	FIORITURE DI <i>FIBROCAPSA JAPONICA</i>.....	149

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

Indagini ecotossicologiche:

Paola Martini

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori multisito di Ravenna e Ferrara

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Silvia Pigozzi
Elena Riccardi

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.

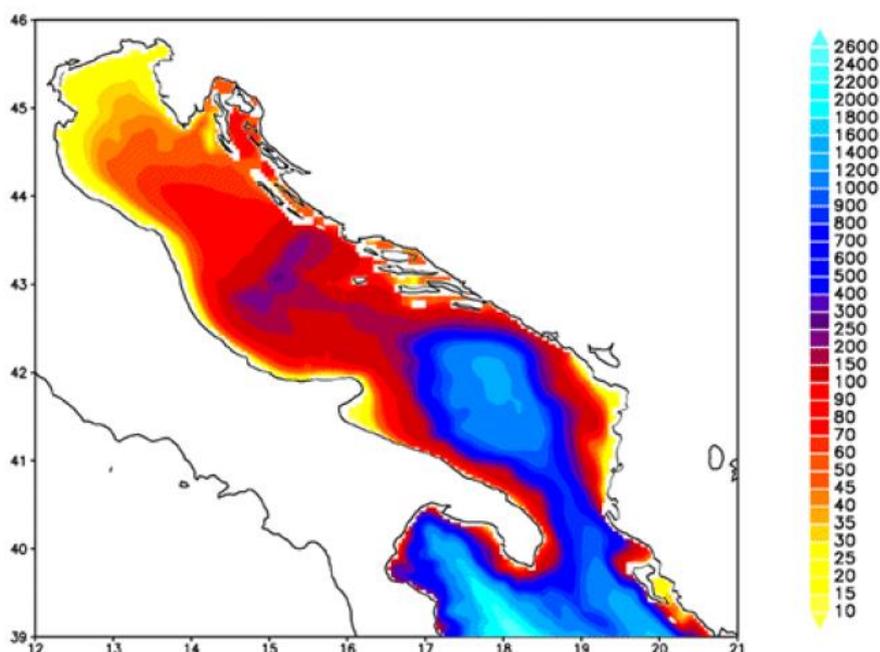


Figura 1 – Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

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 una 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).

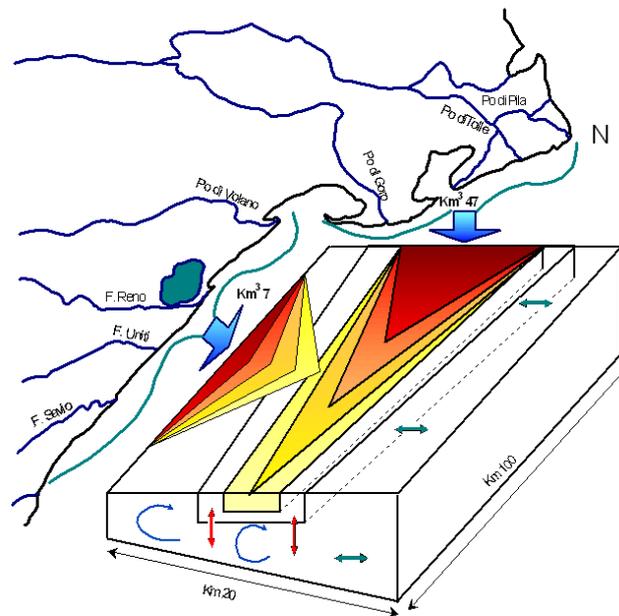


Figura 2 – Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

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.

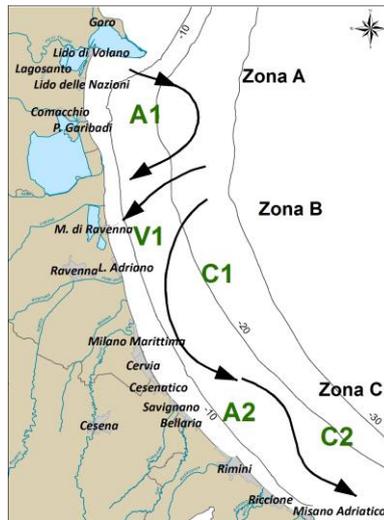


Figura 3 – Schema della circolazione climatologica dell’Emilia-Romagna alla superficie

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).

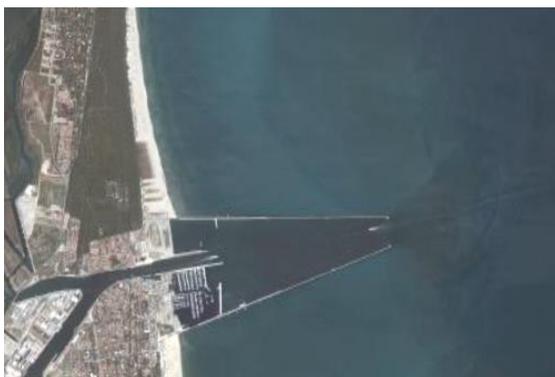


Figura 4 – Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

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 meteo-marine stabili, ponendo l'attenzione ad arrecare il minore disturbo possibile alla matrice da campionare.

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

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

3.1.3 Prelievo biota

3.1.3.a Prelievo per indagini chimiche

Per le analisi da effettuare sul biota (pesce) ai sensi del D.Lgs 172/15 sono state individuate in modo convenzionale due stazioni, una per ogni corpo idrico marino costiero (Tabella 4 e Figura 90). 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 116).

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 "Sea Point" 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 (Fulgore 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)	
Diuron	
Isoproturon	- APAT IRSA CNR 5060
Chinossifen	
Aclonifen	
Cibutrina	
Terbutrina	
Dimetoato	
Terbutilazina e desetil-terbutilazina	
Azoxistrobin	
Boscalid	
Carbendazim	
Clorantranilipolo (DPX E – 2Y45)	
Cloridazon	
Dimetomorf	
Fluopicolide	
Fludioxonil	
Imidacloprid	
Metalaxil	
Metamitron	
Metolaclor	
Oxadiazon	
Pirimicarb	
Procloraz	
Propizamide	
Tebuconazolo	
Tiametoxam	

Parametro	Metodo analitico
Solventi organici	
Benzene	- EPA 5030C/2003 + EPA 8260D/2006 - Purge and trap e GC/MS
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	- UNI EN 18857-1:2006
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)	- UNI EN 16694:2015
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	- APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: Metodo 3200 A1
Cadmio	- Metodo 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 - 09e1 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves. - ISO 3310-1:2000 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.
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	

Sostanza	Metodo analitico
DDE	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
Policiclici Aromatici	
Naftalene	
Acenaftilene	
Acenaftene	
Fluorene	
Fenantrene	
Antracene	
Fluorantene	
Pirene	
Benzo(a)antracene	
Crisene	
Benzo(b)+(j)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(a)pirene	
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	
Dibenzo(ac)+(ah)antracene	
Benzo(ghi)perilene	
Diossine e Furani	
2.3.7.8-T4CDD	
1.2.3.7.8-P5CDD	
1.2.3.4.7.8-H6CDD	
1.2.3.6.7.8-H6CDD	
1.2.3.7.8.9-H6CDD	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDD	
O8CDD	
2.3.7.8-T4CDF	
1.2.3.7.8-P5CDF	
2.3.4.7.8-P5CDF	
1.2.3.4.7.8-H6CDF	
1.2.3.6.7.8-H6CDF	
2.3.4.6.7.8-H6CDF	
1.2.3.7.8.9-H6CDF	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDF	
1.2.3.4.7.8.9-H7CDF	
O8CDF	
PCB	
T3CB- 31+28	
T4CB-52	
P5CB-101	
T4CB-81	
T4CB-77	
P5CB-123	
P5CB-118	
P5CB-114	
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 Indagini ecotossicologiche

Specie	Matrice testata	Stadio vitale	Esposiz..	End-Point	Espressione dato
<i>Vibrio fischeri</i>	elutriato	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	sedimento privo di acqua interstiziale	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)

Determinazione	Metodo analitico
Saggio ecotossicologico con batteri bioluminescenti- <i>Vibrio fischeri</i>	<p>Determinazione della tossicità acuta end point - inibizione della bioluminescenza</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodi analitici per le acque, - APAT – CNR - IRSA, 29/2003 Vol. 3° pp 1003-1012 - ISO/CD 11348-3 "Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of <i>Vibrio fischeri</i> (Luminescent bacteria test) -- Part 3: Method using freeze-dried bacteria - Azur Environmental, 1995¹ modificato secondo Onorati e Mecozzi, 2004² <p>¹ Azur Environmental, 1995. Microtox® Acute Toxicity Solid-Phase Test, 20 pp ² ONORATI F., MECOZZI M., 2004. Effects of two diluents in the Microtox® toxicity bioassay with marine sediments. Chemosphere, 54: 679 – 687</p>

3.2.2.d 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		
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)	- EPA 1633 2022	
Solventi organici		
Esaclorobutadiene	- EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	
Difenileteri Polibromurati (PBDE)		
Difeniletere bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- Metodo interno (Estrazione ASE, purificazione con attacco acido+power prep e determinazione in GC/MS/MS)	
Policiclici Aromatici		
Fluorantene	- Metodologie analitiche di riferimento, Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, BIOACCUMULO IN BIVALVI, Scheda 5	
Benzo(a)pirene		
Diossine e Furani		
2.3.7.8-T4CDD	- Metodo EPA 1613B 1994 (HRGC+HRMS)	
1.2.3.7.8-P5CDD		
1.2.3.4.7.8-H6CDD		
1.2.3.6.7.8-H6CDD		
1.2.3.7.8.9-H6CDD		
1.2.3.4.6.7.8-H7CDD		
O8CDD		
2.3.7.8-T4CDF		
1.2.3.7.8-P5CDF		
2.3.4.7.8-P5CDF		
1.2.3.4.7.8-H6CDF		
1.2.3.6.7.8-H6CDF		
2.3.4.6.7.8-H6CDF		
1.2.3.7.8.9-H6CDF		
1.2.3.4.6.7.8-H7CDF		
1.2.3.4.7.8.9-H7CDF		
O8CDF		
PCB		
T4CB-81		- Metodo interno (Estrazione ASE, purificazione con attacco acido+power prep e determinazione in HRMS)
T4CB-77		
P5CB-123		
P5CB-118		

Sostanza	Metodo analitico
P5CB-114	
P5CB-105	
P5CB-126	
H6CB-128+167	
H6CB-156	
H6CB-157	
H6CB-169	
H7CB-189	

3.2.4 Indagini meteo-marine

Determinazione	Strumentazione - Località
Precipitazioni atmosferiche	Stazione meteorologica Cesenatico-Pluviografo (SIAP)
Altezza dell'onda	Boa ondometrica Mod. Datawel MKIII (coordinate WGS84 12.3669°E 44.5101°N) gestita da Arpaè-SIMC
Portate fiume Po	Fornite dal Servizio IdroMeteoclima di Arpaè

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 2022 è stato un anno molto particolare caratterizzato a livello regionale sia da forti anomalie termiche esterne che da una forte siccità correlata a basse precipitazioni, addirittura assenti in certi periodi.

Temperature esterne sopra la media climatica sia in estate che durante l'anno, come ad esempio quelle misurate a febbraio, hanno influenzato l'andamento e il comportamento delle temperature delle acque marine non solo in superficie ma anche lungo tutta la colonna d'acqua. Si è osservato un mantenimento di valori termici in media intorno ai 7°C nei mesi generalmente più freddi come a gennaio e febbraio e di 13.3°C lungo tutta la costa a inizio dicembre, con picchi di 15.67°C (stazione 2 localizzata nell'area più a nord davanti a Lido di Volano). Le temperature in mare sono state elevate durante i mesi più caldi anche in profondità lungo la colonna d'acqua e non solo alle quote superficiali. Queste condizioni inoltre hanno portato a poche stratificazioni termiche e più contenute rispetto a quelle riscontrate negli anni passati, non solo nella stagione estiva ma anche in quella primaverile e autunnale.

L'ambiente marino ha risentito anche delle scarse precipitazioni sia a livello regionale che a livello nazionale perché hanno ridotto notevolmente le portate dei fiumi costieri e del Po in particolare, da sempre correlate alla qualità ambientale dell'ecosistema.

La media di precipitazioni registrate nella stazione di Cesenatico (Figura 7) ha stimato un valore pari a 556.8 mm di pioggia caduta che, anche se più elevata rispetto a quella misurata nel 2021, conferma una tendenza negativa come quella a livello regionale, che ha portato il 2022 essere l'anno più siccitoso dal 1961 (Rapporto Idrometeoclima 2022). Eventi meteorologici caratterizzati da piogge intense si sono manifestati in particolare ad aprile, settembre e novembre ma come accade ultimamente, concentrati in pochi giorni e alternati a lunghi periodi di completa assenza. La stazione pluviometrica di Cesenatico nel mese di ottobre non ha registrato una giornata di pioggia, mentre, come accaduto anche nel 2021, novembre è stato il mese più piovoso con il massimo di 26.45 mm di pioggia caduta il giorno 19.

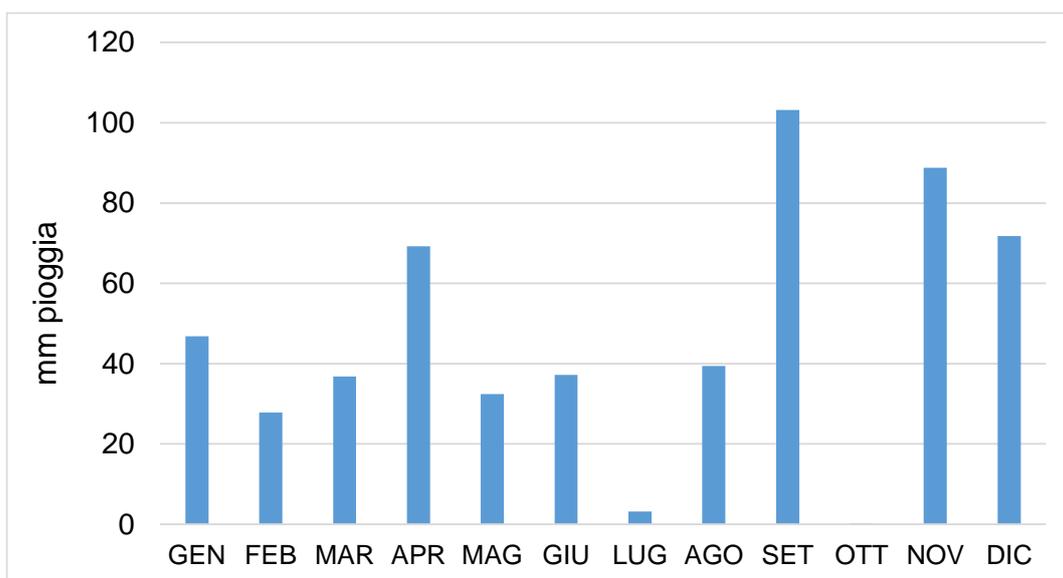


Figura 7 - Andamento mensile delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico localizzata presso la Struttura Oceanografica Daphne 2022

Da sempre l'ecosistema marino dell'Emilia Romagna è sottoposto all'influenza diretta delle precipitazioni correlate agli apporti di acque dolci dai bacini costieri e in particolare da quello padano, soprattutto nelle aree più costiere e in quella settentrionale. Questo perché l'apporto di acqua dolce immessa direttamente in mare modifica la salinità delle acque marine e influisce sulle concentrazioni di elementi quali fosforo e azoto, veicolati proprio dalle acque fluviali, che influenzano a loro volta la produttività dell'ecosistema e quindi la qualità ambientale.

Il deflusso annuo sia dal bacino padano che dai bacini costieri regionali è stato molto basso anche durante mesi climatologicamente piovosi, come marzo ottobre e novembre e questo ha contribuito a registrare condizioni ambientali di salinità medio alte in superficie nella maggior parte dei controlli effettuati, specialmente nelle aree più settentrionali. Il minor apporto di acque dolci ha contribuito inoltre ad una diminuzione delle immissioni di nutrienti quali azoto e fosforo che hanno limitato lo sviluppo di fenomeni eutrofici lungo tutta la costa.

Tutto questo ha contribuito, nel 2022, a mantenere buona la qualità ambientale dell'ecosistema costiero davanti all'Emilia Romagna con valori degli indici trofici che si sono mantenuti per la maggior parte dei controlli, nella norma limitando in numero e l'estensione di fioriture microalgali. Queste in alcuni periodi hanno contribuito a tenere alta la produttività dell'ecosistema ma senza causare effetti negativi. Durante il 2022 infatti si sono riscontrate poche situazioni di carenza di ossigeno sul fondo tendenti all'ipossia/anossia, limitate ad alcune aree solamente e di breve durata temporale che non hanno destabilizzato le comunità di biocenosi legate al fondale marino.

Durante il primo monitoraggio del 2022 si è rilevata una condizione di eutrofizzazione lungo tutta la costa che ne ha caratterizzato la qualità ambientale, con valori elevati di clorofilla *a* per la presenza di fioriture di Diatomee appartenenti prevalentemente ai generi *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp. (Figura 8).

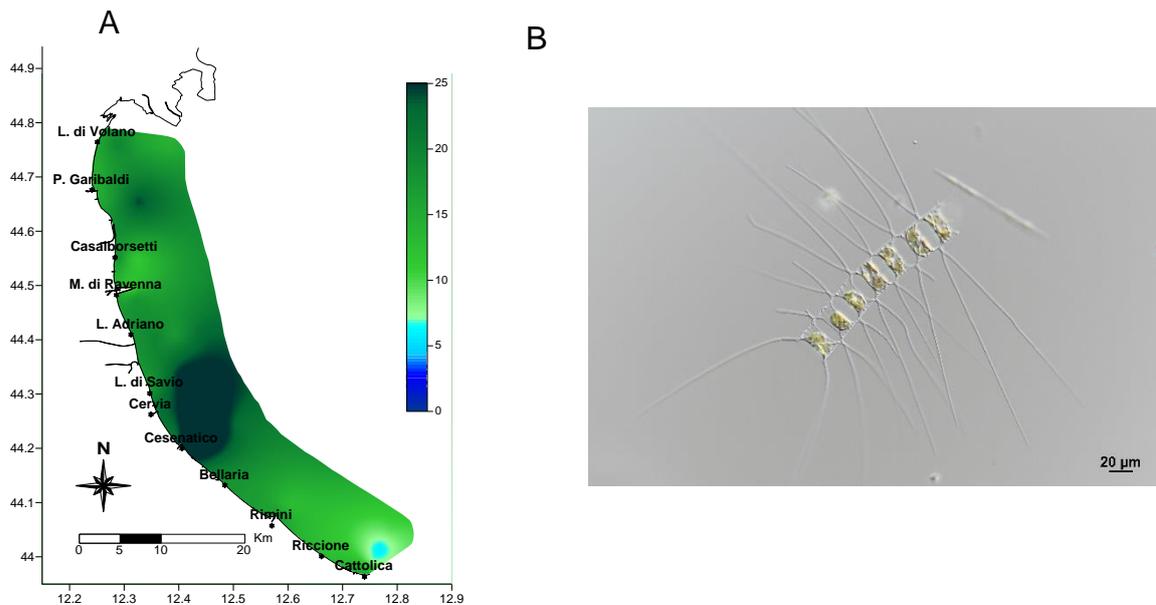


Figura 8 – A) Mappa di distribuzione della clorofilla *a* durante il controlli del 3-4 gennaio 2022; B) *Skeletonema* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne

Le piogge cadute a dicembre 2021 hanno portato ad un aumento delle portate dai fiumi e quindi un'introduzione in ambiente marino di elementi nutritivi quali azoto e fosforo che hanno alimentato e sostenuto la componente microalgale marina determinandone un veloce sviluppo e un'intensa proliferazione.

Questa situazione si è risolta velocemente in concomitanza ad eventi di vento e mare mosso che, come accade spesso, aumentando l'idrodinamismo delle masse d'acqua ne innescano forti rimescolamenti lungo tutta la colonna apportando un miglioramento della qualità ambientale.

Durante la stagione primaverile si osserva il perdurare di una buona condizione ambientale con valori bassi degli indici trofici, salinità delle acque marine superficie medio alta e concentrazioni dell'ossigeno disciolto nella norma in tutta la costa e lungo la colonna d'acqua anche livello del fondale (Figura 9).

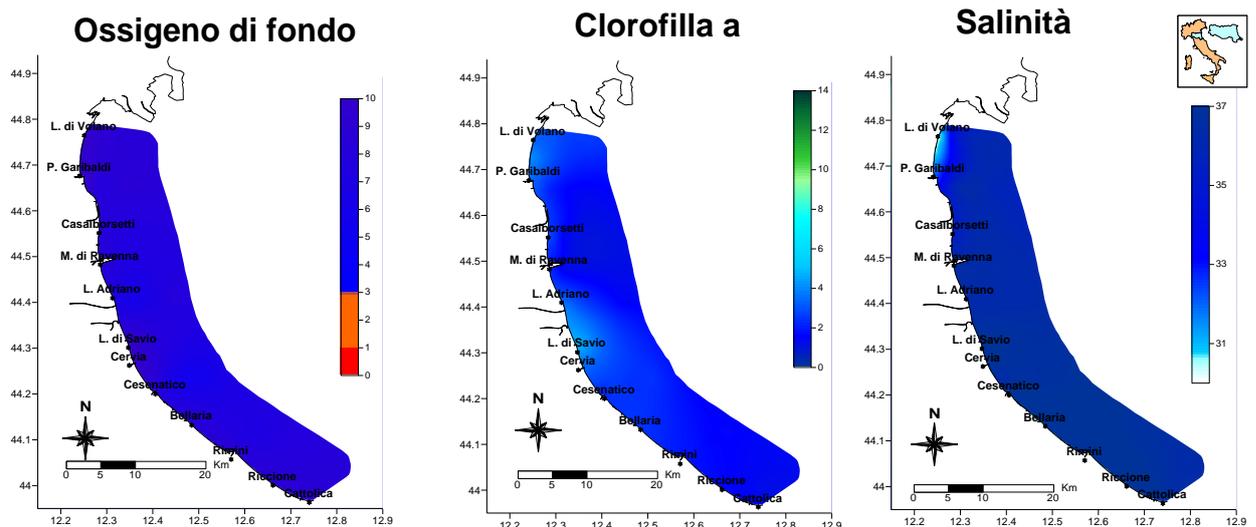


Figura 9 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno sul fondo (mg/l), clorofilla a ($\mu\text{g/l}$) e salinità (psu) durante i controlli del 4-5 aprile 2022

A partire da metà maggio si è osservato un aumento progressivo delle temperature delle acque superficiali, che si sono mantenute elevate fino ad agosto in concomitanza a giornate esterne estremamente calde e diverse notti tropicali durante le quali le temperature esterne non sono mai scese sotto i 20°C .

A partire dal mese di giugno è stata segnalata la presenza di numerose meduse appartenenti alla specie *Rhizostoma pulmo* in diverse località lungo la costa, presenza che è rimasta per gran parte dell'estate (Figura 10).

A luglio ha fatto la sua comparsa anche la *Cothyloriza tuberculata*, altra medusa caratteristica dei nostri mari, che raggiunge tutti gli anni le abbondanze più elevate nei mesi di luglio e agosto. Oltre alle meduse a partire dal mese di giugno si è osservata la presenza di altri organismi gelatinosi appartenenti al gruppo degli Ctenofori in particolare alla specie *Mnemiopsis leidyi*.



Figura 10 – *Rhizostoma pulmo* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Oltre agli Ctenofori tra maggio e luglio, lungo la costa dell'Emilia Romagna prevalentemente nelle aree al largo, si è segnalata la presenza di altri organismi dal corpo allungato e dalla consistenza gelatinosa appartenenti gruppo dei Tunicati rappresentati dalla specie *Salpa fusiformis* (Figura 11).

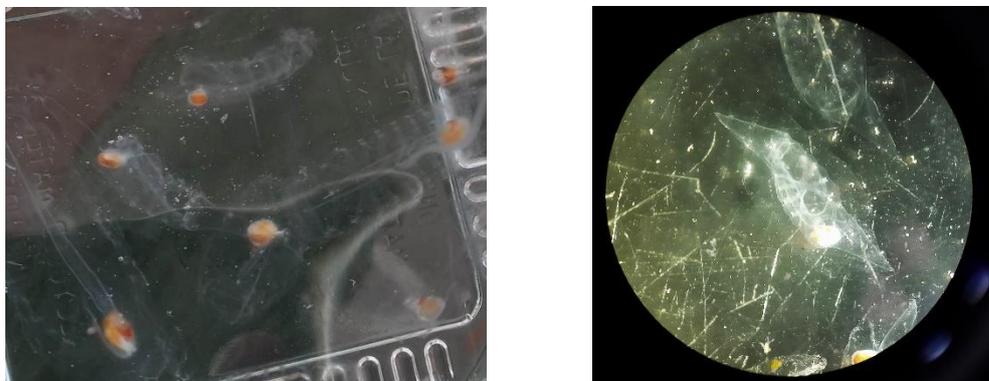


Figura 11 – *Salpa fusiformis* (Archivio fotografico della Daphne)

I mesi di giugno e luglio si sono caratterizzati da condizioni particolari di stasi meteo marina, temperature elevate in superficie e lungo la colonna d'acqua contemporaneamente a trasparenze elevate, confermando una buona condizione ambientale dell'ecosistema sia nell'area più settentrionale che in quella centro meridionale.

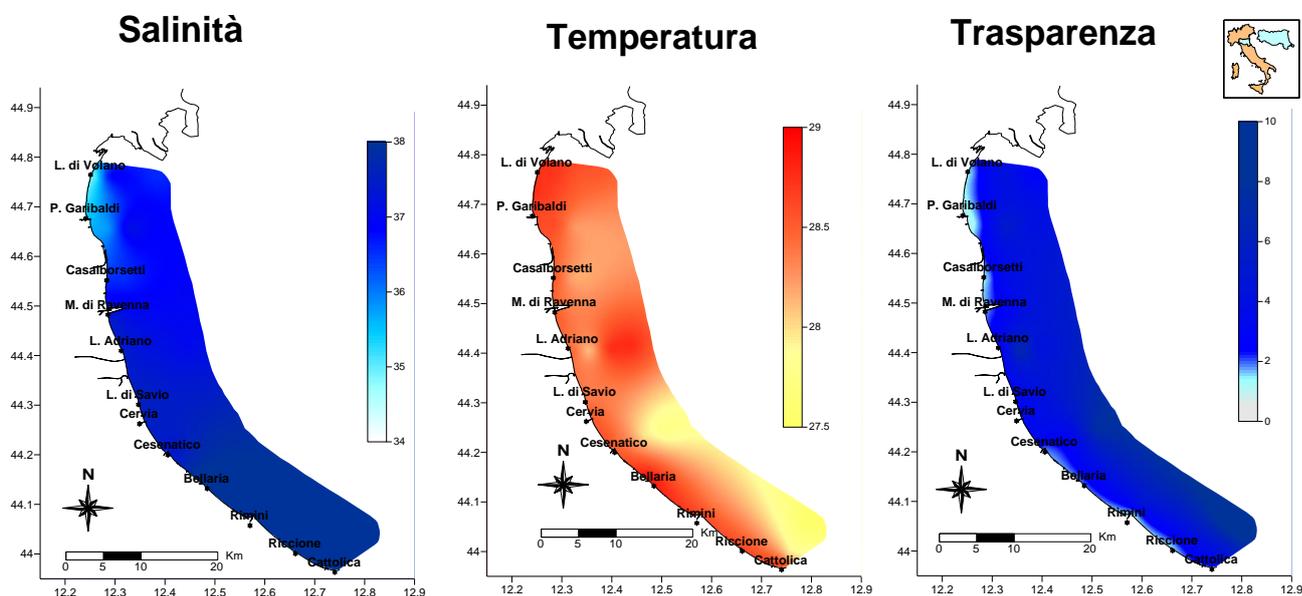


Figura 12 – Mappe di distribuzione della salinità (psu), temperatura (°C) e trasparenza (m) durante i controlli del 28-29 luglio 2022

Nel mese di agosto si è osservata lungo la costa una condizione di maggior trofia in un'area limitata localizzata nella zona più settentrionale, nelle stazioni più vicine alla

riva. I controlli al microscopio eseguiti in laboratorio, hanno rilevato la presenza di una maggior abbondanza della comunità fitoplanctonica appartenente in particolare al gruppo delle Diatomee, rappresentate dai generi *Chaetoceros* spp. e *Cylindrotheca* sp. e a Dinoflagellati rappresentati dal genere *Scropsiella* spp. Durante i controlli dei 22-23 agosto si è rilevata in quella zona una salinità in superficie inferiore ai 30 psu confermando un apporto di acqua dolce che ha alimentato e sostenuto la componente microalgale (Figura 13).

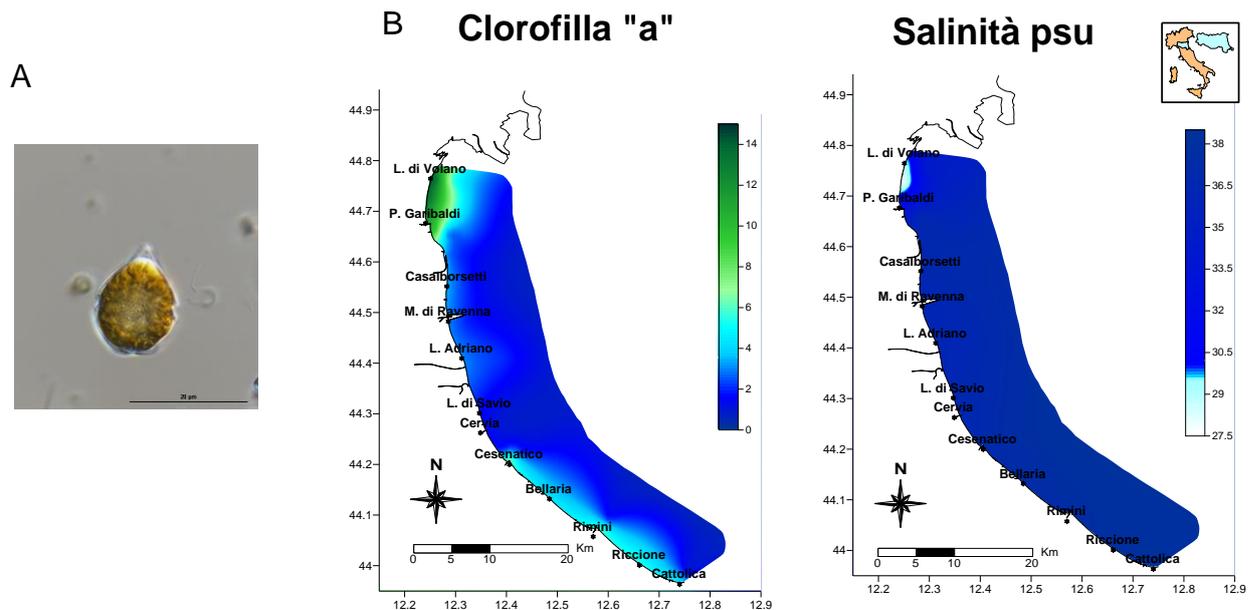


Figura 13 - A) *Scropsiella* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne; B) Mappe di distribuzione della clorofilla a ($\mu\text{g/l}$) e della salinità (psu) durante i controlli del 22-23 agosto 2022

Nel corso del 2022 sono stati pochi i momenti durante i quali si sono registrate concentrazioni basse di ossigeno disciolto lungo la colonna e in particolare a livello del fondale. Questi si sono verificati in particolare nell'area più settentrionale della costa con valori al di sotto di $1 \mu\text{g/l}$ che hanno portato a livello del fondale una condizione tendente all'ipossia/anossia.

Durante il monitoraggio del 12-14 settembre si sono misurate le concentrazioni più basse di ossigeno a livello del fondale, queste situazioni sono rimaste comunque molto circoscritte a livello spaziale e si sono risolte in breve tempo non causando eventi distrofici negli organismi bentonici che popolano i primi centimetri del fondale marino.

Nell'ultimo monitoraggio di settembre si è rilevato un aumento delle concentrazioni di clorofilla a in particolare nell'area più settentrionale della costa e davanti a Cervia che hanno raggiunto picchi di $14 \mu\text{g/l}$ (Figura 14).

I campioni prelevati hanno rilevato la presenza di concentrazioni più elevate di fitoplancton rappresentante prevalentemente dal genere *Skeletonema* spp. (Diatomee).

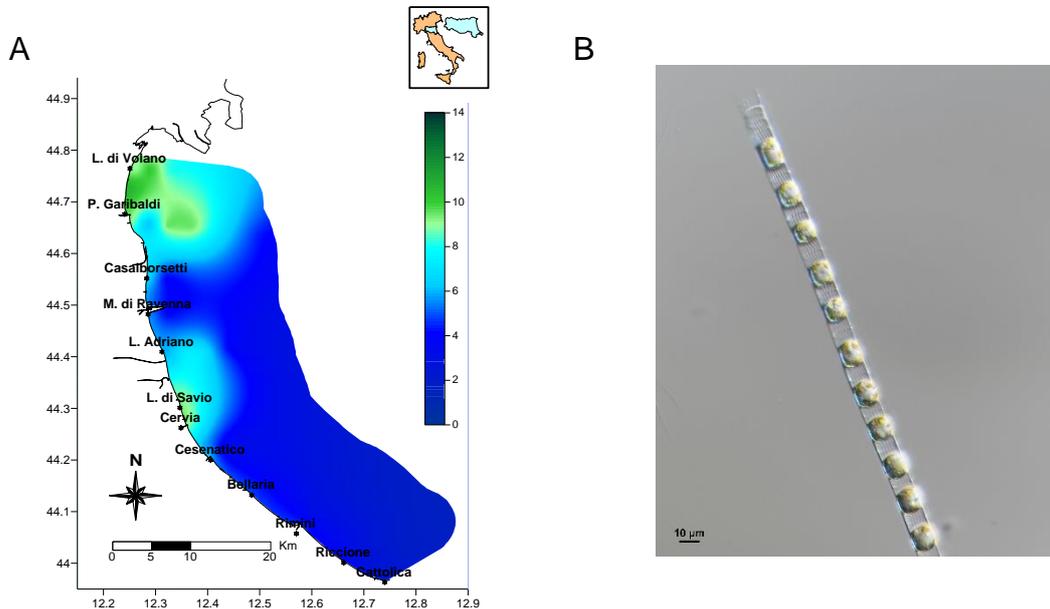


Figura 14 – A) Mappa di distribuzione della clorofilla a ($\mu\text{g/l}$) lungo la costa durante i controlli del 26-27 settembre 2022; B) *Skeletonema* sp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Il 2022 si è concluso evidenziando una buona qualità dell'ambiente marino costiero caratterizzato da bassi valori degli indici trofici, salinità delle acque superficiali medio alte e un'elevata trasparenza sia nell'area centro meridionale che in quella settentrionale, sia in costa che al largo. Da segnalare temperature marine superficiali particolarmente elevate per il periodo, comprese tra 8 e 13.5°C.

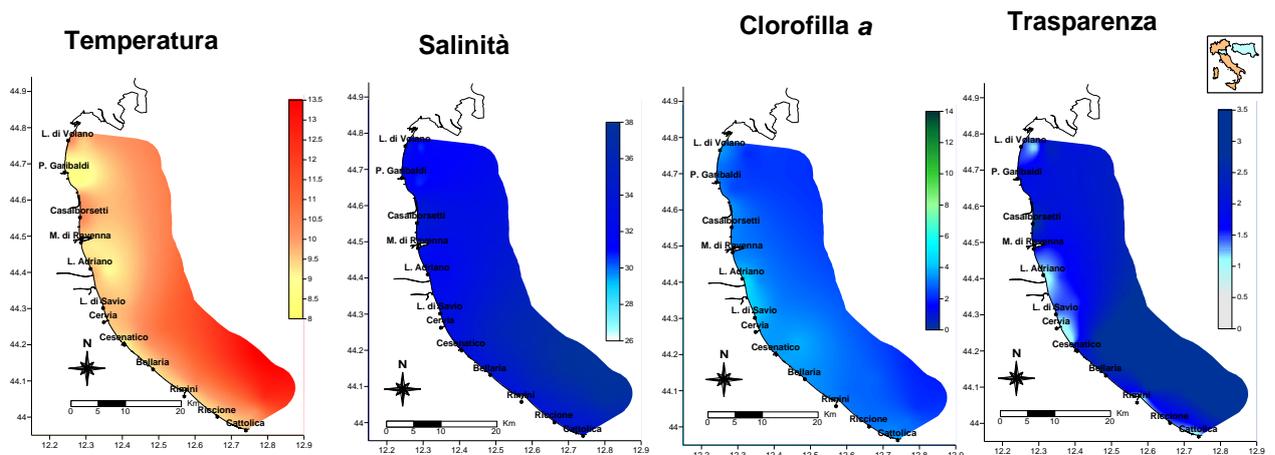


Figura 15 - Mappe di distribuzione della temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (psu), clorofilla a ($\mu\text{g/l}$) e trasparenza (m) da costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 19-20 dicembre 2022

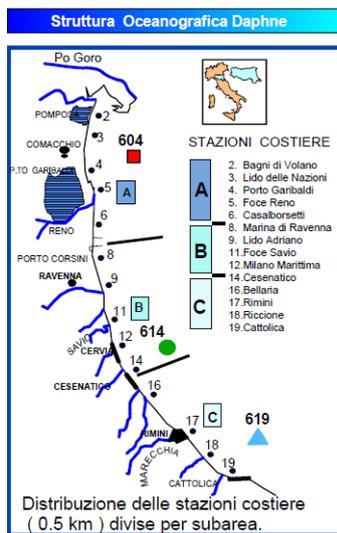
4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

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

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

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

- breve commento dei dati rilevati e delle condizioni osservate in mare;
- mappe tematiche di distribuzione dei parametri temperatura, salinità, trasparenza e clorofilla a nelle acque di superficie e ossigeno disciolto sul fondo (Figura 18) e consultabili tramite menu a tendina (Figura 17);
- 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 16).



NOTE:

OSSIGENO DISC. NELLE ACQUE DI FONDO
 - da 0 - 1.0 mg/l Situazione tendente all'anossia
 - da 1.0 - 3.0 mg/l Ipossia
 - > 3.0 mg/l Condizione normale

CLOROFILLA "a" (indice di biomassa algale)
 - > 10 ug/l Ambiente eutrofizzato

Bollettino N°16
del 18-19 Luglio 2022

MARE IN - FORMA

VARIABILI	MEDIE ZONA A	Val. an.	MEDIE ZONA B	Val. an.	MEDIE ZONA C	Val. an.
Temperatura °C	27.96		27.60		27.37	
Salinità psu	33.88		37.84		38.40	
O. D. super. mg/l	6.20		5.76		6.06	
O. D. fondo mg/l	5.06		5.69		6.13	
pH	8.16		8.07		8.08	
Trasparenza m	1.30		1.38		2.50	
Clorofilla a µg/l	5.22		3.20		2.62	

OSSERVAZIONI

I controlli sono stati eseguiti con la M/n Daphne II da 500 m dalla costa fino a 10 km al largo, da Lido di Volano a Cattolica. Grazie al perdurare dell'alta pressione, si conferma una buona condizione ambientale dell'area monitorata. Condizioni meteo marine caratterizzate da giornate assolate, secche e ventose hanno da un lato contribuito a rialzare sotto costa le temperature di circa 2 gradi attestando i valori a circa 27.5 °C ed a mantenere i valori di salinità medio alti. Basse le concentrazioni di clorofilla "a" e conseguentemente buoni i valori di trasparenza sia in costa che al largo. Concentrazioni di ossigeno disciolto nella norma lungo la colonna d'acqua ed a livello del fondale. Si segnala al largo la sporadica presenza di meduse appartenenti alla specie Rhizostoma pulmo.

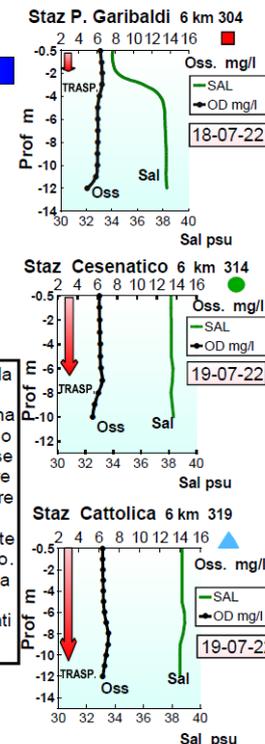


Figura 16 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio versione pdf

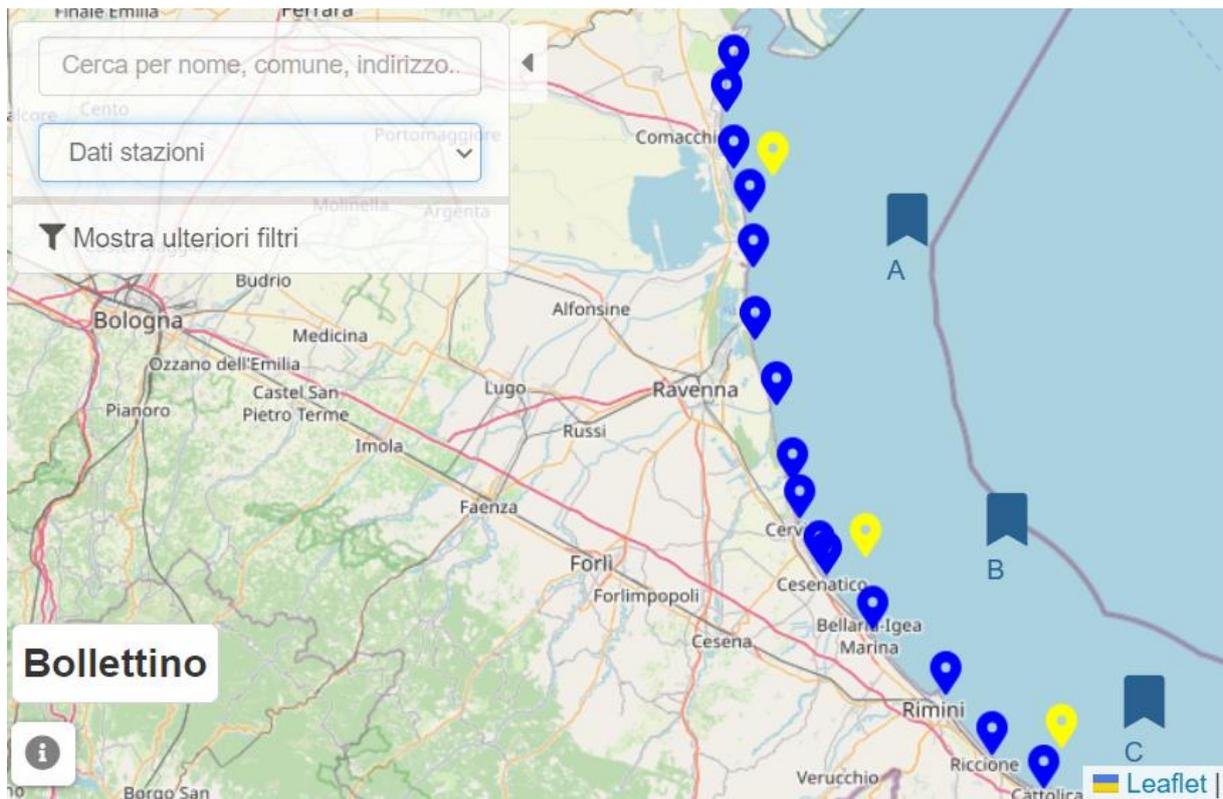


Figura 17- Esempio di rappresentazione dati consultabili sul sito

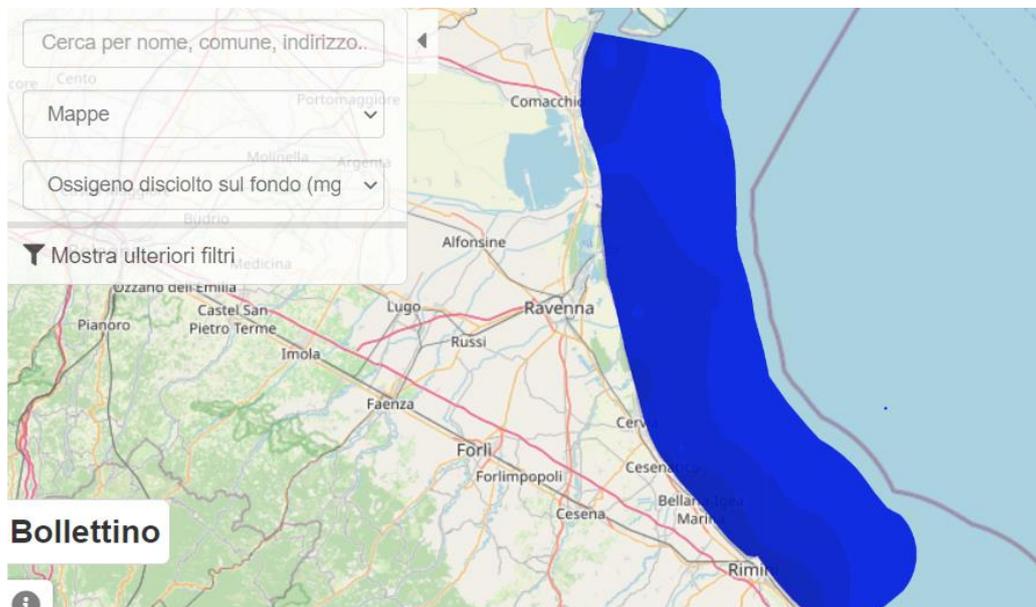


Figura 18 – Esempio di mappe tematiche allegato al bollettino realizzate a conclusione di un monitoraggio

4.3.1 Parametri idrologici

4.3.1.a Temperatura

Anche il 2022, come il 2021, è stato caratterizzato da temperature elevate, segnalandosi a livello regionale come l'anno più caldo dal 1961 secondo il Rapporto Idrometeorologia (ed. 2022). Durante l'anno si sono verificate numerose giornate con temperature elevate a volte superiori alle medie climatologiche di riferimento.

Queste anomalie termiche esterne hanno inevitabilmente influenzato l'andamento delle temperature delle acque marine. Da gennaio fino ad aprile i valori in superficie hanno mostrato un aumento graduale ma è stato a maggio che si è evidenziato un incremento più netto in tutte le stazioni, contemporaneamente all'innalzamento delle temperature esterne. Maggio, giugno e luglio si sono mantenuti eccezionalmente caldi con minime o quasi assenti escursioni termiche tra il giorno e la notte, contribuendo all'incremento delle temperature delle acque marine superficiali sia in costa che al largo. Tra metà luglio e la prima settimana di agosto le acque superficiali hanno registrato temperature superiori ai 28°C. I grafici di Figura 19 mostrano una diminuzione delle temperature superficiali a partire dal mese di settembre in contemporanea ad eventi temporaleschi, forti raffiche di vento e di mare mosso. Questi fenomeni hanno generato un maggior idrodinamismo delle masse d'acqua provocando forti rimescolamenti lungo tutta la colonna d'acqua omogeneizzando gli andamenti dei parametri idrologici dalla superficie al fondo.

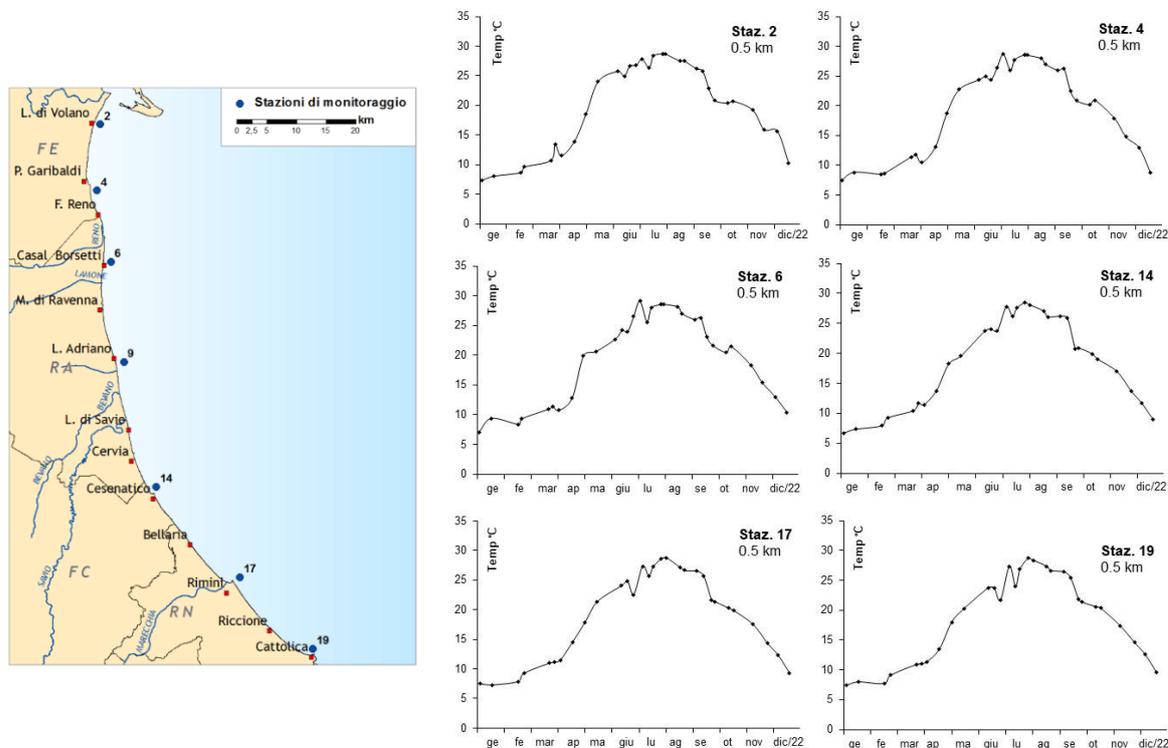


Figura 19 - Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

L'analisi delle medie stagionali di figura Figura 20 conferma temperature elevate in estate e basse in inverno. Tuttavia, a differenza dei dati raccolti nel 2021, emerge un aumento delle temperature in autunno in tutte le stazioni soprattutto lungo la costa sia a nord che a sud dell'area monitorata. Nella stazione 2 (Lido di Volano) il valore medio autunnale calcolato nel 2022 ha raggiunto i 17°C a confronto con il dato del 2021 di 13.5°C. Analogamente, nella stazione 19 (Cattolica), la temperatura media autunnale si è attestata intorno ai 15.8°C, in aumento, rispetto ai 12.3°C calcolati nell'anno precedente.

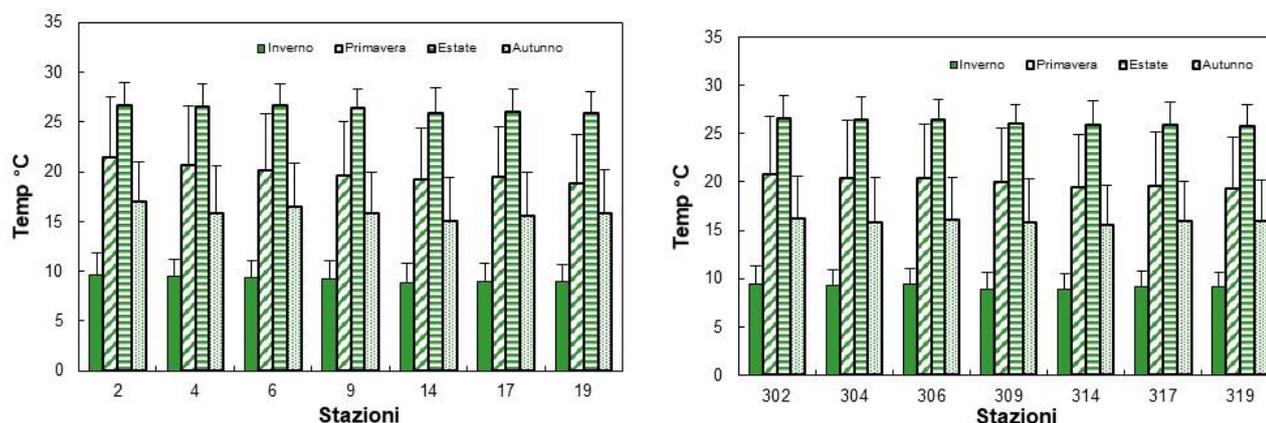


Figura 20 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura calcolate nelle acque superficiali in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

L'estate 2022 è risultata essere la seconda più calda dal 1961 dopo il 2003. Questa situazione non solo ha determinato il mantenimento di valori termici superficiali elevati per un periodo prolungato, ma ha anche causato un progressivo aumento della temperatura lungo la colonna d'acqua in tutte le stazioni monitorate, comprese quelle con profondità maggiori. In figura Figura 21 sono rappresentati gli andamenti annuali della temperatura in superficie e sul fondo nelle stazioni lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico posizionate a 3 km, 10 e 20 km dalla costa. Anche sul fondo si osserva un trend sinusoidale simile a quello delle temperature superficiali, con temperature leggermente superiori in inverno e in autunno e inferiori durante i mesi più caldi. Queste variazioni sono più accentuate nelle stazioni più esterne del transetto.

In condizioni normali l'irraggiamento solare, interessando i primi metri di acqua, riscalda solo una porzione delle masse d'acqua lasciando il resto con temperature più fredde. Tuttavia nel 2022 questa condizione si è verificata soprattutto nelle stazioni a 20 km al largo mentre nelle altre stazioni le differenze tra superficie e fondo sono rimaste contenute. Questa condizione si è verificata conseguentemente anche ad una forte stabilità meteo marina che ha caratterizzato il periodo unitamente alle anomalie termiche esterne, sia diurne che notturne, già menzionate. Gli eventi di mare mosso in primavera e in autunno, in concomitanza con temperature esterne

molto miti, hanno portato spesso ad una omogeneizzazione del parametro lungo la colonna, riducendo le stratificazioni termiche tra superficie e fondo.

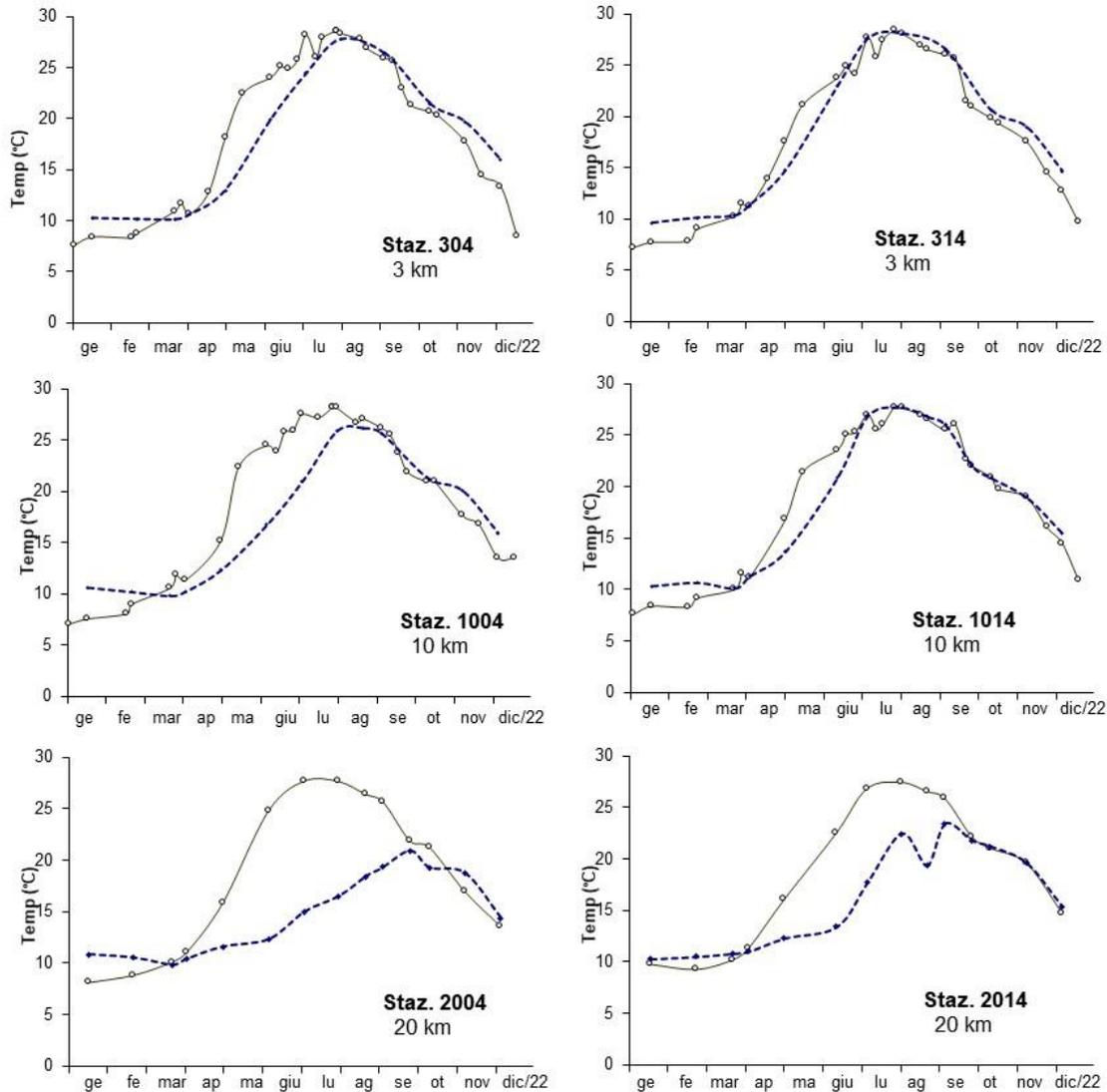


Figura 21 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

Di seguito, in figura Figura 22, sono riportate le isolinee di temperatura nelle stazioni a 10 e 20 km davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico e a 10 km davanti a Cattolica per meglio comprendere il comportamento del parametro durante l'anno nelle stazioni a maggior profondità. L'andamento mostra in molti momenti un'omogeneizzazione del parametro dalla superficie al fondo soprattutto in estate e in autunno. Stratificazioni termiche più accentuate si riscontrano soprattutto nella stazione 2004, localizzata nell'area esterna e a nord della costa.

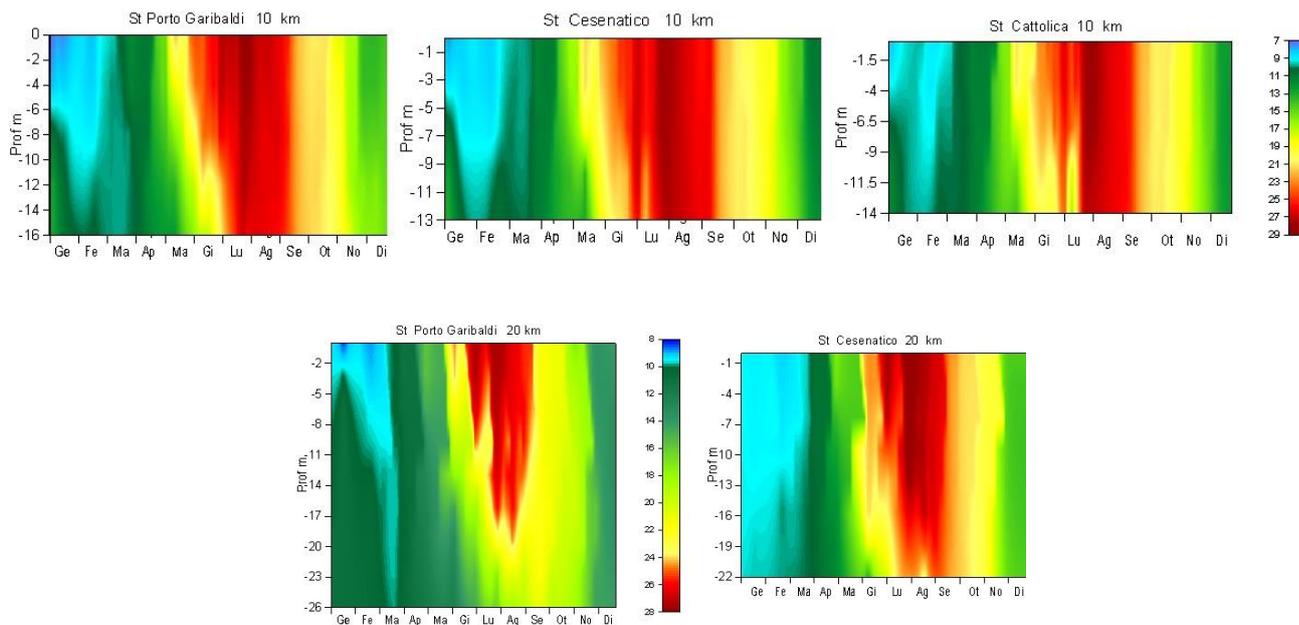


Figura 22 - Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 e 20 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Il profilo di figura Figura 23 mostra come nella stazione 1004 (10 km davanti a Porto Garibaldi) a distanza di poco tempo (monitoraggio del 2 maggio e del 16 maggio) si siano verificati significativi cambiamenti nei valori di temperatura lungo tutta la colonna d'acqua; si è infatti registrato un netto incremento nei primi 7 metri di profondità.

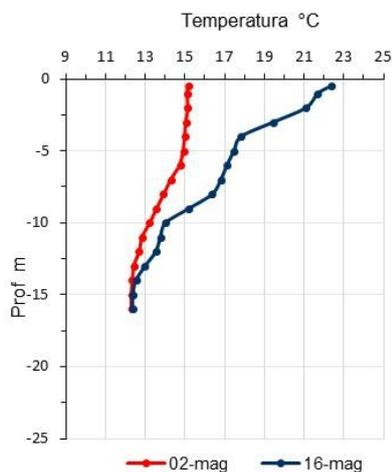


Figura 23 - Profilo della temperatura (°C) eseguito nella stazione 2 durante i controlli del 2 e 16 maggio

Il confronto dei profili effettuati con la sonda durante il monitoraggio del 1-3 agosto 2022 nelle stazioni davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico (Figura 24), evidenzia temperature elevate lungo tutta la colonna, dalla superficie al fondo, nelle stazioni a 10 km. Al contrario si osservano decrementi nelle stazioni a 20 km a partire dai 15

metri fino al fondo. Nella stazione 2004 si è registrata una differenza tra superficie e fondo di circa 10°C, nella 2014 più limitata pari a 5°C.

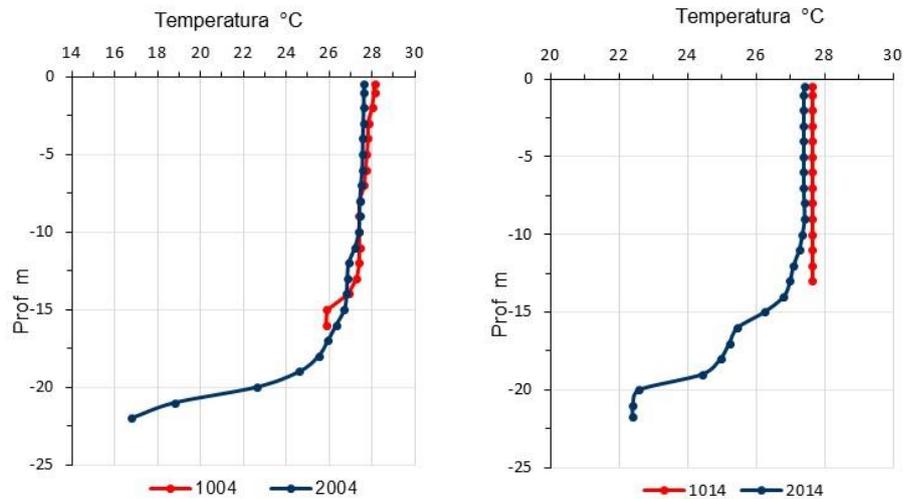


Figura 24 - Profilo della temperatura (°C) eseguito nelle stazioni a 10 e 20 km davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico durante il monitoraggio del 1-3 agosto

La temperatura in mare più elevata del 2022 pari a 29.1°C si è registrata nella stazione 6 (0.5 km davanti a Casalborette) durante i controlli del 5 luglio; di seguito vengono messi a confronto i profili eseguiti durante i controlli di quella settimana (Monitoraggio N°15 del 05-07 luglio) nella stazione 6 (Casalborette) con quelli rilevati nella stazione 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica) (Figura 25).

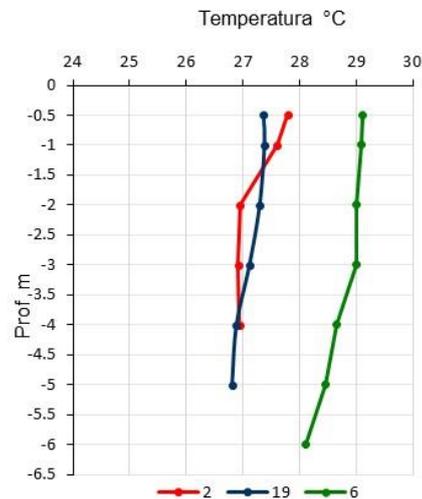


Figura 25- Profilo della temperatura (°C) eseguito nelle stazioni 2, 19 e 6 durante il monitoraggio N°5 (05-07 luglio)

Il valore più basso nelle acque superficiali pari a 6.5°C è stato osservato nella stazione 308, a 3 km davanti a Marina di Ravenna) durante i controlli del 3 gennaio.

Il confronto dei profili di temperatura misurati lungo la colonna nella stazione 308 e nella 1004 (10 km davanti a Porto Garibaldi), durante lo stesso monitoraggio, evidenzia un decremento dei valori in entrambe le stazioni e fino agli 11 metri di profondità nella stazione di Porto Garibaldi seguito, in quest'ultima, da una stabilizzazione dei valori intorno ai 13°C negli ultimi 5 metri fino al fondo (Figura 26).

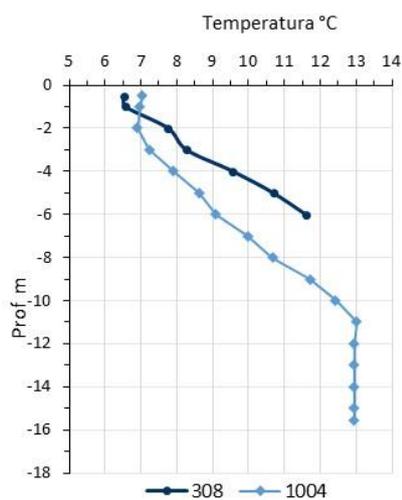


Figura 26 - Profilo della temperatura (°C) eseguito nelle stazioni 308 e 1004 durante i controlli del 3 gennaio

4.3.1.b Salinit 

Anche il 2022   risultato essere un anno estremamente siccitoso come il 2021 caratterizzato da periodi di precipitazioni minime o addirittura assenti e apporti di acque dolci molto bassi sia dai bacini costieri che da quello padano, nettamente inferiori ai valori storici di riferimento. Il bacino padano   sempre stato per l'ecosistema marino dell'Emilia-Romagna, fonte di forti condizionamenti per l'apporto di importanti immissioni di acque dolci che ne hanno determinato la qualit  instaurando forti diluizioni. Le anomalie negative registrate durante l'anno, in concomitanza con le scarse piogge precipitate sulla regione, hanno contribuito a mantenere valori di salinit  elevati nelle acque marine la maggior parte dell'anno.

Di seguito viene riportato il trend delle portate del fiume Po rilevate presso la stazione di Pontelagoscuro nel corso del 2022 comparate con quelle registrate l'anno precedente (Figura 27). Il grafico sottolinea, innanzitutto, un valore medio annuale molto basso nel 2022 pari a 551 mc/sec, con pochi picchi di portata che rimangono compresi intorno ai 1200 mc/sec; l'andamento annuale evidenzia portate minime in estate in entrambi gli anni considerati, tuttavia nel 2022, a differenza del 2021, i valori rimangono estremamente bassi, inferiori ai 250 mc/sec, confermando minimi apporti nel periodo pi  caldo dell'anno.

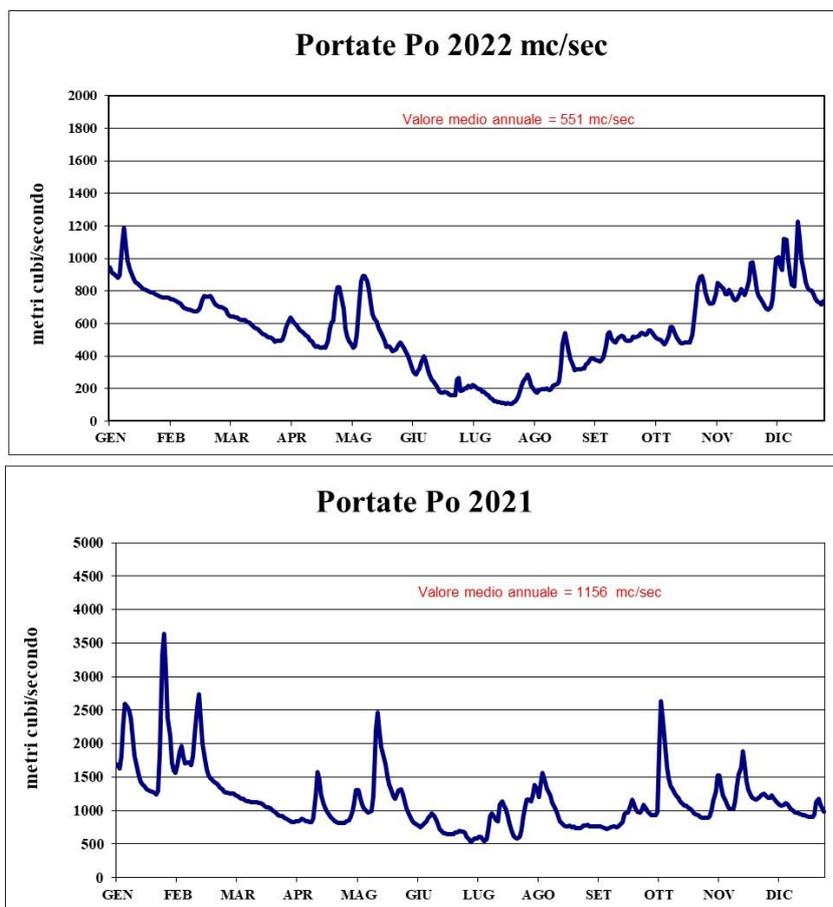


Figura 27 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2022 e 2021 (Fonte: ARPAE SIMC – i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

La Figura 28 mette a confronto le medie annuali, calcolate sempre a Pontelagoscuro, a partire dal 1982 evidenziando il trend decrescente degli apporti annuali negli ultimi anni. Inoltre evidenzia anche il dato eccezionale calcolato nel 2022, il più basso in assoluto inferiore ai 717 mc/sec calcolati nel 2007.

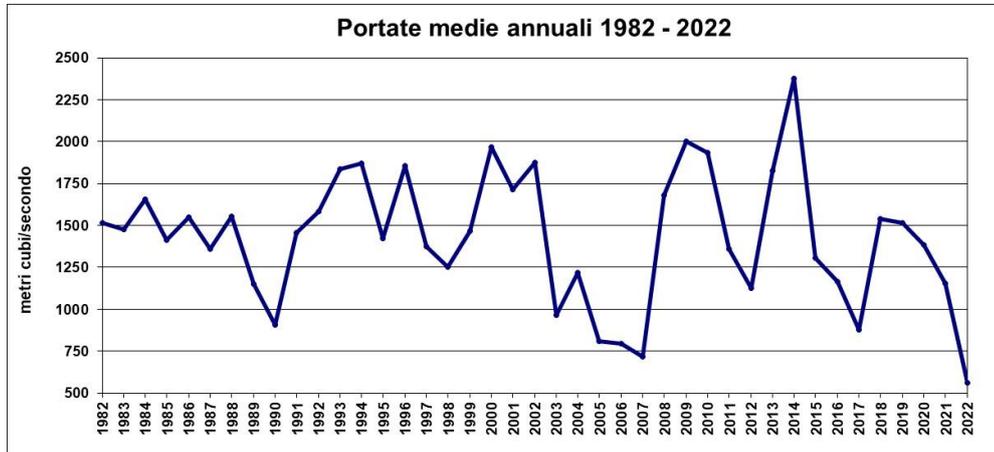


Figura 28- Valori medi annuali di portate del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) dal 1982 al 2022 (Fonte: ARPAE SIMC – i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

L'accostamento delle portate medie mensili nell'anno con quelle sul lungo periodo storico 1917-2021 in Figura 29 conferma dati significativamente al di sotto del valore di riferimento. Questo è particolarmente evidente per il mese di luglio, con un valore medio calcolato nel 2022 di 160 mc/sec contro il valore di riferimento calcolato nel periodo storico 1982-2021 di poco superiore ai 1100 mc/sec.

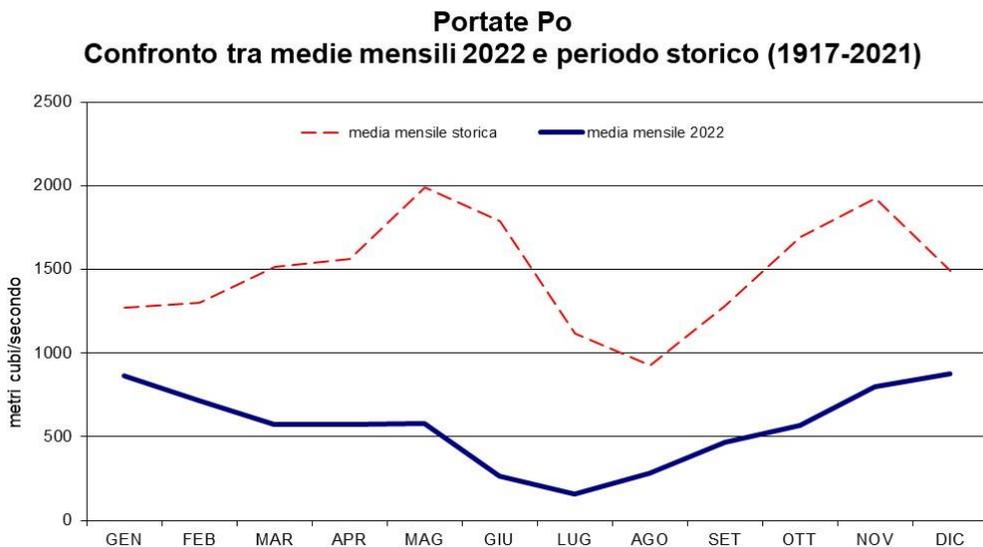


Figura 29 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2022 con quelle calcolate nel periodo storico 1917-2021 (Fonte: ARPAE SIMC – i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

Analizzando l'andamento della salinità nelle acque marine in superficie si evidenziano, durante l'anno, fluttuazioni più ampie nelle stazioni 2 e 4 localizzate nell'area più settentrionale della costa rispetto a quelle posizionate davanti a Rimini e Cattolica, stazioni 17 e 19, a sud della costa (Figura 30).

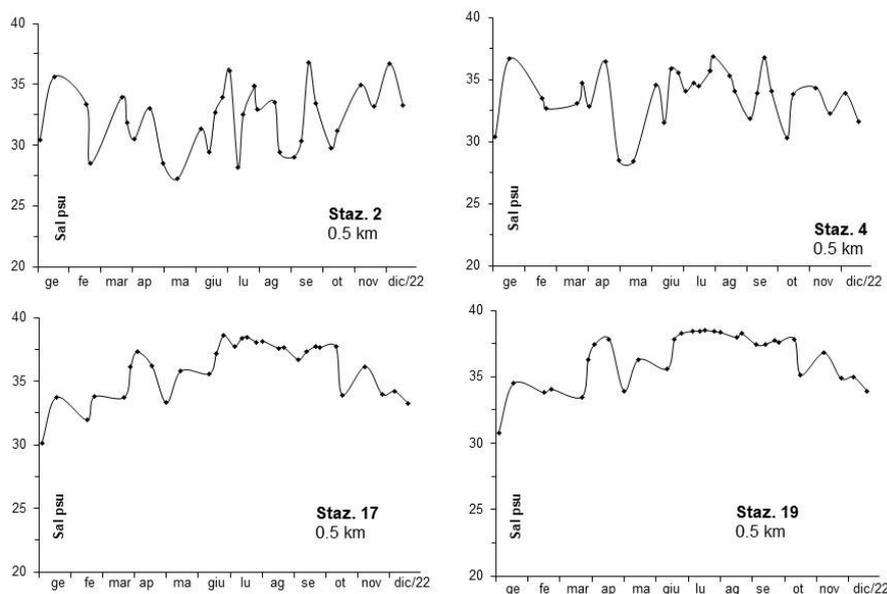


Figura 30 – Andamenti temporali della salinità in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Rimini e Cattolica

Le medie annuali calcolate confermano un trend crescente tipico nord sud e costa largo, ma diversamente dagli anni passati queste differenze sono meno accentuate (Figura 31). Infatti in tutte le stazioni si registrano valori maggiori rispetto agli ultimi anni in particolare nei punti di campionamento localizzati nell'area più settentrionale della costa. Ad esempio nella stazione 2 (Lido di Volano) il dato calcolato nel 2022 è stato pari a 32.2 psu rispetto ai 27.5 psu del 2021; nella stazione a 20 km lungo il transetto di Cesenatico (2014) la media annuale è stata pari a 37.5 psu superiore ai 33.9 psu calcolati nel 2021.

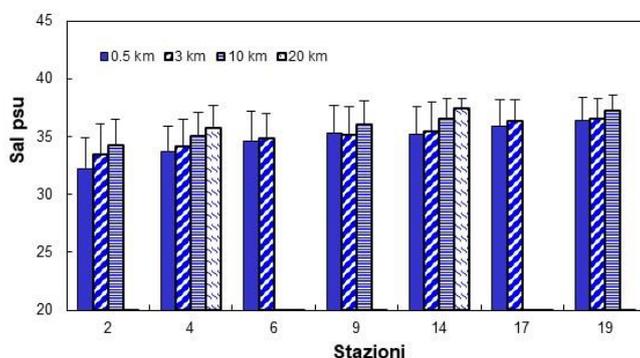


Figura 31 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità (psu) nelle acque superficiali calcolati nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'analisi delle medie stagionali conferma la presenza di valori minimi in inverno e autunno e più elevati in estate (Figura 32). Questa condizione è conseguenza diretta degli apporti minimi di acque dolci dai bacini costieri e in particolare da quello padano e scarse precipitazioni su tutto il territorio regionale. Il valore più basso si registra in primavera nella stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano. Il confronto dei dati calcolati nelle stazioni a 0.5 e quelle a 3 km sottolinea valori più bassi nelle prime conseguentemente ad una influenza diretta degli apporti di acque dolci dai fiumi, anche se minimi, nelle acque marine più prossime alla costa.

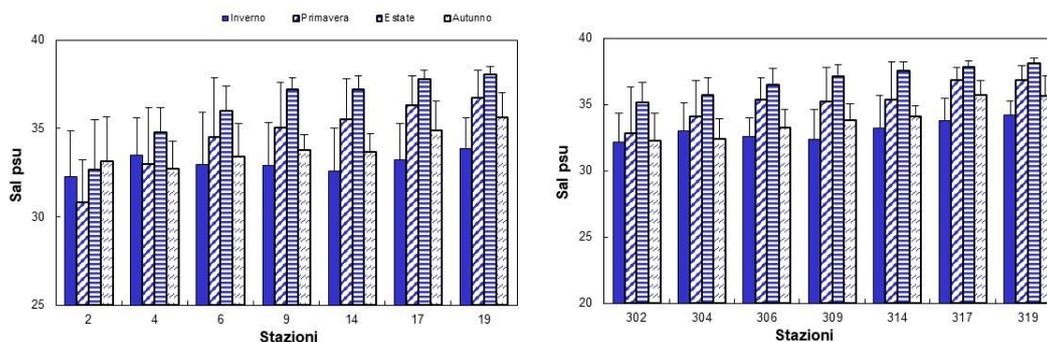


Figura 32 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità (psu) nelle acque superficiali nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

I valori più bassi registrati nel corso del 2022 sono stati rilevati durante i controlli di maggio nell'area settentrionale della costa, nella stazione 302 (Lido di Volano) il 2 maggio e nella stazione 3 (Lido delle Nazioni) il 16 maggio con 25.4 psu. Le mappe di distribuzione della salinità in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo, rappresentati nella figura seguente, mostrano la distribuzione del parametro durante i controlli del 2-3 maggio (Figura 33).

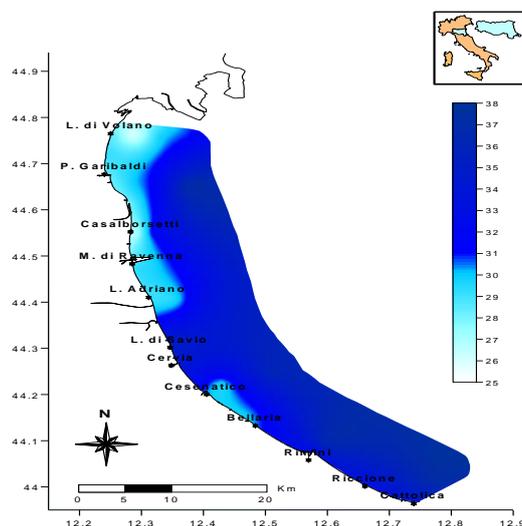


Figura 33 – Mappe di distribuzione della salinità in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 2-3 maggio

La Figura 34 mostra l'andamento della salinità in superficie e sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Cesenatico. Si osserva in tutte le stazioni come le misure del parametro a livello del fondale si mantengono più lineari e contenute mentre in superficie le fluttuazioni sono più ampie. Nella stazione 2014, più esterna lungo il transetto, la differenza tra le due quote rimane più contenuta.

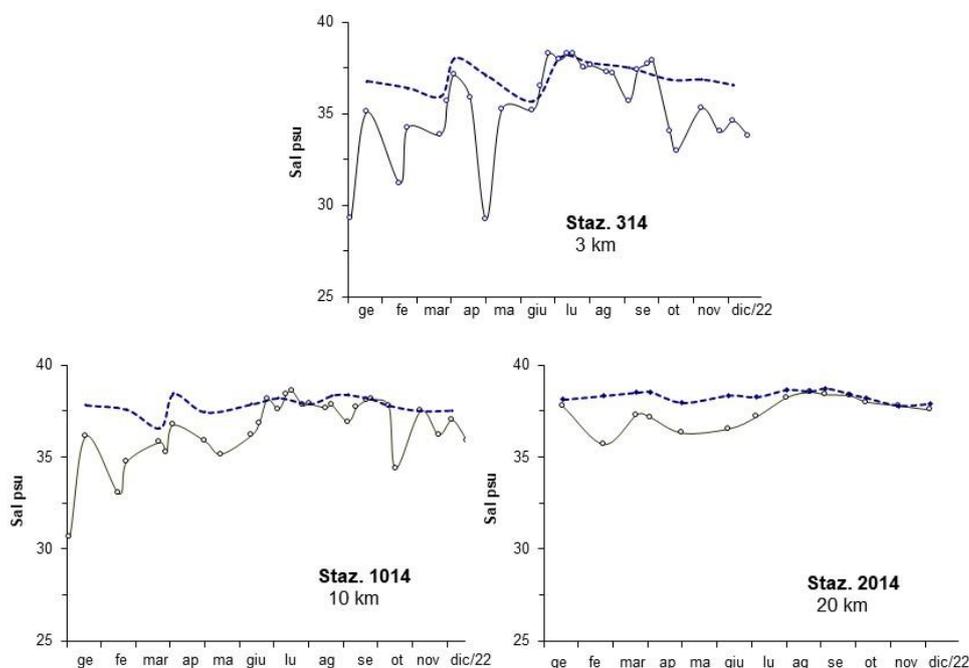


Figura 34 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Cesenatico

Di seguito viene rappresentato il confronto dei profili eseguiti con la sonda durante i controlli del 2 maggio nelle stazioni lungo il transetto di Lido di Volano; nella stazione più in costa i valori rimangono compresi tra 28.5 psu e 30.9 psu, nella stazione 302 da 25.5 a 35.5 psu e nella stazione a 10 km da 31 a 37 psu.

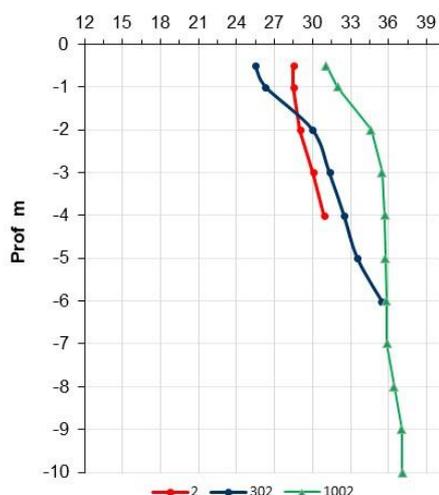


Figura 35 - Profili della salinità eseguiti nelle stazioni lungo il transetto di Lido di Volano durante i controlli del 2 maggio

4.3.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto rappresenta un importante indicatore per valutare lo stato trofico e la qualità ambientale di un ecosistema marino ed è strettamente correlato alla presenza di biomassa autotrofa in sospensione rappresentata dal fitoplancton.

Le acque marine lungo la costa dell'Emilia-Romagna da sempre sono considerate acque molto produttive, perché interessate frequentemente da eventi eutrofici a volte estremamente estesi e prolungati nel tempo che, in concomitanza a condizioni meteo marine particolari, portano all'insorgenza di criticità soprattutto a livello del fondale. La biomassa fitoplanctonica a fine ciclo vitale si deposita sul fondo alimentando e sostenendo la componente eterotrofa che vive nei primi strati sul fondo marino. Quando si verificano fioriture microalgali eccezionali, oltre all'aumento dell'ossigeno in superficie per l'intensa attività fotosintetica, si osserva poco dopo una sua diminuzione a livello del fondale per l'intensificazione dell'attività metabolica dei detritivori che decompongono la sostanza organica sedimentata sul fondo. La diminuzione delle concentrazioni di ossigeno negli ultimi strati della colonna d'acqua, se prolungata nel tempo, può portare ad una condizione di ipossia e anossia che destabilizza le comunità bentoniche legate alla vita di fondo. Spesso situazioni critiche, con poco ossigeno disciolto nelle acque prossime al fondo, si risolvono in breve tempo grazie al gioco di correnti marine, oltre che per l'instaurarsi di intensi movimenti idrodinamici delle masse d'acqua a seguito di mareggiate o forti venti.

Anche nel corso del 2022, come nel 2021, si è mantenuta da una buona condizione ambientale per quanto riguarda i valori dell'ossigeno disciolto misurati lungo la colonna. Le concentrazioni del parametro sono rimaste nella norma nella maggior parte delle osservazioni effettuate durante l'anno, soprattutto a livello del fondale. Durante il monitoraggio N°22, svolto il 5 e 6 settembre, si sono registrati i valori più bassi in alcune limitate aree localizzate nella parte più settentrionale della costa. In figura (Figura 36) è rappresentata la mappa di distribuzione dell'ossigeno disciolto che fotografa la situazione rilevata sul fondo durante le attività di misura di quelle giornate; nella stazione 5, a 0.5 km davanti alla foce del Reno, si è rilevato il valore più basso del 2022 pari a 0.36 mg/l (condizione di anossia) mentre nelle altre stazioni le concentrazioni basse rimanevano comprese tra 1 e 3 mg/l sottolineando una condizione tendente all'ipossia e non all'anossia. Il profilo eseguito con la sonda multiparametrica in dotazione alla Daphne II nella stazione 5 evidenzia una situazione di anossia limitata solo all'ultima quota della colonna, a contatto con il fondo del mare.

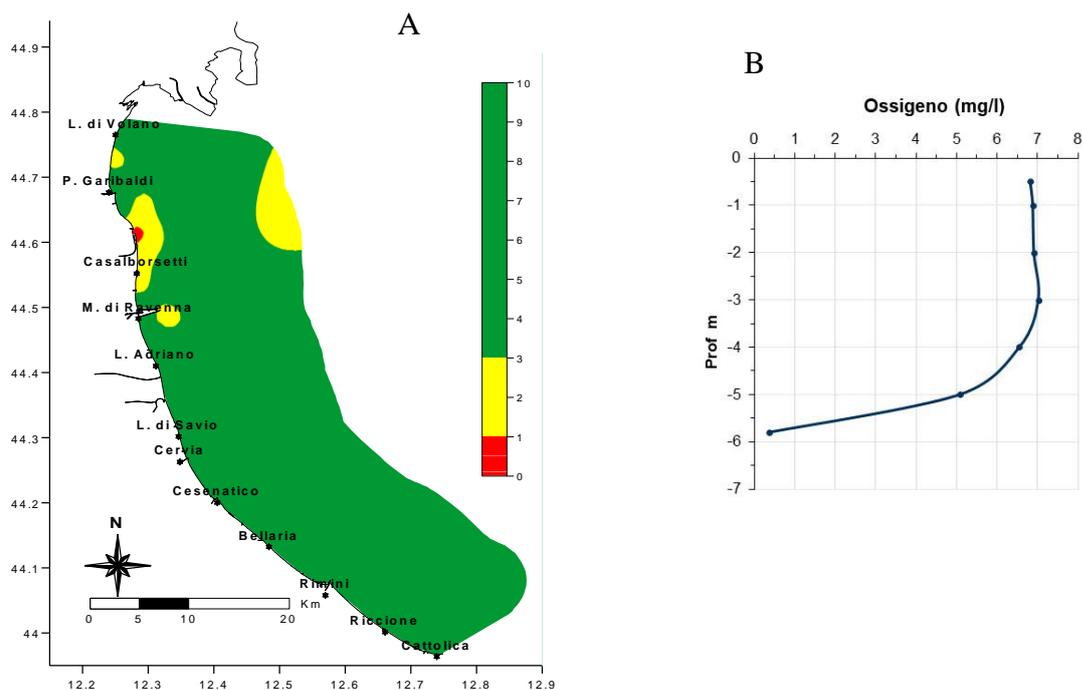


Figura 36 – A) Mappa di distribuzione dell’ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) lungo la costa fino a 10 km al largo il 5-6 settembre; B) Profilo dell’ossigeno disciolto lungo la colonna nella stazione 5

In figura Figura 37 sono rappresentati gli andamenti temporali dell’ossigeno disciolto, misurato in superficie e sul fondo, nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. Le concentrazioni mostrano fluttuazioni più ampie in superficie nelle stazioni più vicine alla costa, strettamente correlate alle concentrazioni più elevate di clorofilla *a* e quindi fitoplancton, mentre i valori sul fondo rimangono più lineari specialmente lungo la direttrice di Cesenatico. Davanti a Porto Garibaldi emergono differenze più nette tra superficie e fondo nelle stazioni 304 e 2004 durante le attività di controllo di settembre.

L’elaborazione delle medie annuali alle due quote, superficie e fondo, conferma valori più elevati in superficie rispetto al fondo nelle stazioni localizzate nell’area più settentrionale della costa, mentre in quelle più meridionali i valori calcolati alle due quote sono molto simili (Figura 38).

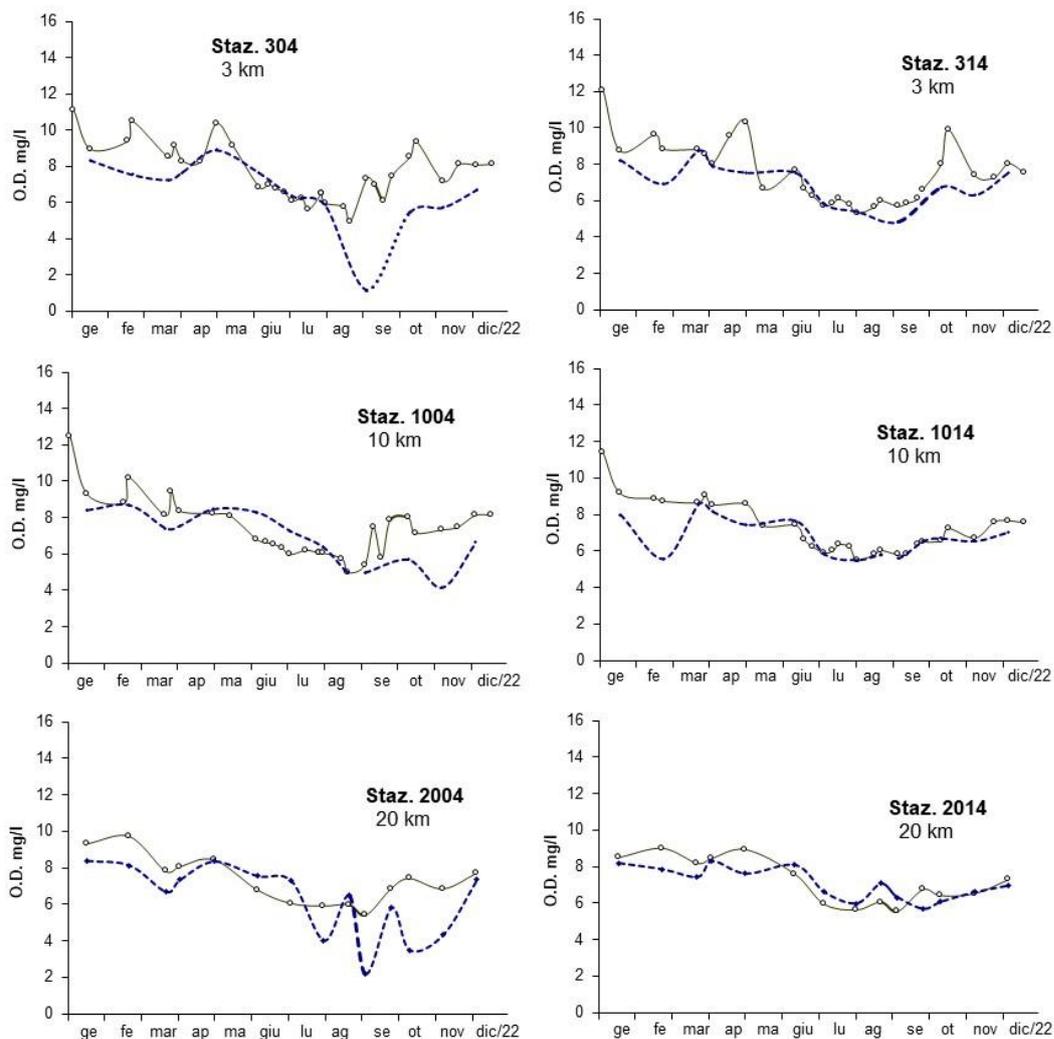


Figura 37 - Andamenti temporali dell'ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Cesenatico

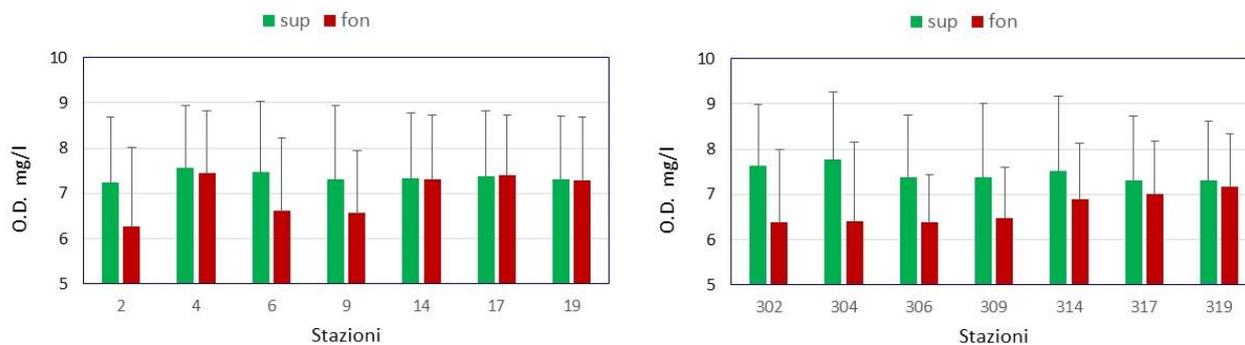


Figura 38 - Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e sul fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

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 DM 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 una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal DM 260/10. In Figura 39 si riportano gli andamenti della clorofilla *a* del 2022 nelle varie stazioni di campionamento. Osservando i grafici si nota come le concentrazioni risultino generalmente paragonabili nelle stazioni ubicate più al largo rispetto a quelle sotto costa in modo particolare nella zona a sud caratterizzata da concentrazioni di clorofilla *a* più basse e da una variabilità inferiore rispetto a quella più settentrionale. Anche questo parametro trova una stretta correlazione con gli apporti fluviali più o meno cospicui.

In Figura 40 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla *a*.

2022

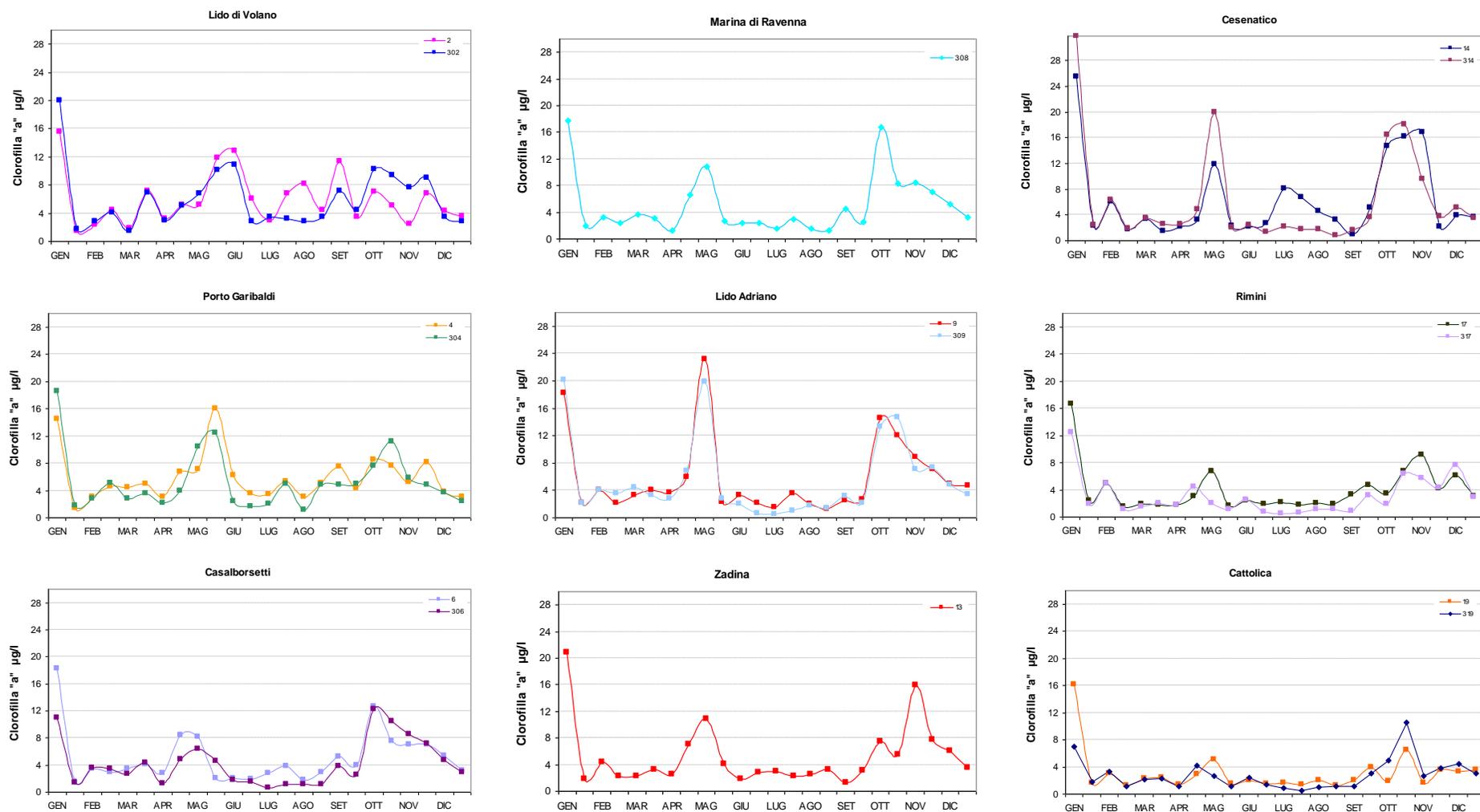


Figura 39 – Andamenti temporali della clorofilla a in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306, 308) e CD2 (stazioni 9, 309, 13, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2022

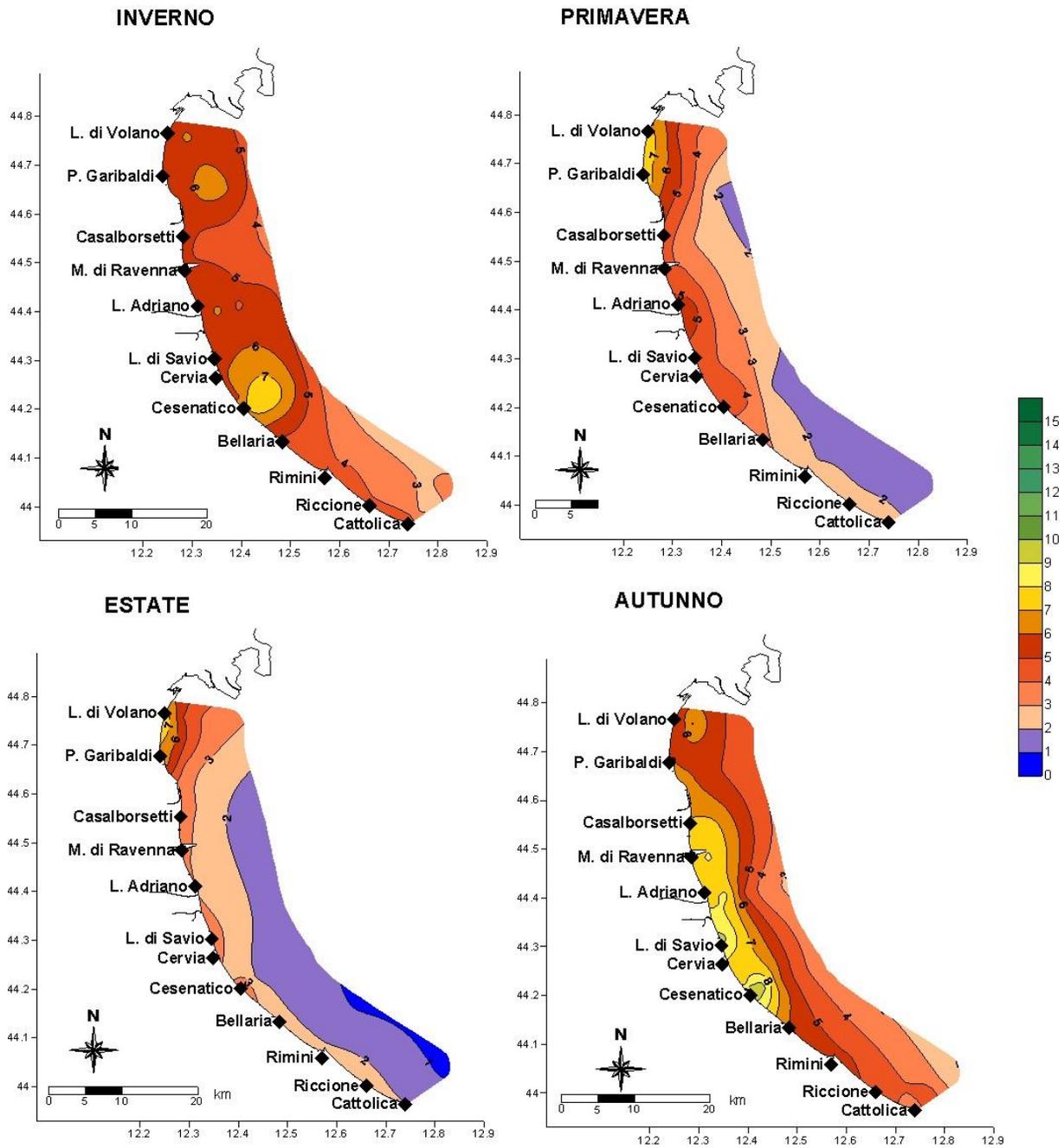


Figura 40 – Mappe di distribuzione della clorofilla *a* (µg/l) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali 2022)

4.3.2 Elementi nutritivi

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

L'andamento annuale di azoto nitrico è importante per definire la qualità di un ambiente marino in quanto la sua abbondanza può contribuire, insieme ad altri fattori, ad aumentare la trofia dell'ecosistema. Quest'ultima quando aumenta e rimane persistente nel tempo può innescare varie criticità all'interno delle comunità biologiche marine e non solo. In superficie le concentrazioni di $N-NO_3$ sono strettamente correlate agli andamenti degli apporti di acque dolci dai bacini costieri e da quello padano in particolare che veicolano tutti nutrienti, quindi anche l' $N-NO_3$, provenienti dalle attività antropiche presenti sul territorio e dalle precipitazioni atmosferiche.

Il calcolo delle medie annuali (Figura 41) vede un trend negativo nord sud e costa largo confermando concentrazioni maggiori in tutta l'area settentrionale, anche al largo, che sottolinea un impatto maggiore degli apporti dal bacino padano sulla qualità dell'ambiente marino rispetto ai bacini costieri regionali anche in un anno con portate basse. Il confronto con i dati calcolati nel 2021 vede una diminuzione in tutte le stazioni, in particolare nell'area più a nord sia in costa che al largo. Nella stazione 2 (Lido di Volano) il dato del 2022 è stato di 179 $\mu\text{g/l}$ contro i 315.2 $\mu\text{g/l}$ come anche nella stazione 2004 lungo il transetto 4, a 20 km dalla costa, la media del 2022 di 83.3 $\mu\text{g/l}$ è risultata inferiore ai 220.1 $\mu\text{g/l}$ calcolati nel 2021.

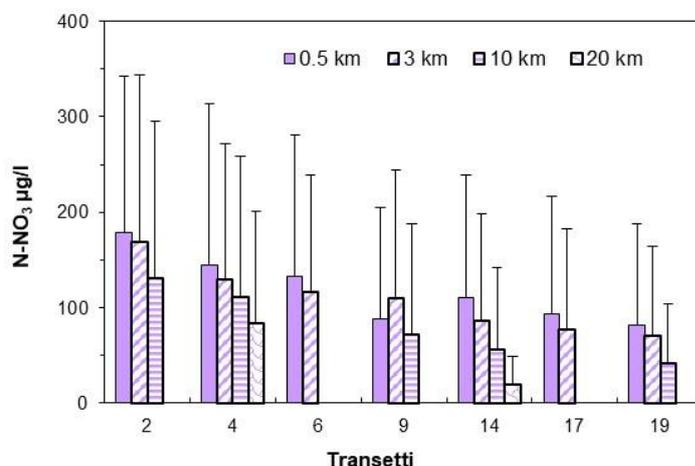


Figura 41 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico ($\mu\text{g/l}$) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'andamento stagionale (Figura 42) conferma valori più elevati nelle stagioni con precipitazioni più abbondanti e portati maggiori e minimi assoluti in estate anche nelle stazioni più settentrionali.

Le mappe rappresentate in Figura 43 mostrano la distribuzione dell'azoto nitrico nelle acque di superficie da costa a 10 km largo nelle stagioni inverno ed estate. Si evidenziano in inverno le concentrazioni più alte nell'area settentrionale mentre in estate si sottolinea la tendenza a concentrazioni minime lungo tutta la costa.

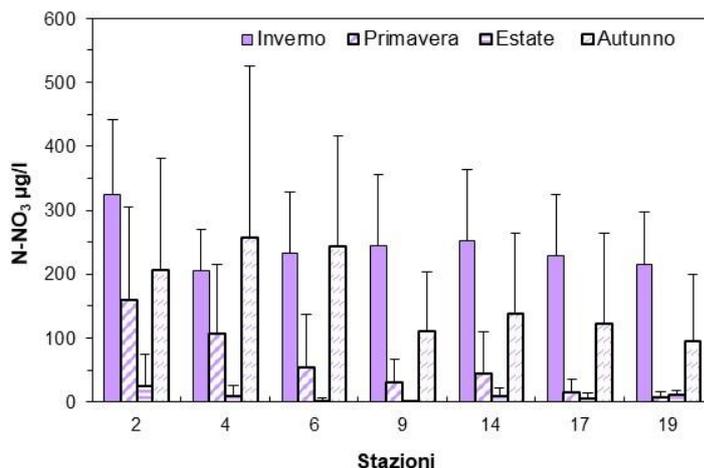


Figura 42 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico ($\mu\text{g/l}$) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

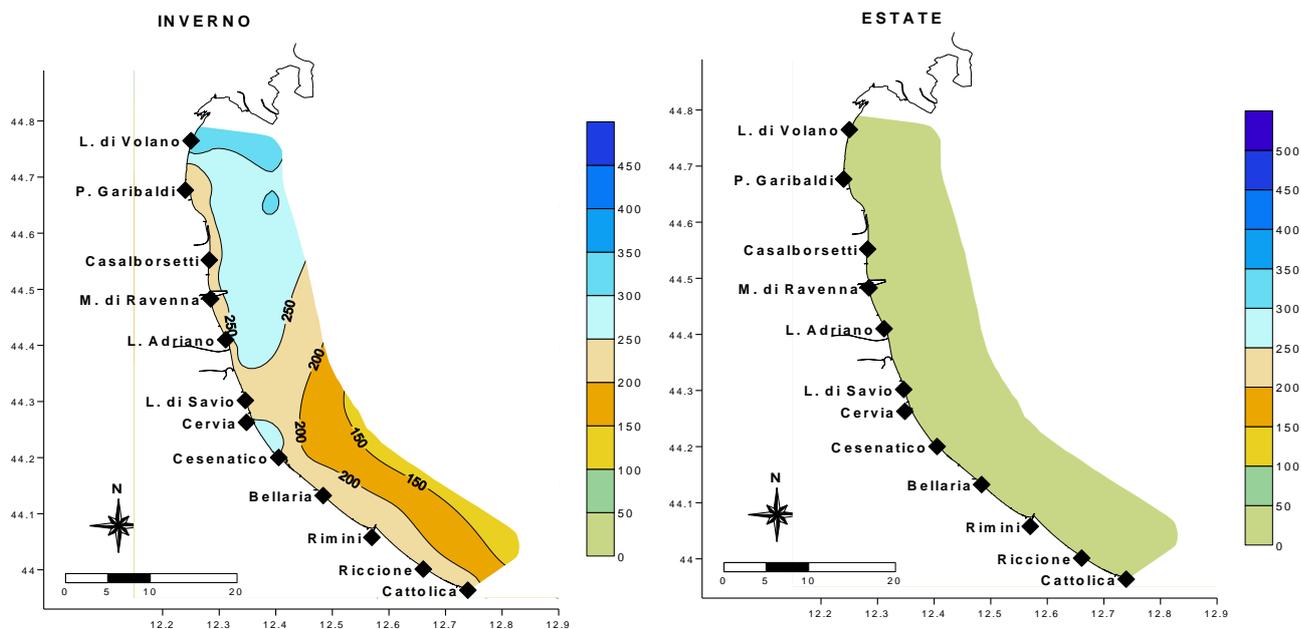


Figura 43 – Mappe di distribuzione dell'azoto nitrico ($\mu\text{g/l}$) da costa al largo come media stagionale in inverno ed estate

Gli andamenti temporali di Figura 44 mostrano la variabilità delle concentrazioni di N-NO_3 misurati nelle due stazioni opposte lungo la costa, la stazione 2 più settentrionale e la 19 più meridionale. Si confermano valori più alti a Lido di Volano e fluttuazioni più ampie rispetto a quelli misurati a Cattolica. I valori massimi di N-NO_3 nelle acque di superficie sono stati misurati durante gli ultimi controlli di dicembre pari a $792 \mu\text{g/l}$ e $776 \mu\text{g/l}$ nelle stazioni 3 (Lido delle Nazioni) e 4 (Porto Garibaldi). La mappa in Figura 45 fotografa la distribuzione dell'azoto nitrico in superficie fino a 10 km al largo durante i controlli del 12 dicembre.

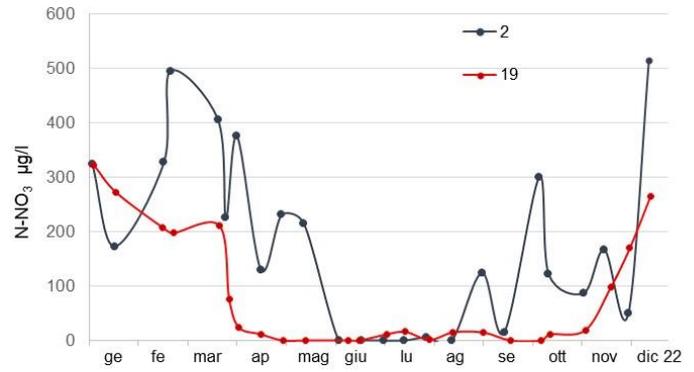


Figura 44 – Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

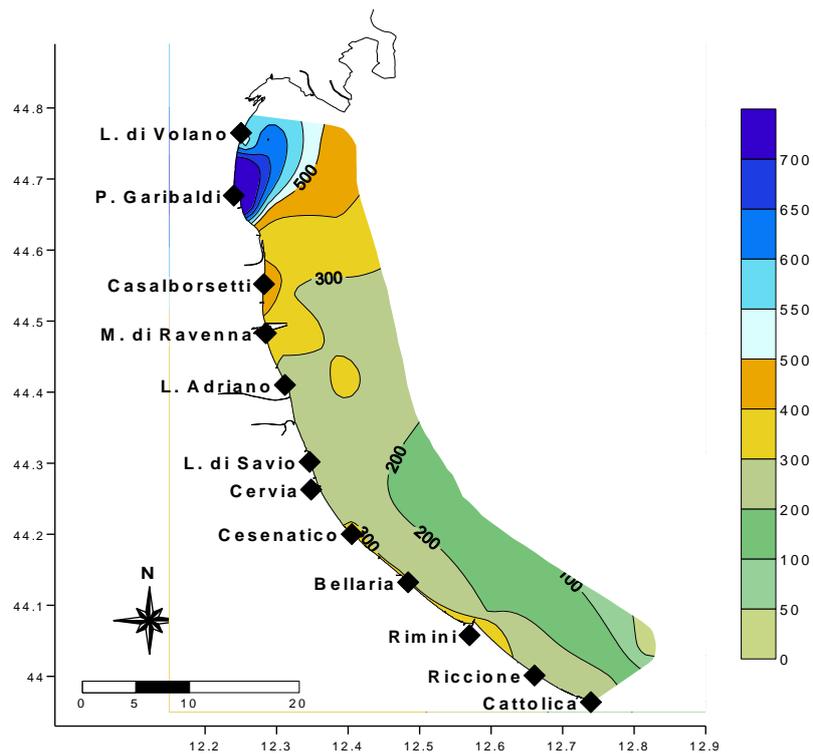


Figura 45 – Mappe di distribuzione dell'azoto nitrico (µg/l) in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 12-13 dicembre

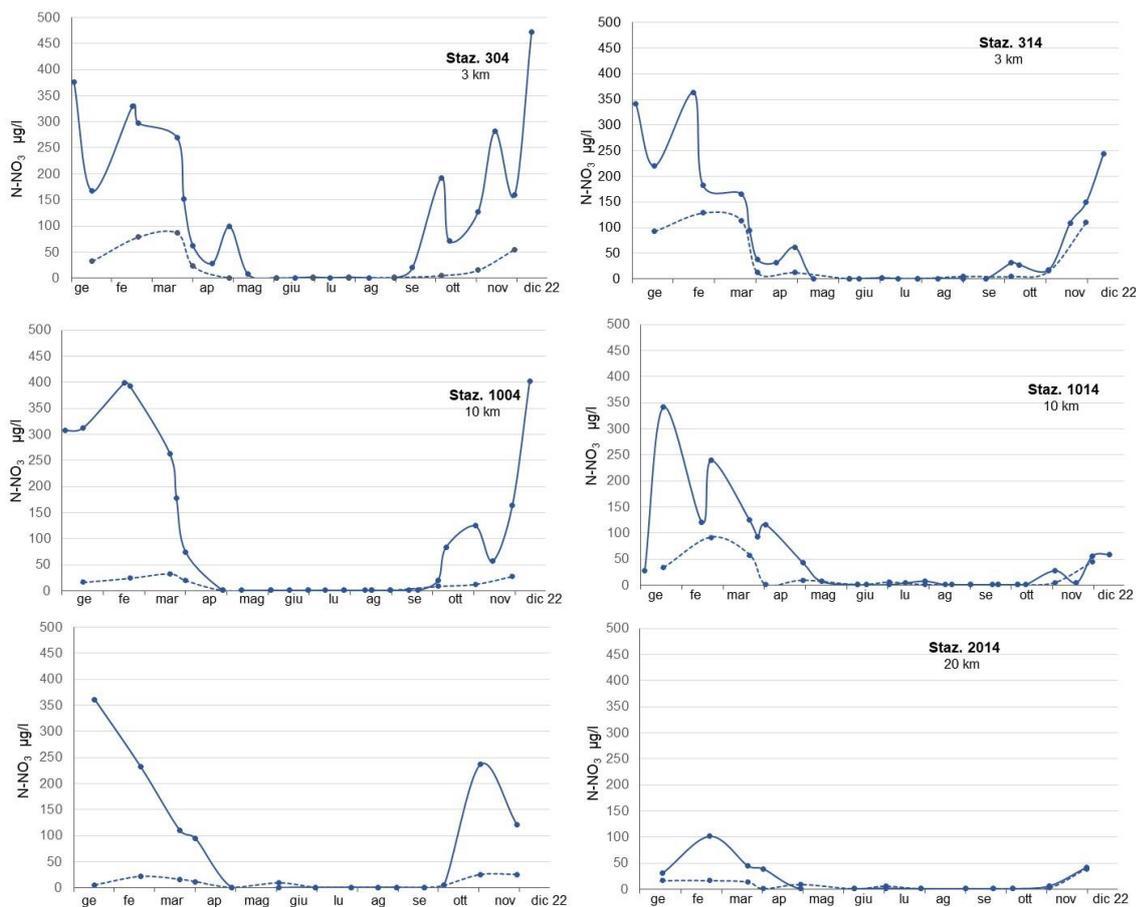


Figura 46- Andamenti temporali dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

L'andamento annuale dell'azoto nitrico in superficie e sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico mostra concentrazioni più elevate in superficie con ampie fluttuazioni nelle stazioni più vicine alla costa e in quelle davanti a Porto Garibaldi. In tutte si evidenziano i minimi valori da maggio a settembre (Figura 46). Sul fondo i valori di N-NO₃ si mantengono bassi con variazioni più contenute rilevando una maggior stabilità delle masse d'acqua negli ultimi metri della colonna.

4.3.2.b Azoto nitroso (N-NO₂)

L'azoto nitroso, come l' N-NO_3 e l' N-NH_3 , è una componente dell'azoto solubile anch'esso strettamente correlato all'andamento delle portate dei fiumi dai bacini costieri regionali e da quello padano. Le analisi delle medie annuali di azoto nitroso indicano una riduzione sia da nord a sud, anche se meno accentuata rispetto a quella evidenziata per l'azoto nitrico, che lungo la costa in direzione costa largo (Figura 47). Questa diminuzione è particolarmente evidente dal transetto 2 al transetto 14, mentre lungo il transetto 19, situato nella parte più meridionale della costa, i valori rimangono sostanzialmente simili. I valori confrontati con i dati medi del 2021 sottolineano una diminuzione complessiva in tutte le stazioni; nella stazione 2 (Lido di Volano) il valore medio di 6.5 $\mu\text{g/l}$ del 2022 è stato inferiore ai 10.5 $\mu\text{g/l}$ del 2021 come anche per la stazione 19 (Cattolica) con 4.3 $\mu\text{g/l}$ rispetto ai 6.7 $\mu\text{g/l}$ calcolati nel 2021.

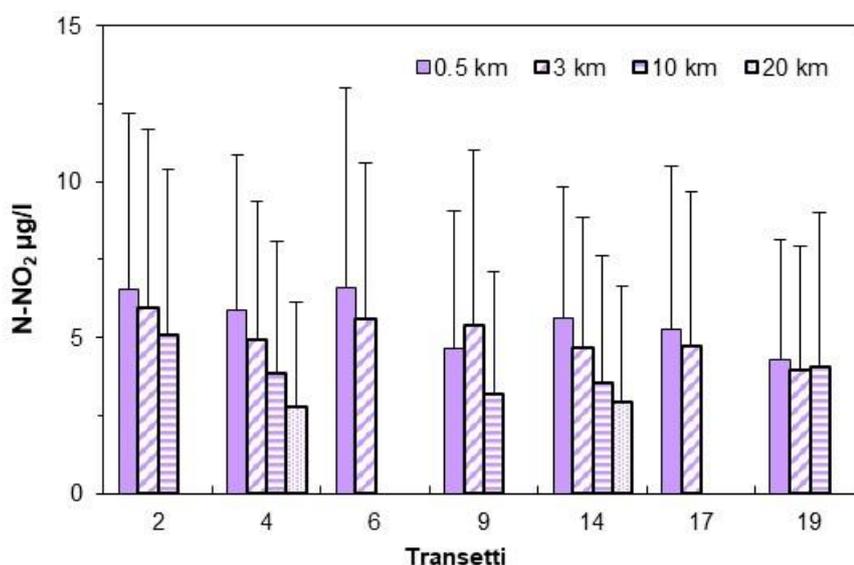


Figura 47 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitroso ($\mu\text{g/l}$) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'andamento stagionale dell'azoto nitrico in superficie (Figura 48) mostra concentrazioni più elevate in inverno ed autunno e minime in estate. Il valore più alto è stato calcolato nella stazione 6, a 0.5 km davanti a Casalborsetti, negli ultimi mesi dell'anno con una media di 12.8 $\mu\text{g/l}$.

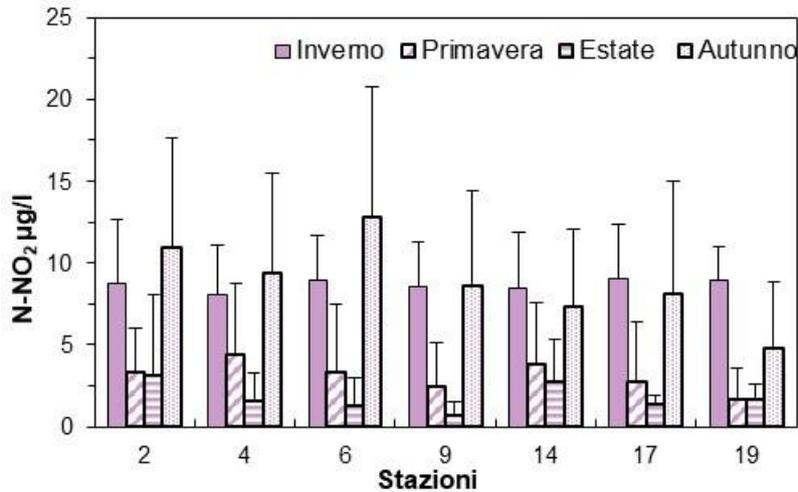


Figura 48 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitroso ($\mu\text{g/l}$) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Gli andamenti annuali di N-NO_2 misurati nelle acque marine in superficie, confrontati con quelli di N-NO_3 mostrati in Figura 49, evidenziano andamenti simili con concentrazioni più elevate da gennaio a maggio e da ottobre a dicembre e concentrazioni minime nei mesi estivi, correlate a portate basse e precipitazioni quasi assenti. I massimi di azoto nitroso si sono registrati negli ultimi monitoraggi dell'anno raggiungendo valori di $25.73 \mu\text{g/l}$ e $24.65 \mu\text{g/l}$ nelle stazioni 3 (Lido delle Nazioni) e 302 (Lido di Volano) localizzate nella parte più settentrionale della costa.

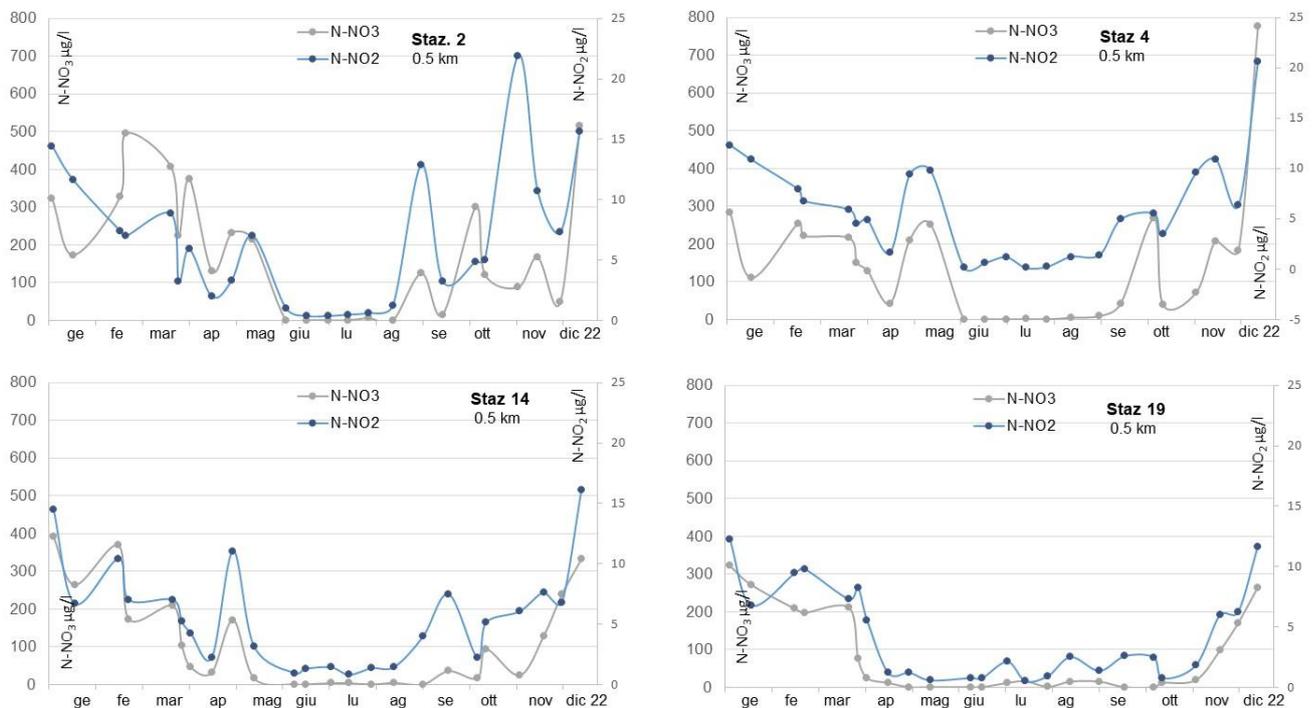


Figura 49 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea grigia) e azoto nitroso (linea blu) nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Nella Figura 50 sono messi a confronto gli andamenti temporali dell'N-NO₂ nelle stazioni 2 e 19 opposte lungo la costa dell'Emilia-Romagna. Il grafico evidenzia fluttuazioni più ampie nella stazione posizionata più a nord, specialmente da settembre a dicembre, correlate all'aumento delle portate dal Bacino padano.

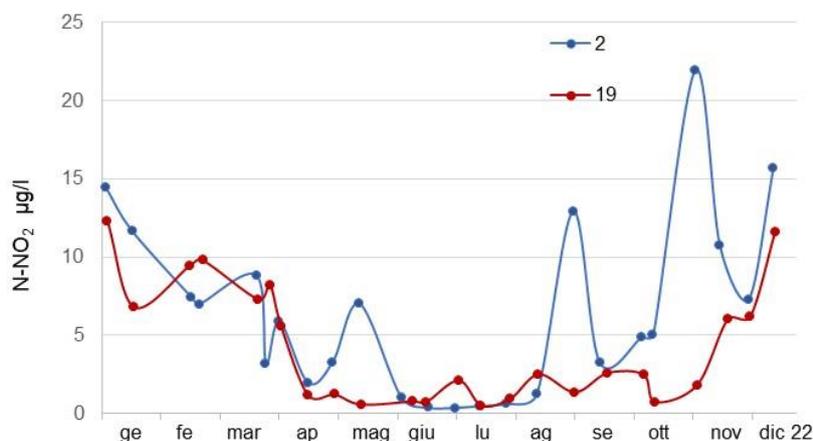


Figura 50 – Andamento temporale dell'azoto nitroso nelle stazioni 2 e 19, a 0.5 km davanti a Lido di volano e Cattolica

Nei seguenti grafici di Figura 51 vengono rappresentate le concentrazioni di azoto nitroso sia in superficie che sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico. Gli andamenti sono molto simili sebbene si osservi una maggior variabilità in superficie rispetto ai valori misurati sul fondo. In alcuni campionamenti, si sono registrate concentrazioni più alte sul fondo, in concomitanza di una maggiore attività metabolica da parte della comunità detritivora. Questa attività, attraverso la mineralizzazione della sostanza organica che sedimenta sul fondo marino, rimette in circolo i nutrienti e quindi anche l'N-NO₂.

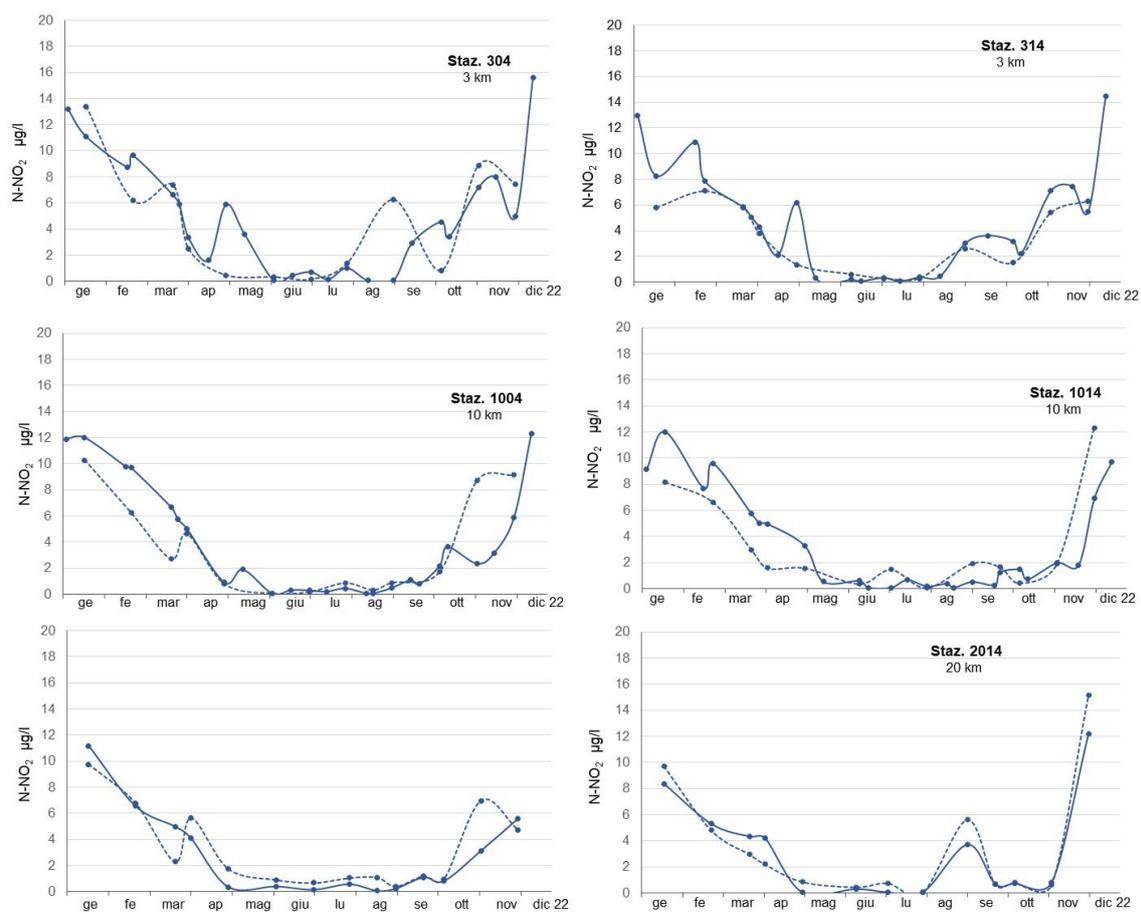


Figura 51 – Andamenti temporali dell’N-NO₂ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

4.3.2.c Azoto ammoniacale (N-NH₃)

Le medie annuali dell'azoto ammoniacale (Figura 52) mostrano concentrazioni più alte nelle stazioni in costa correlate agli apporti di acque dolci dai bacini costieri che hanno un impatto diretto sulle acque marine più vicine alle foci. Lungo il transetto di Cesenatico (14) si osserva un marcato trend negativo, mentre nelle stazioni 9 e 309 (transetto 9) i valori medi sono molto simili. Nella stazione a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi (4) si registra il valore medio più elevato pari a 21.6 µg/l molto simile ai 21.3 µg/l della stazione 2, davanti a Lido di Volano.

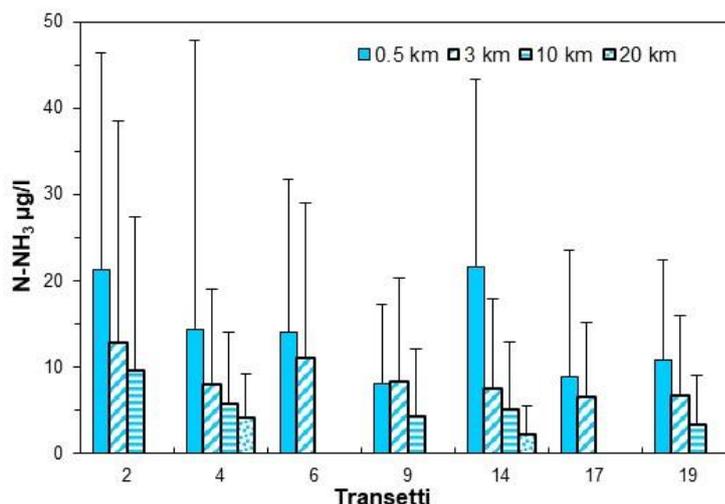


Figura 52 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale (µg/l) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Il calcolo delle medie stagionali evidenzia le massime concentrazioni in autunno in tutte le stazioni considerate nei grafici di Figura 53 insieme ad una tendenza alla diminuzione da nord a sud. Il grafico sottolinea anche come nella stazione 14, davanti a Cesenatico, le medie stagionali siano più alte da inizio anno fino all'estate rispetto alle altre stazioni.

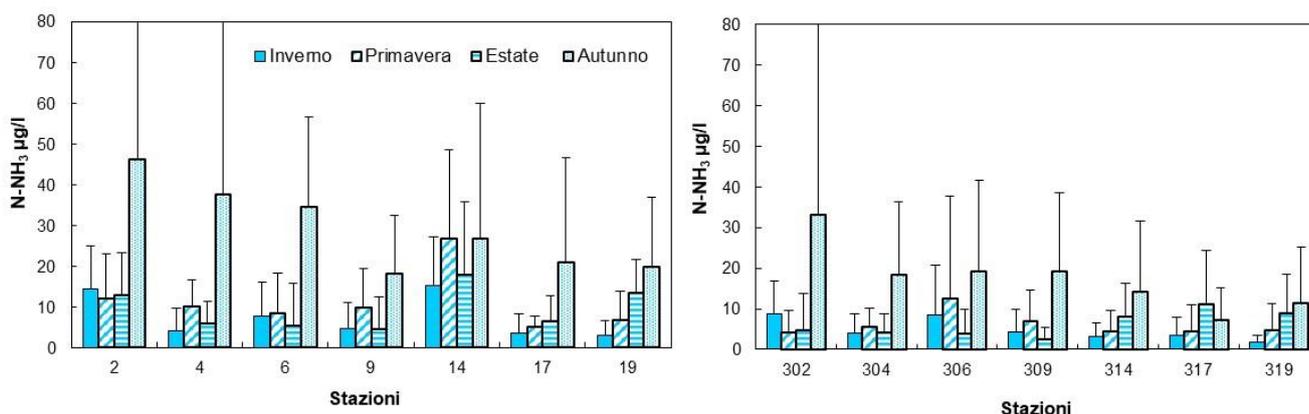


Figura 53 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale (µg/l) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Le mappe di Figura 54 mostrano la distribuzione dell'azoto ammoniacale in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante la stagione autunnale evidenziando i valori più elevati nell'area settentrionale.

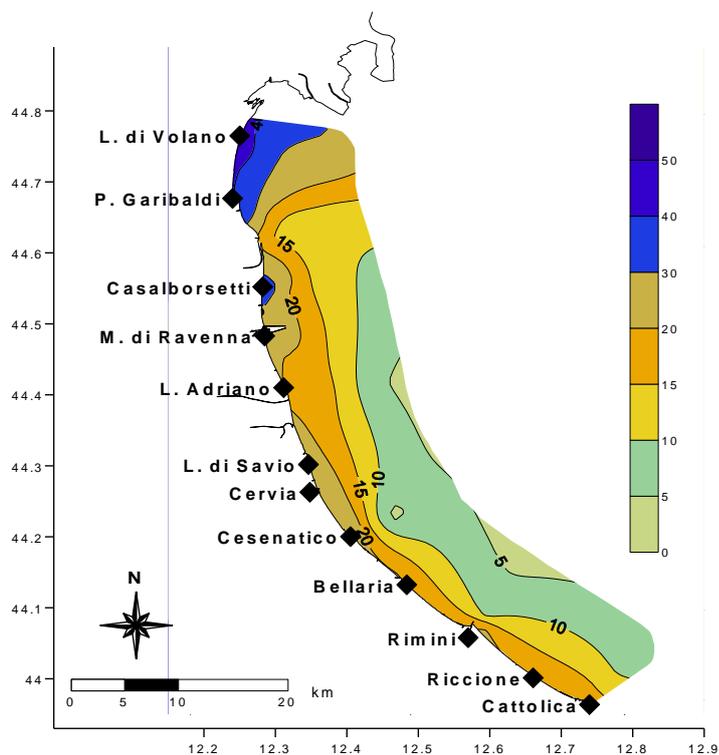


Figura 54 – Mappe di distribuzione dell'azoto ammoniacale in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo come media stagionale autunnale

Il massimo di N-NH₃ registrato nel corso del 2022 è stato misurato nelle acque marine di superficie nella stazione 4, davanti a Porto Garibaldi, il 13 dicembre con 166.1 µg/l.

L'andamento temporale del parametro in alcune stazioni conferma picchi più elevati nelle stazioni 2 e 4, localizzate proprio nell'area più settentrionale della costa e una pronunciata variabilità nella stazione 14 davanti a Cesenatico (Figura 55).

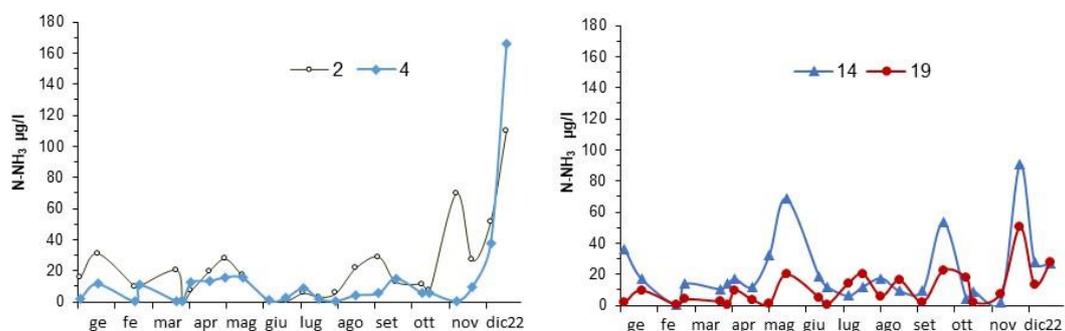


Figura 55 – Andamenti temporali dell'azoto ammoniacale nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

La variabilità rilevata nelle acque di superficie alla stazione 4, si riscontra anche nelle altre stazioni lungo la direttrice di Cesenatico fino ad una distanza di 10 km dalla costa (Figura 56). I grafici riportano gli andamenti annuali dell'azoto ammoniacale sia in superficie che sul fondo lungo sia il transetto di Cesenatico che in quello di fronte a Porto Garibaldi. Si osserva una maggior variabilità in superficie nelle stazioni più vicine alla costa, con concentrazioni di azoto ammoniacale superiori in superficie rispetto a quelle misurate sul fondo.

Si evidenziano tuttavia campionamenti in cui le concentrazioni sul fondo sono risultate essere superiori a quelle in superficie, come evidenziato dal picco registrato nella stazione 304 il 5 settembre (82 µg/l). Tale condizione si è verificata in concomitanza con condizioni sul fondo caratterizzate dalla diminuzione, nell'ultimo strato della colonna d'acqua, anche di ossigeno disciolto. Questo fenomeno è attribuibile ad un aumento dell'attività della componente aerobica (detritivori) presenti nel sedimento, i quali durante il loro ciclo metabolico mineralizzano la sostanza organica depositatasi sul fondo, rendendo solubile l' $N-NH_3$.

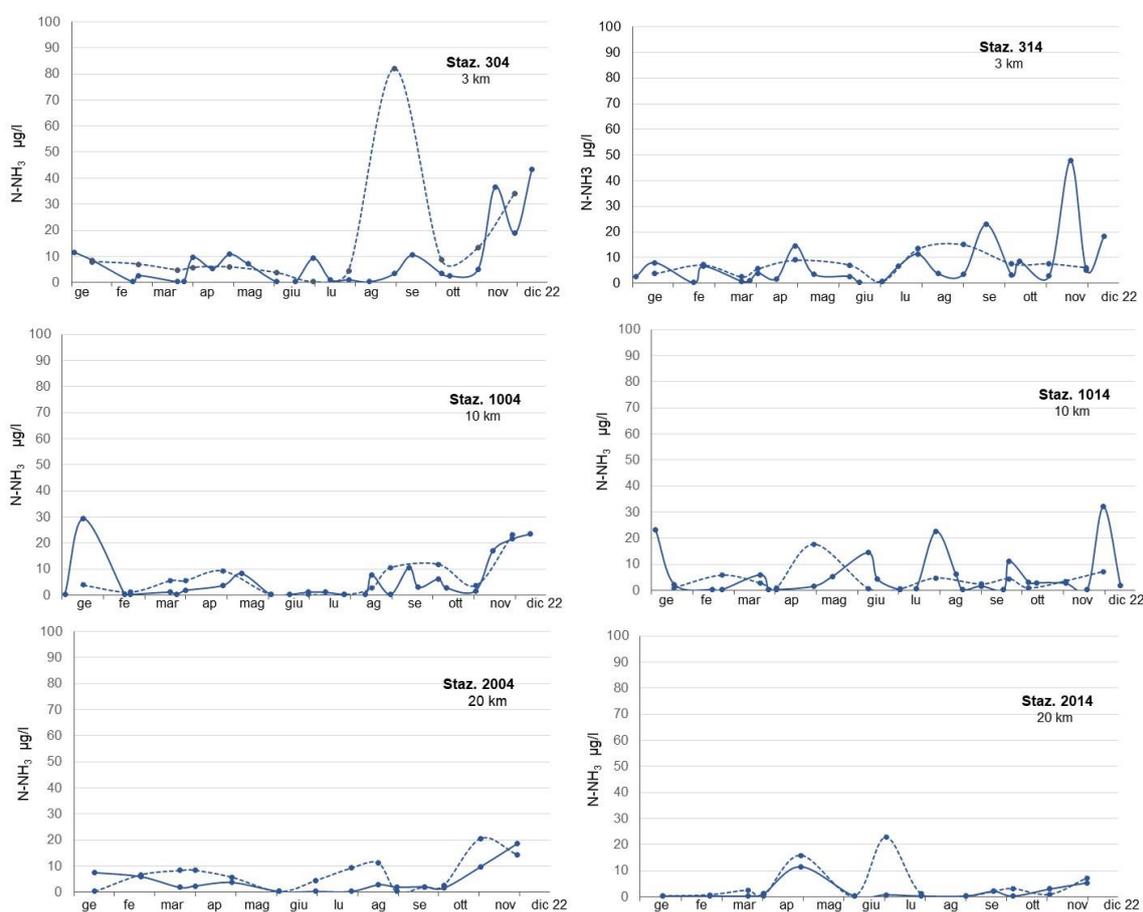


Figura 56 - Andamenti temporali dell' $N-NH_3$ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

4.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

Il DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) rappresenta l'azoto disciolto inorganico presente in mare ed è la somma delle diverse forme di azoto solubili: azoto nitroso, azoto nitrico ed azoto ammoniacale. E' un parametro importante, insieme agli altri nutrienti, per la valutazione della qualità ambientale dell'ecosistema costiero. Delle tre componenti l'azoto nitrico (N-NO₃) è quello più rappresentativo come si evidenzia nel grafico di Figura 57 che riporta i dati rilevati nella stazione 2 a 0.5 davanti a Lido di Volano. Il grafico evidenzia concentrazioni molto basse da giugno ad agosto correlate alle portate basse sia dai bacini costieri che da quello padano.

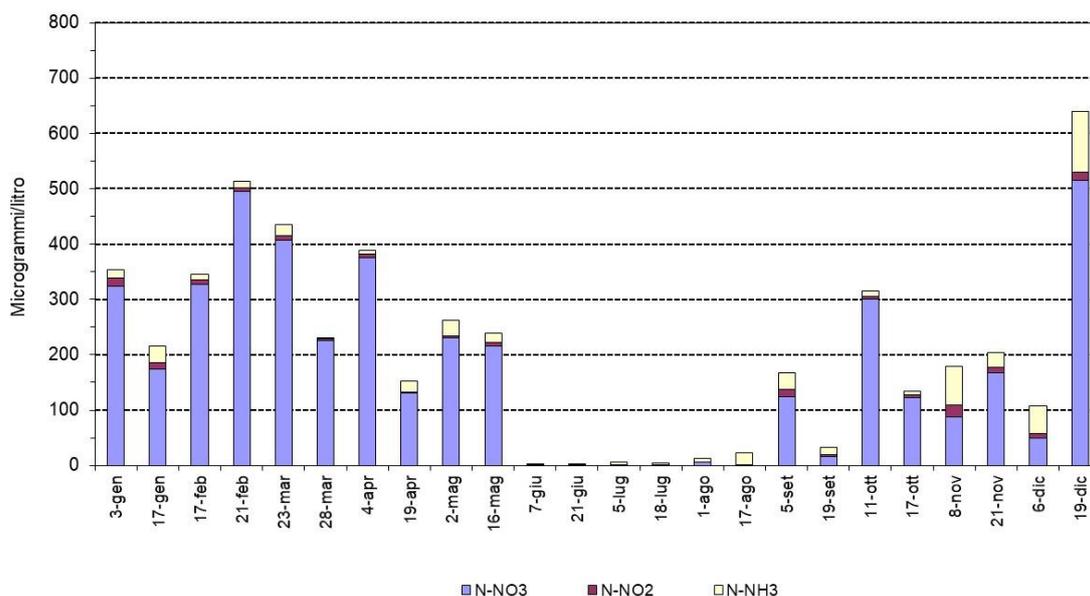


Figura 57 – Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione 2 (Lido di Volano)

Il confronto dei valori medi mensili nelle stazioni a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica con quello medio mensile calcolato nel periodo 1993-2002 evidenzia una tendenza negativa per tutte e tre le stazioni e durante tutto l'anno (Figura 58).

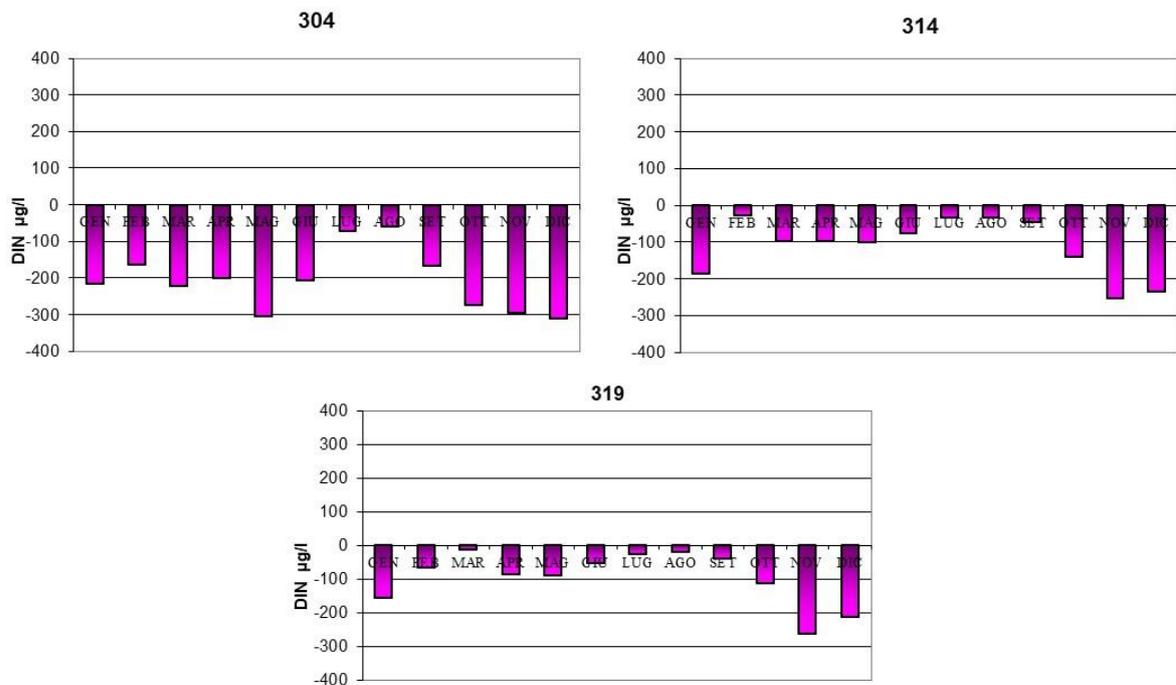


Figura 58- Variazioni dei valori mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi (304), Cesenatico (314) e Cattolica (319) rispetto al valore medio climatologico di riferimento

Tendenza confermata anche nel grafico di Figura 59 che mette a confronto le medie geometriche annuali calcolate in tre aree rappresentative della costa dell'Emilia-Romagna dal 1982 al 2022. 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.

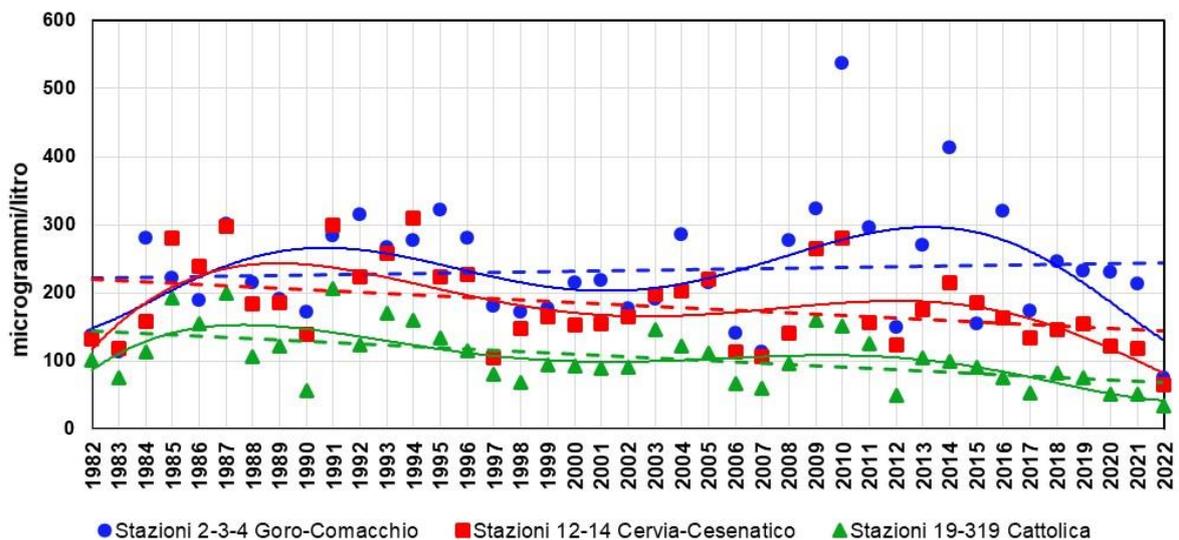


Figura 59 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2022)

4.3.2.e Azoto totale (N tot)

Le medie annuali calcolate nelle stazioni in costa confermano, come per le tre forme di azoto solubili già commentate, il persistere di un trend negativo da nord a sud e da costa a largo evidenziato anche per le forme di azoto solubile viste nei paragrafi precedenti. Rispetto ai dati dell'anno precedente si osserva una diminuzione generale sia nell'area settentrionale che in quella meridionale (Figura 60). Nel 2022, la media annuale a Lido di Volano è stata pari a 542.5 µg/l registrando una riduzione rispetto ai 704.8 µg/l del 2021 mentre a Cattolica è stata di 292 µg/l, inferiore ai 454.5 µg/l dell'anno precedente.

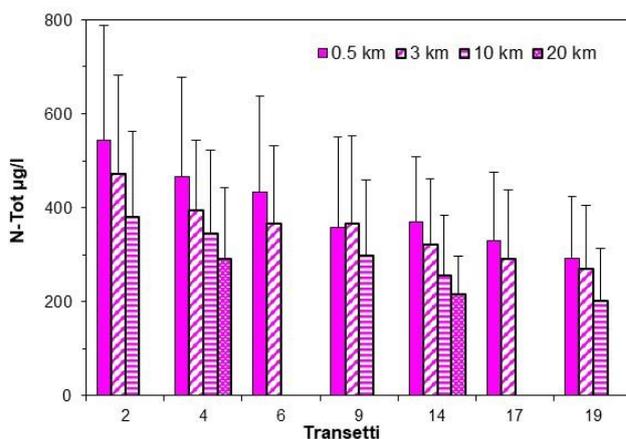


Figura 60 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale (µg/l) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'analisi dei dati attraverso la media stagionale evidenzia ancora una tendenza negativa da nord a sud (Figura 61). I valori più elevati di azoto totale si registrano durante le stagioni più fredde e i minimi durante l'estate. La stazione 2 davanti a Lido di Volano rimane quella con concentrazioni più elevate e minor variazioni fra le stagioni.

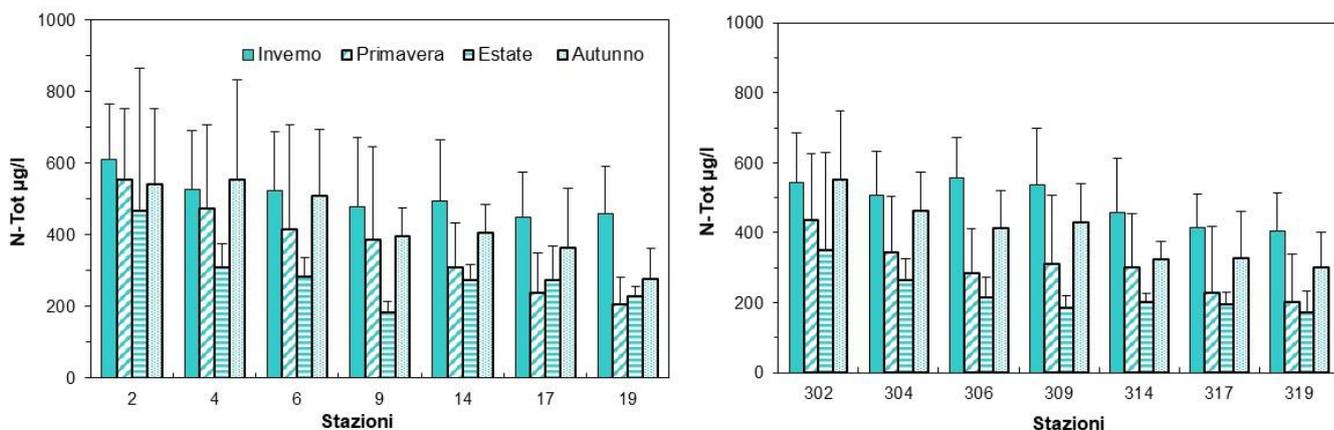


Figura 61 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale (µg/l) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le medie mensili calcolate nel 2022 nelle stazioni a 3 km posizionate davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica confrontate con i valori medi climatologici di riferimento nel lungo periodo 1993-2002, evidenziano molti valori negativi (Figura 62). Questo conferma la tendenza ad una diminuzione generale delle concentrazioni di azoto totale nelle acque di superficie in particolare nella stazione più settentrionale (stazione 304).

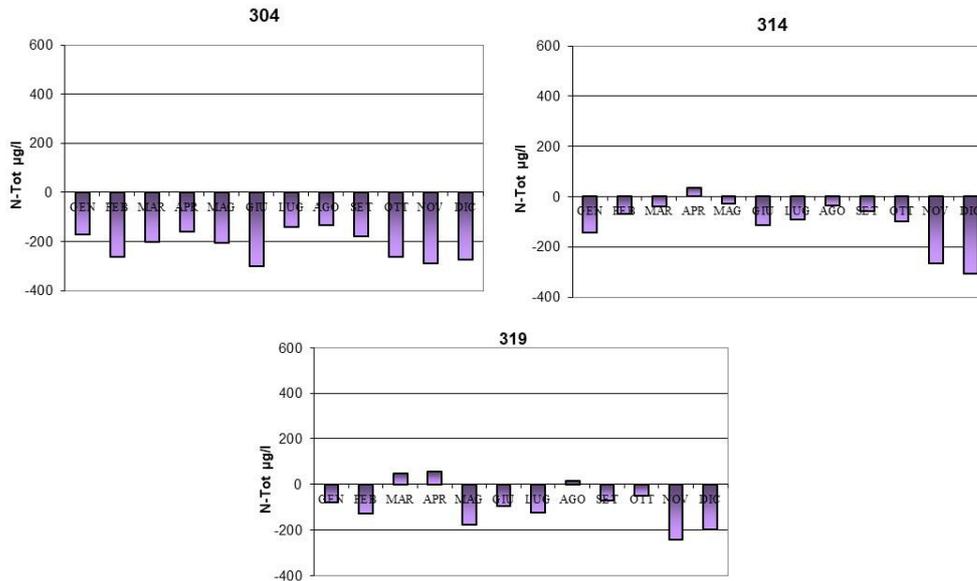


Figura 62 – Variazioni dei valori medi mensili dell’azoto totale nelle stazioni a 3 km rispetto ai valori climatologici di riferimento

Gli andamenti temporali dell’azoto totale analizzati nel corso dell’anno nelle due stazioni costiere opposte, una a nord e l’altra a sud, sottolineano concentrazioni maggiori e picchi più alti a Lido di Volano rispetto a quelli registrati a Cattolica (Figura 63). Il valore massimo misurato nel 2022 è stato di 1282 µg/l il 28 marzo alla stazione 11 (0.5 km davanti alla foce del Savio) di poco superiore ai 1265.2 µg/l misurati il 5 settembre nella stazione 2, come evidenziato nel picco di figura.

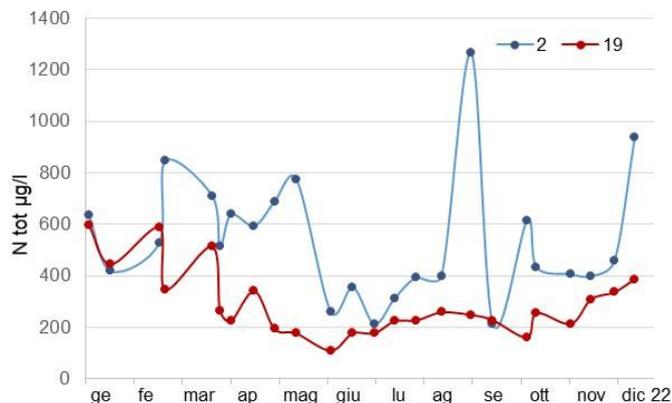


Figura 63 – Andamenti temporali dell’azoto totale a Lido di Volano (2) e Cattolica (19)

Il comportamento delle concentrazioni di azoto totale in superficie e sul fondo analizzate nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo il transetto di Porto Garibaldi rivela fluttuazioni meno accentuate andando da costa verso il largo a entrambe le quote (Figura 64). Sul fondo, l'andamento rimane sempre più lineare e contenuto, confermando una maggior stabilità della colonna d'acqua negli ultimi strati.

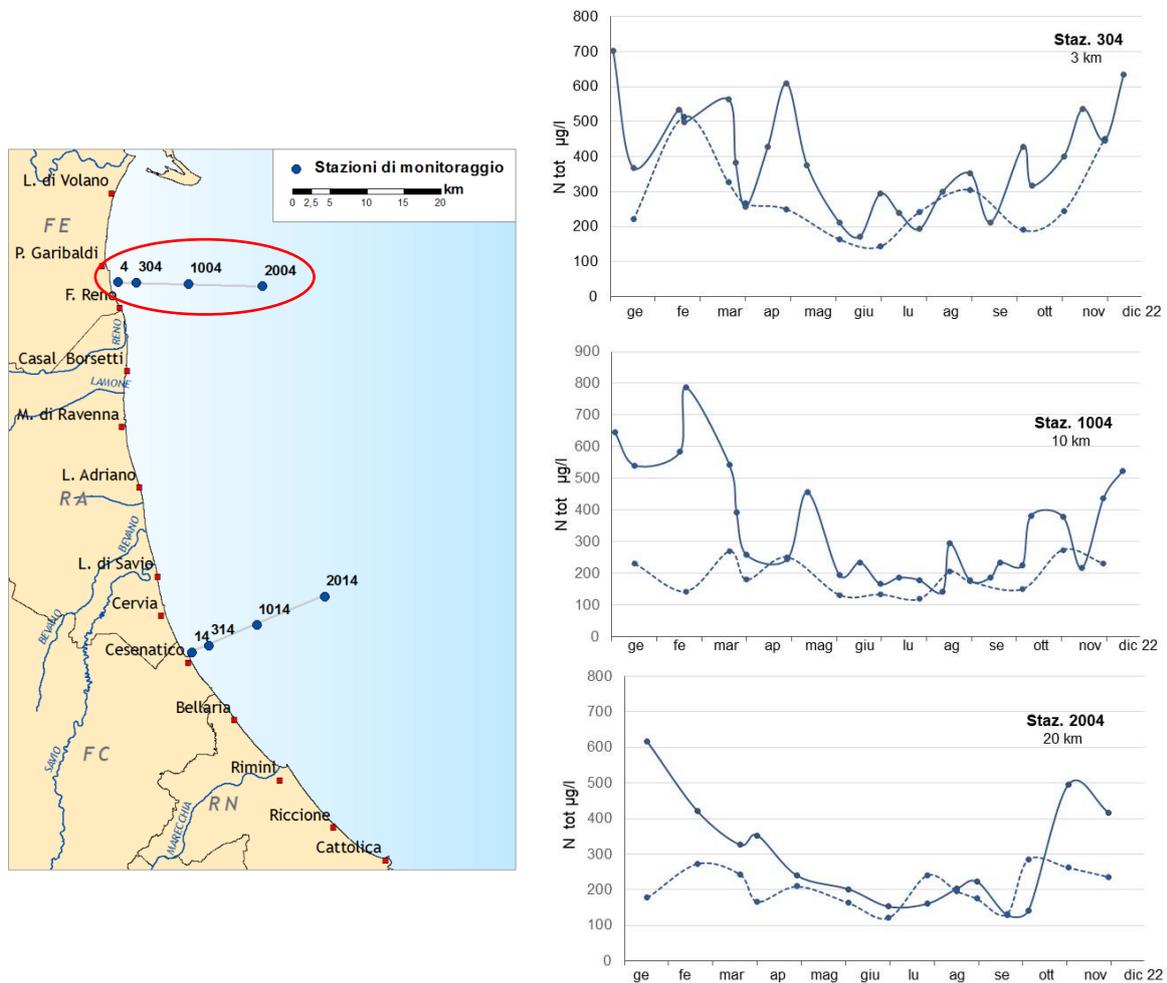


Figura 64 – Andamenti temporali dell'azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi

4.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

La presenza del fosforo in mare è dovuta principalmente ad attività di tipo antropico e fenomeni naturali come il dilavamento dei suoli dei bacini naturali. Durante i campionamenti viene ricercato sotto due forme come P totale e P-PO₄ fosforo ortofosfato che rappresenta la componente assimilabile da parte del fitoplancton.

Gli andamenti annuali del fosforo reattivo confermano, come negli anni passati, un marcato trend decrescente nord sud e costa largo (Figura 65). I dati medi annuali massimi nel 2022 sono stati calcolati nelle stazioni localizzate nell'area a nord della costa a 0.5 km davanti a Lido delle Nazioni (staz. 2) e Porto Garibaldi (staz. 4) con un valori intorno ai 5 µg/l.

Il dato più basso come dato medio annuale si è calcolato nell'area meridionale della costa al largo di Cattolica a 10 km al largo, con un valore di 1.44 µg/l. Il confronto con i dati del 2021 non presenta variazioni significative confermando una tendenza alla diminuzione rispetto gli anni passati; si registra una riduzione della concentrazione media rispetto al 2021 nella stazione 6, a 0.5 km davanti a Casalborsetti.

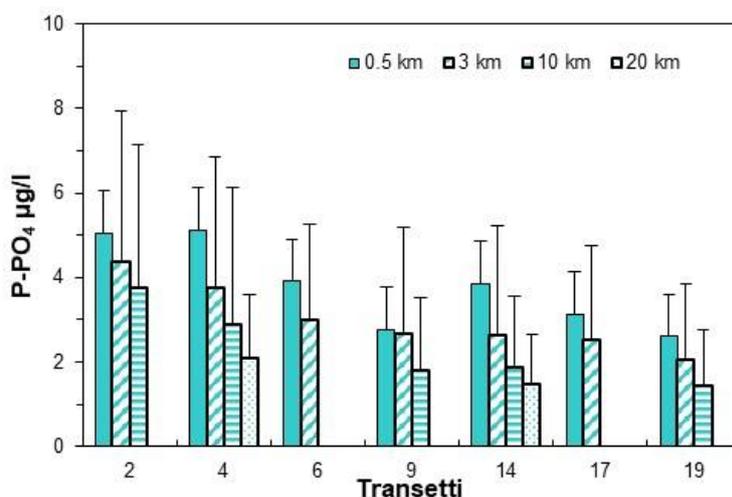


Figura 65 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

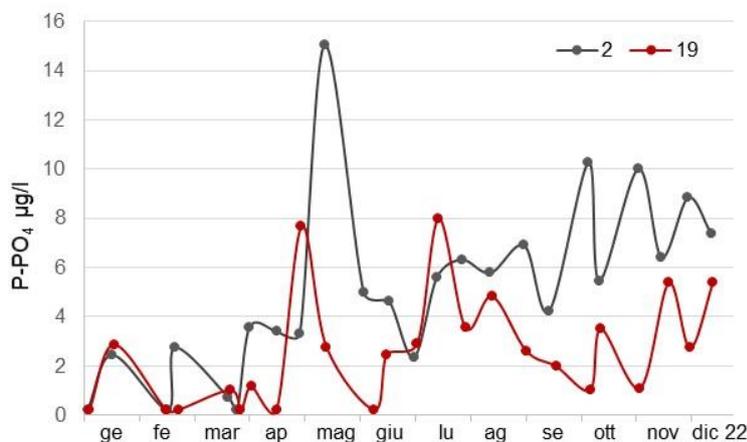


Figura 66 – Andamenti temporali del fosforo reattivo nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica)

L'andamento annuale del parametro davanti a Lido di Volano (staz. 2) a confronto con quello misurato a Cattolica (staz. 19) evidenzia fluttuazioni più ampie e valori maggiori nella stazione settentrionale rispetto a quella localizzata nella parte più a sud della costa confermando il trend nord sud (Figura 66). Il massimo a Lido di Volano è stato di 15 µg/l durante i controlli del 16 maggio, mentre a Cattolica la concentrazione più alta è stata di 7.99 µg/l in estate, il 19 luglio.

Analizzando l'andamento stagionale si evidenziano concentrazioni molto basse nei primi 3 mesi dell'anno, stagione invernale, e più elevate nelle altre. Il comportamento del fosforo nelle acque di superficie è abbastanza simile nelle stazioni considerate in Figura 67, fatta eccezione per la stazione 4, davanti a Porto Garibaldi dove i valori medi stagionali sono molto simili da primavera all'inverno. Nella maggior parte delle stazioni prese in esame il fosforo reattivo è superiore in autunno. Davanti a Lido delle Nazioni a 0.5 e 3 km dalla riva si è misurata, sempre negli ultimi mesi dell'anno, la media più alta pari a 8 µg/l.

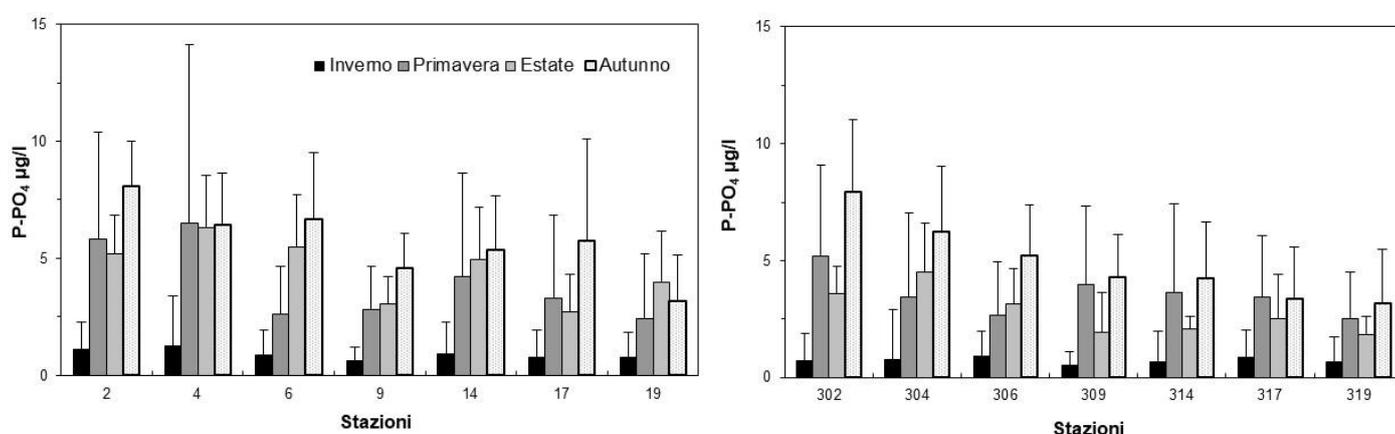


Figura 67 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Nella figura seguente (Figura 68) vengono messe a confronto le medie mensili del fosforo reattivo calcolate nel 2022 con le medie climatologiche di riferimento calcolate su un lungo periodo 1993-2002 nelle tre stazioni a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Come rilevato anche nel 2021 si osserva una tendenza ad una riduzione durante tutto l'anno. Valori positivi che evidenziano un incremento rispetto alla media di riferimento si evidenziano nel mese di maggio in tutte le stazioni. Nella stazione 304 incrementi più lievi anche a luglio e settembre e minimi a ottobre nella 314 e ad agosto nella 319.

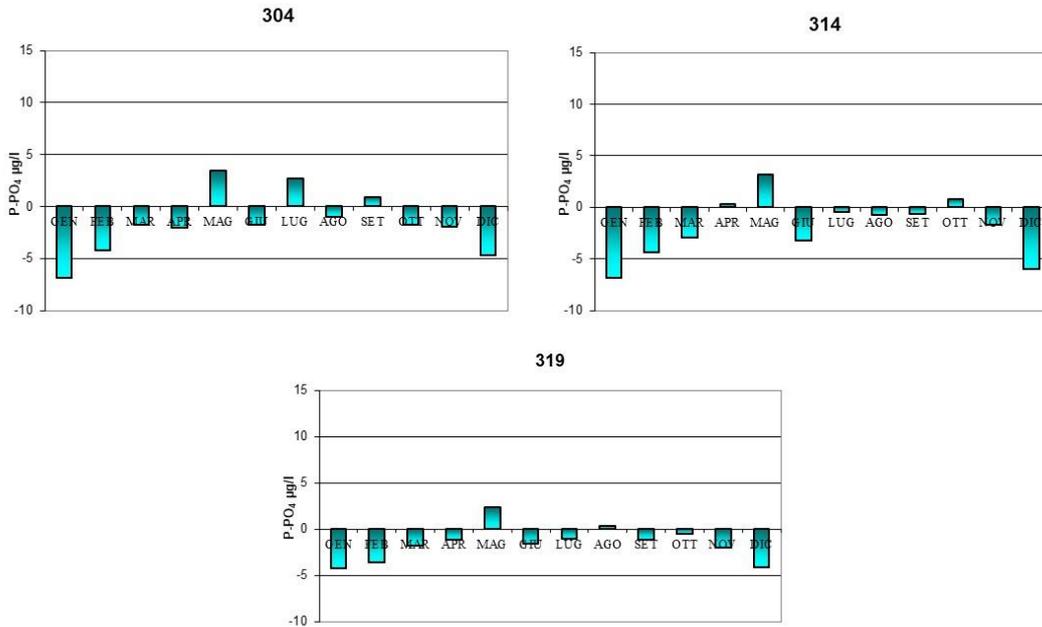


Figura 68– Variazioni dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km rispetto ai valori climatologici di riferimento

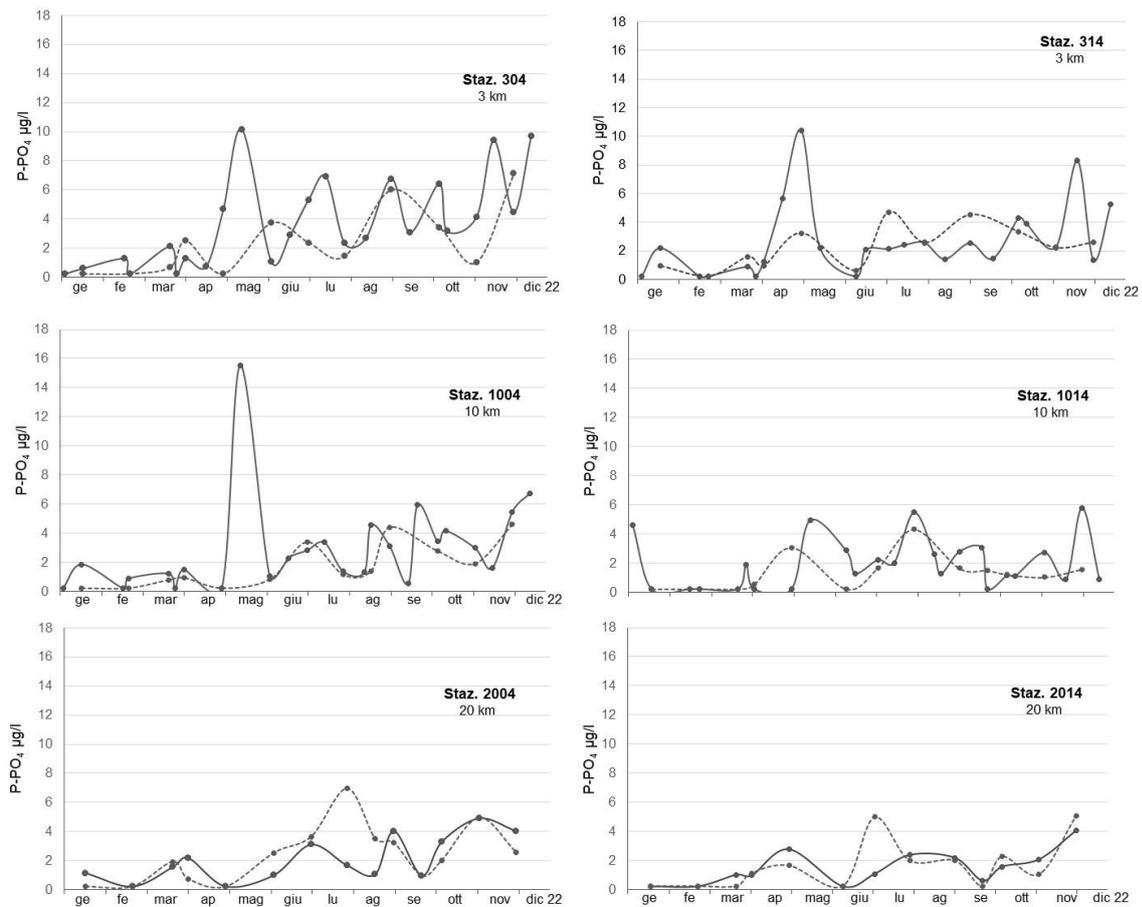


Figura 69 - Andamenti temporali del fosforo reattivo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi e Cesenatico

La Figura 69 mostra la tendenza annuale delle concentrazioni del P-PO₄ in superficie e sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. In superficie si osserva una variabilità maggiore con fluttuazioni più ampie, mentre sul fondo gli andamenti rimangono più lineari con alcuni episodi dove le concentrazioni sono risultate superiori a quelle registrate in superficie. I grafici evidenziano picchi elevati alla quota superficiale nel mese di maggio nelle stazioni a 3 km e a 10 davanti a Porto Garibaldi con valori rispettivamente di 10.1 µg/l e 15.5 µg/l. Anche nella stazione 314 si rileva un picco pari a 10.4 µg/l ad inizio maggio. La concentrazione più elevata di fosforo reattivo misurata nel 2022 in superficie è stata di 21.6 µg/l davanti a Porto Garibaldi durante i controlli del 16 maggio. Il grafico di Figura 70 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.

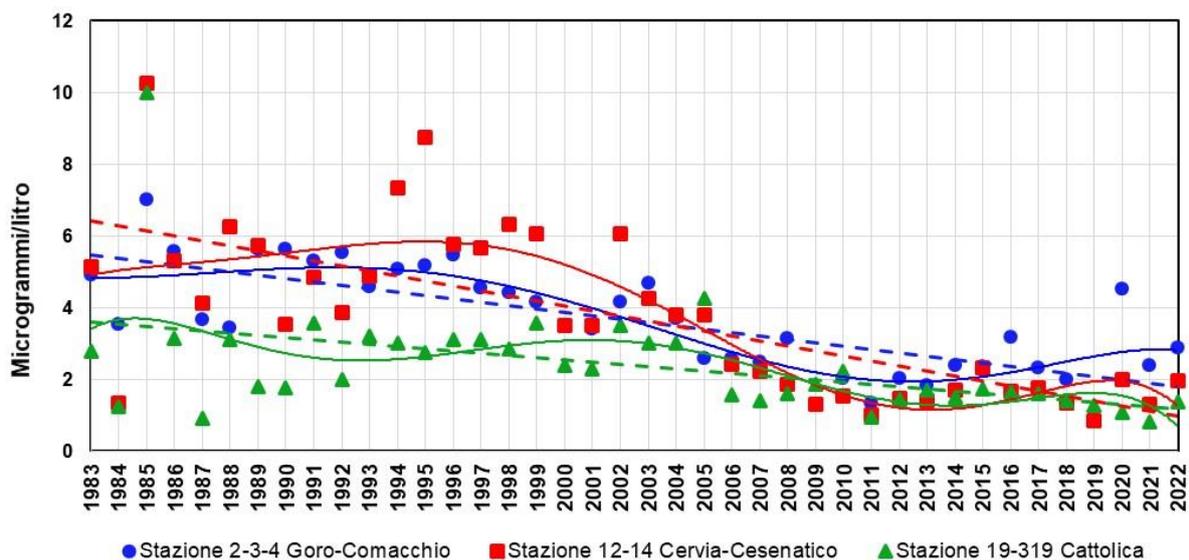


Figura 70 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo reattivo in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2022)

4.3.2.g Fosforo totale (P tot)

Analogamente al fosforo reattivo anche per il fosforo totale si conferma un trend negativo nord sud e costa largo più marcato nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle meridionali. Il confronto con i dati medi annuali calcolati nel 2021 sottolinea nel 2022 una diminuzione generale delle concentrazioni del parametro nelle acque di superficie lungo tutta la costa (Figura 71).

Prendendo come esempio il transetto di Porto Garibaldi, la media dei dati calcolati a 0.5 km dalla costa è stata di 19.8 µg/l nel 2022, in netta diminuzione rispetto ai 28 µg/l del 2021. Stessa condizione nella stazione più lontana posizionata a 20 km, in cui il valore di 8.9 µg/l è stato inferiore ai 15.4 µg/l quantificato l'anno precedente.

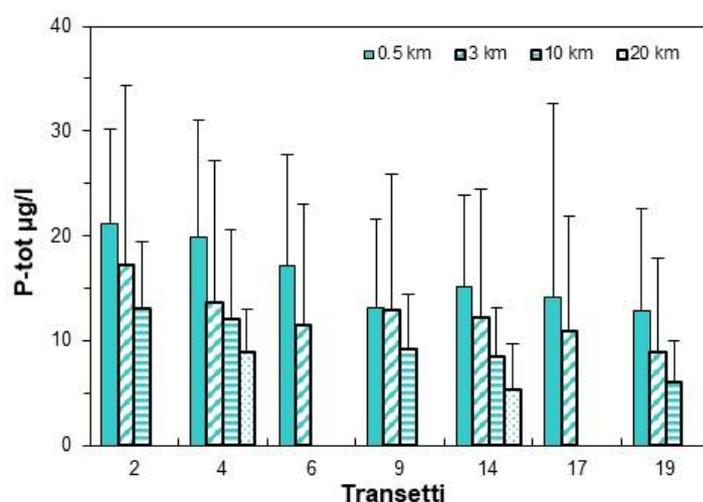


Figura 71 - Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

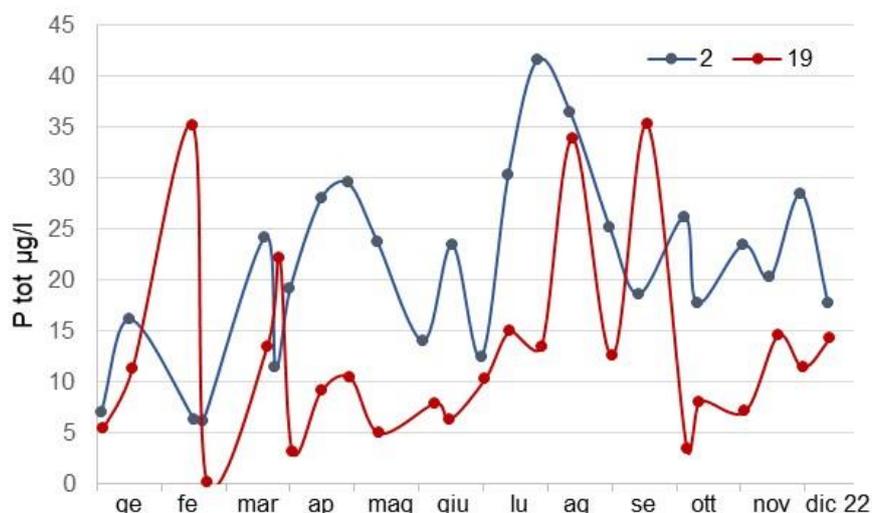


Figura 72 - Andamenti temporali del fosforo totale nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica)

L'andamento temporale del fosforo totale analizzato nelle stazioni 2 e 19 lungo la costa, con una posizionata a nord e l'altra a sud, mostra un comportamento variabile in entrambe le aree. Si osservano concentrazioni più elevate a Lido di Volano

(stazione 2) rispetto a quelle rilevate a Cattolica (stazione 19). Tuttavia, è interessante notare che alcuni monitoraggi registrano picchi di fosforo totale nella stazione più meridionale nei mesi di giugno e settembre (Figura 72).

Nel corso del 2022, le concentrazioni massime di fosforo totale sono state misurate durante i campionamenti effettuati il 28 marzo e il 23 settembre nelle stazioni 11 (0.5 km davanti alla foce del Savio) e 17 (0.5 km davanti a Rimini), con valori rispettivamente di 79.55 µg/l e 95.48 µg/l. Questi valori elevati sono strettamente correlati a eventi di precipitazioni verificatesi nel periodo, che hanno aumentato le immissioni di acque dolci dai bacini costieri e di conseguenza anche di nutrienti.

L'analisi delle medie stagionali evidenzia concentrazioni più basse in inverno e valori più alti nelle altre stagioni, che si sono mantenuti al di sotto dei 30 µg/l. Nelle stazioni 2, 4 e 17 si sono registrati i valori medi più alti durante la stagione estiva.

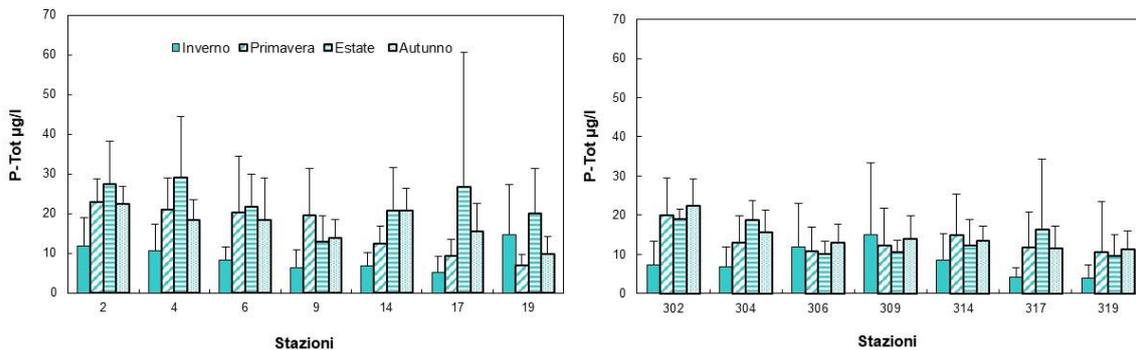


Figura 73 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le medie mensili del fosforo totale calcolate nelle stazioni lungo la costa alla distanza di 3 km, confrontate con la media climatologica calcolata su un lungo periodo 1983-2002 conferma una tendenza ad una riduzione in tutti i mesi, più evidente a Porto Garibaldi. Valori positivi si segnalano a maggio, agosto e settembre a Cesenatico, ad aprile e ad agosto a Cattolica (Figura 74).

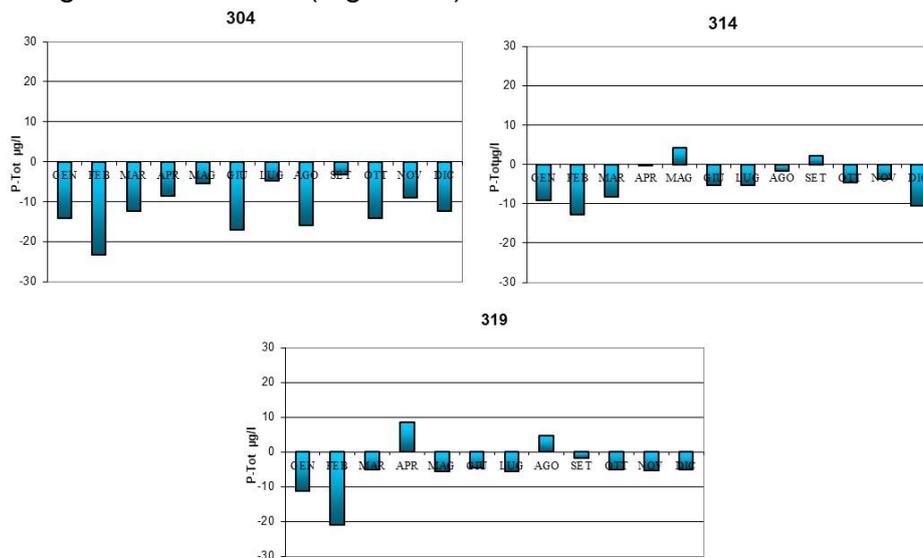


Figura 74 - Variazioni dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km rispetto ai valori climatologici di riferimento

Nella figura seguente (Figura 75), vengono presentati gli andamenti temporali del fosforo totale nel corso del 2022, sia in superficie che sul fondo, nelle stazioni posizionate a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. Emergono fluttuazioni più ampie e una variabilità più accentuata in superficie, soprattutto nelle stazioni più vicine alla costa, rispetto al fondo. Al contrario, nelle stazioni più esterne, i valori mostrano una tendenza più lineare e contenuta. I dati evidenziano picchi significativi nella stazione 1004 in superficie durante alcuni campionamenti effettuati nei mesi di aprile e maggio, oltre a picchi sul fondo lungo il transetto di Cesenatico nelle stazioni a 3 e 20 km.

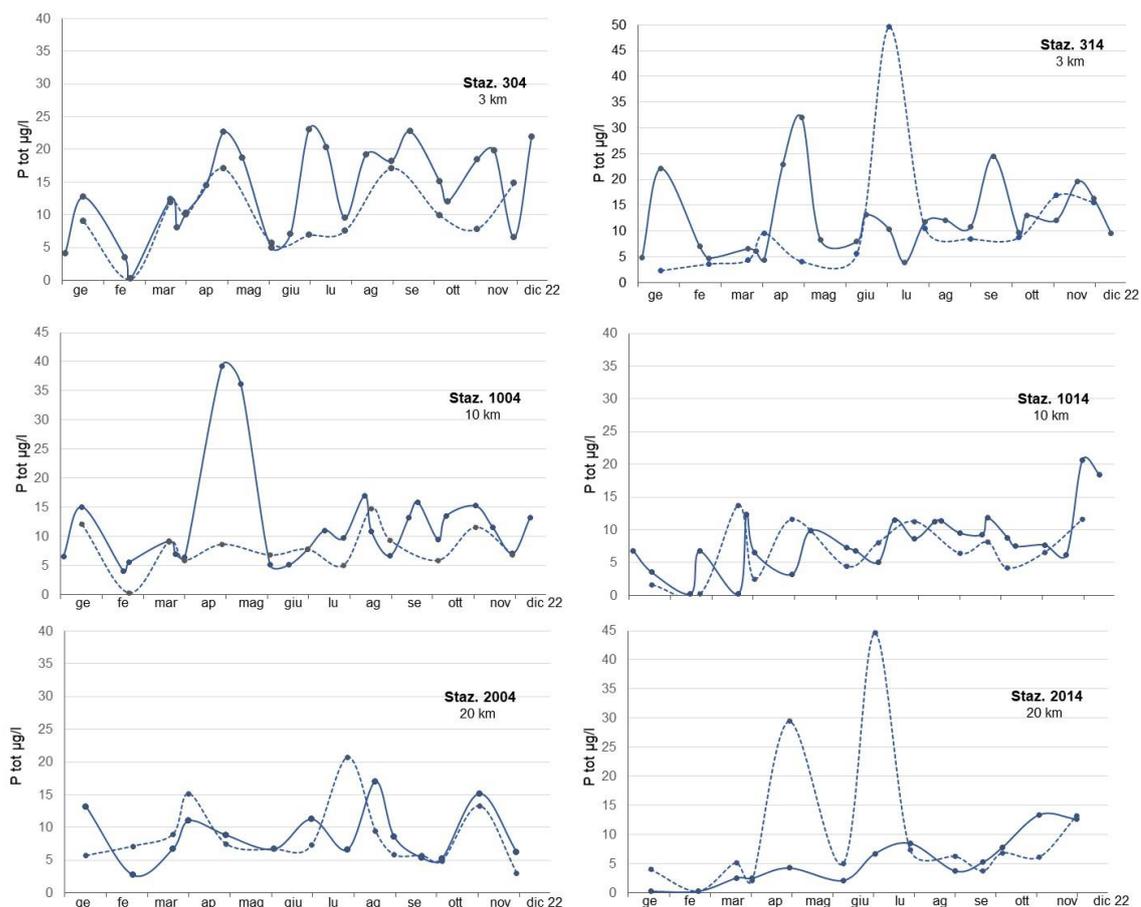


Figura 75 - Andamenti temporali del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi e Cesenatico

L'analisi della tendenza del fosforo totale, come mostrato nella Figura 76, nelle tre aree prese come riferimento, conferma il trend negativo del parametro riscontrato negli ultimi anni.

Gli istogrammi di Figura 77 presentano i valori del fosforo totale a confronto con quello del fosforo reattivo misurati nel 2022 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.

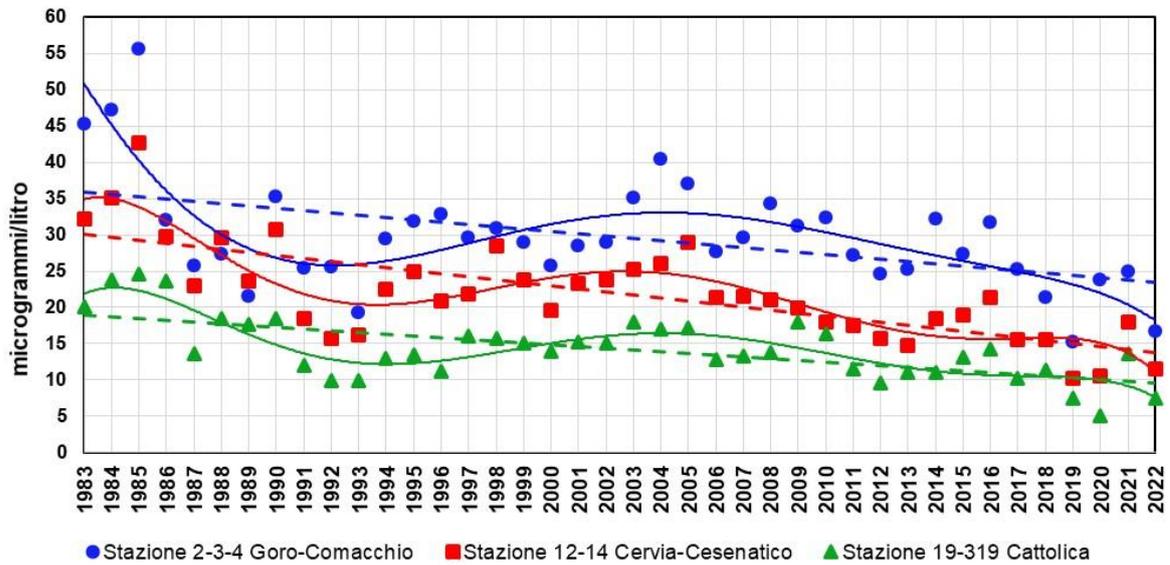


Figura 76 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo totale in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2022)

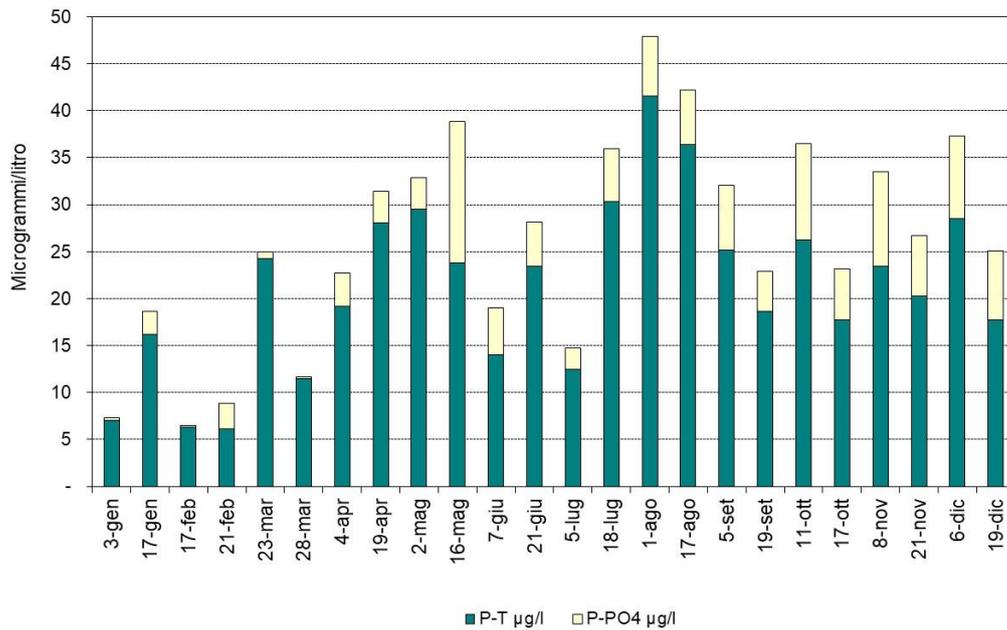


Figura 77 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo totale e del fosforo reattivo nella stazione 2 (Lido di Volano)

4.3.2.h Silice reattiva (Si-SiO₂)

Anche il controllo degli andamenti della silice reattiva durante l'anno, come quello degli altri nutrienti, è importante per valutare la qualità ambientale di un ecosistema marino costiero. La silice reattiva è un nutriente importante per lo sviluppo delle Diatomee, un gruppo di microalghe che utilizza questa forma solubile per costruire parti cellulari (frustoli).

Come evidenziato anche per gli altri nutrienti, si osserva un marcato trend negativo da nord a sud e dalla costa al largo anche per la silice reattiva (Figura 78). I valori medi annuali calcolati hanno registrato valori alti nelle stazioni a 0.5 e 3 km davanti a Lido di Volano (374.5 e 311.4 µg/l), mentre il più basso a 20 km lungo la direttrice di Cesenatico (74.6 µg/l).

Confrontando i dati con quelli calcolati nel 2021, anche per la silice reattiva si evidenzia una diminuzione delle concentrazioni in tutte le stazioni, soprattutto in quelle posizionate nell'area più settentrionale. Nella stazione 2 il valore medio calcolato nel 2022 pari a 374.5 µg/l è inferiore ai 602.9 µg/l misurati l'anno precedente, come anche quello calcolato nella stazione più al largo (1002) pari a 224.3 µg/l contro i 541.02 µg/l del 2021.

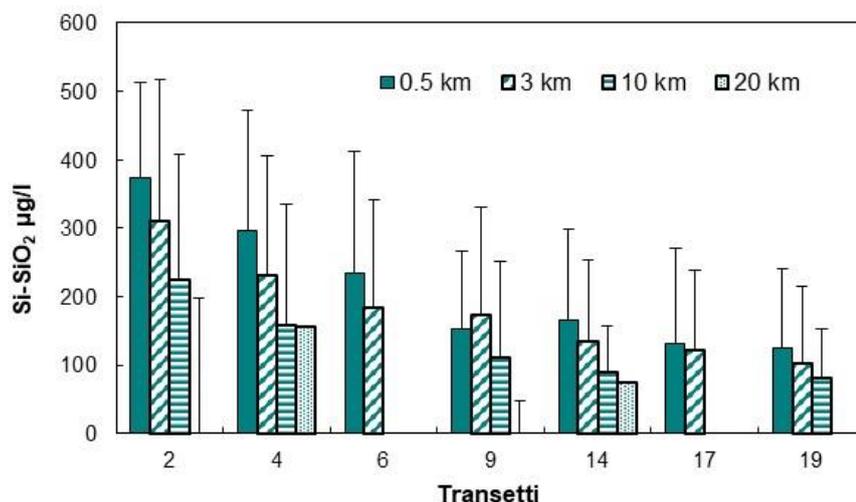


Figura 78- Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazione lungo i transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

I dati elaborati come medie stagionali mostrano quantità più elevate di silice reattiva nelle acque marine di superficie in autunno e inverno, e più basse in primavera ed estate (Figura 79). Fanno eccezione le stazioni 2 e 4, posizionate nell'area più a nord della costa con andamenti simili da gennaio a settembre. Rispetto ai dati medi calcolati nel 2021 si evidenzia una diminuzione più accentuata nelle stazioni costiere localizzate nell'area a nord.

Le mappe in Figura 80 mostrano la distribuzione della silice reattiva in superficie lungo tutta la costa fino a 10 km al largo durante le quattro stagioni, evidenziando valori più elevati confinati sempre nell'area settentrionale.

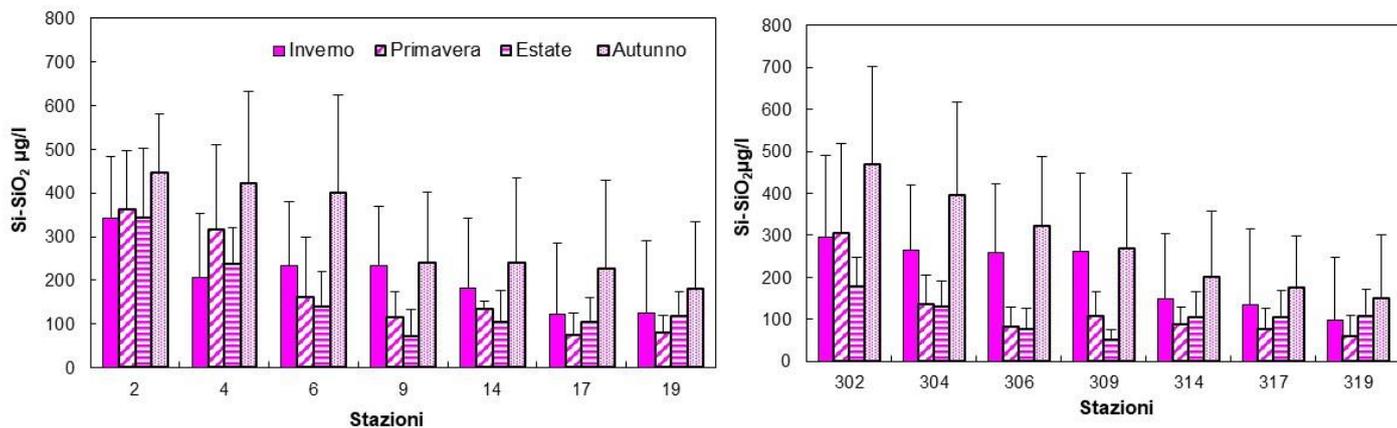


Figura 79 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

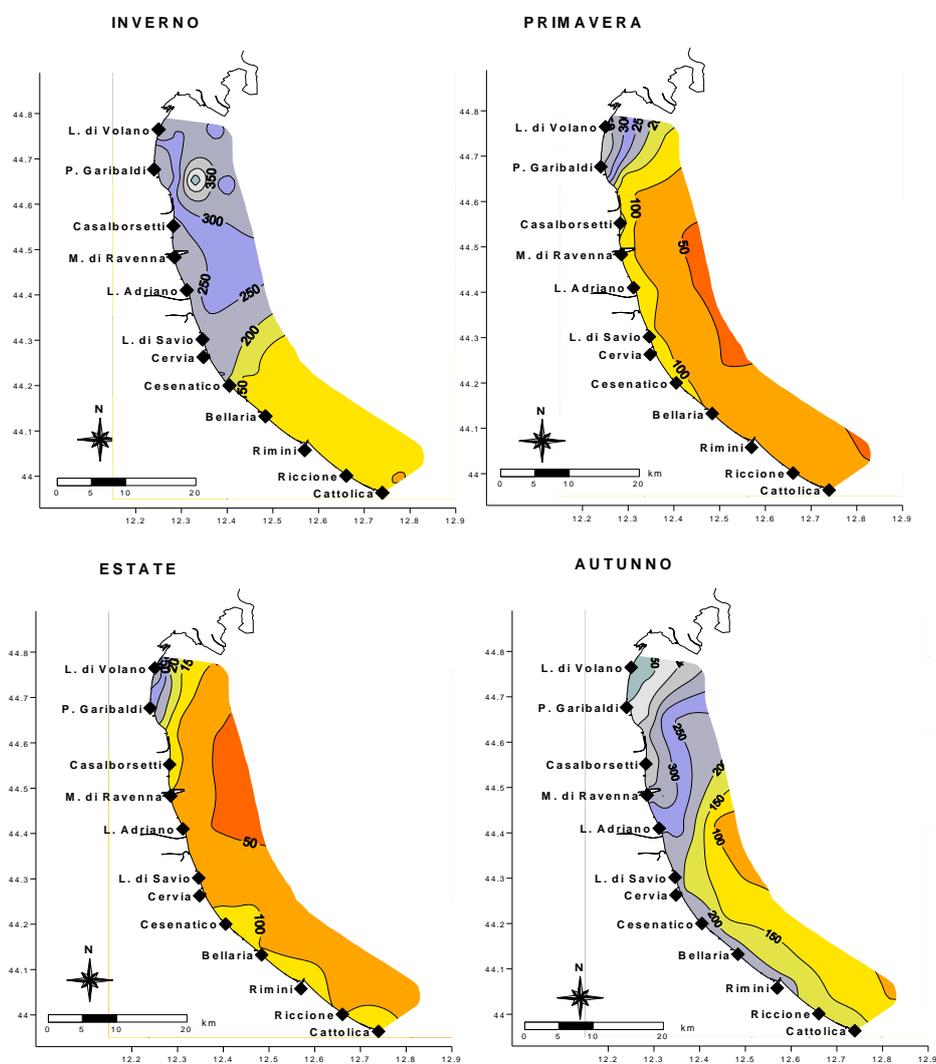


Figura 80 – Mappe di distribuzione della silice reattiva (µg/l) in superficie da costa fino a 10 km al largo (medie stagionali)

I valori più alti di silice reattiva misurati nel corso del 2022 si sono calcolati durante il campionamento del 19 dicembre nelle stazioni 3 (796.9 µg/l) e 4 (746.9 µg/l). L'andamento temporale del parametro analizzato nelle stazioni 2 e 19 lungo la costa, con una posizionata a nord e l'altra a sud, evidenzia ampie fluttuazioni e una più marcata variabilità a Lido di Volano rispetto a Cattolica (Figura 81). Nella stazione 19 si sottolineano concentrazioni elevate a fine gennaio e negli ultimi mesi dell'anno.

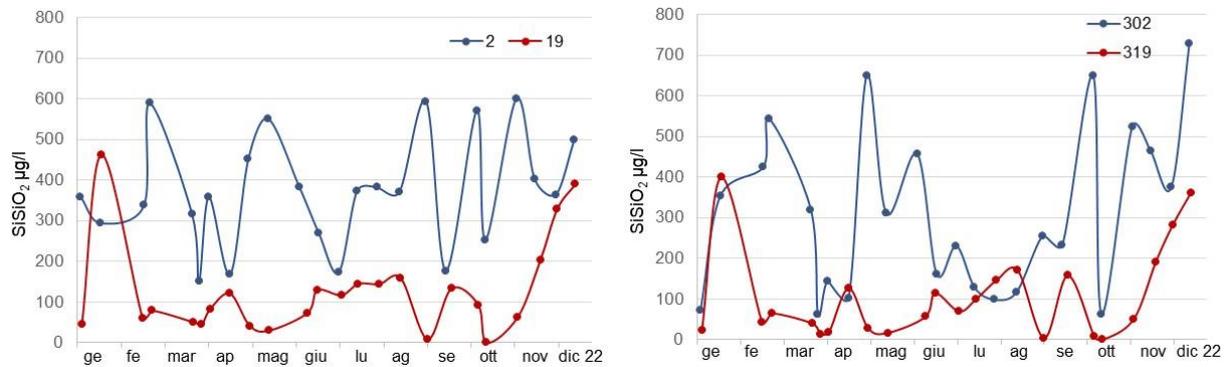


Figura 81 – Andamenti temporali della silice reattiva in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

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 fosforolimitazione 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 2022 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 82).

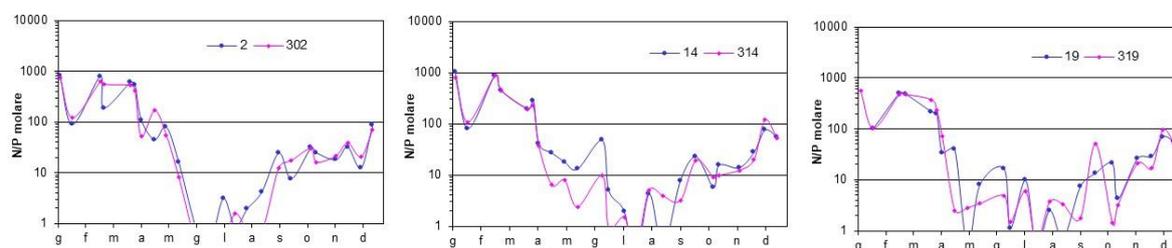


Figura 82 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

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 evidenziando per l'area Nord e centrale una progressiva diminuzione mentre registra un lieve aumento in quella più meridionale (Figura 83).

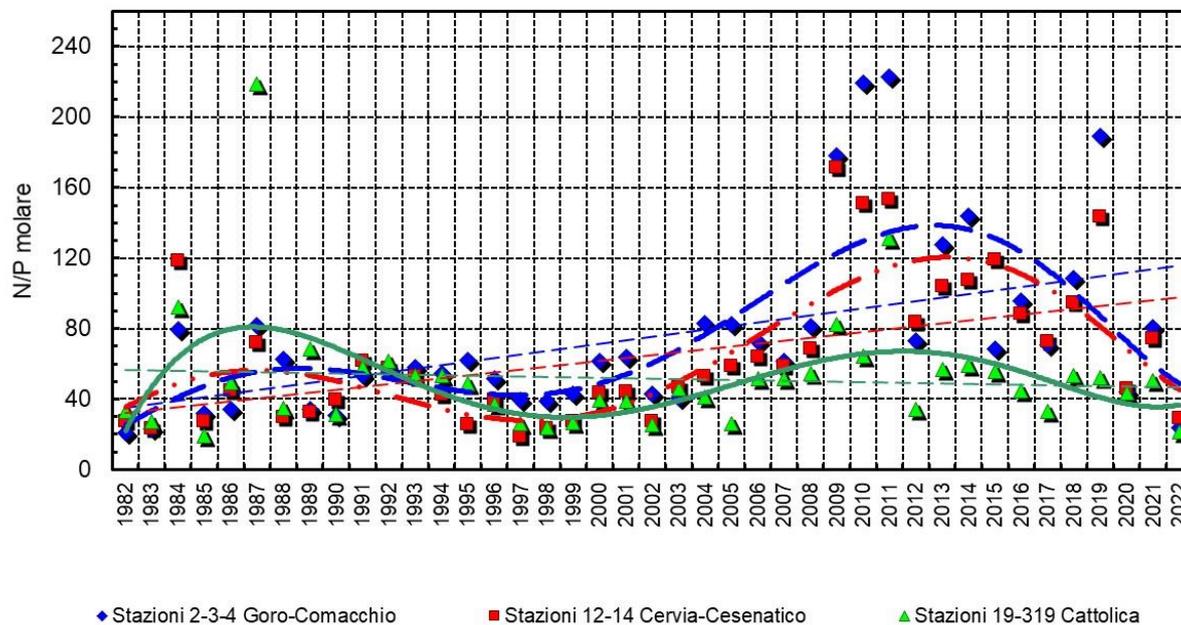


Figura 83 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2022)

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.

L'andamento medio del TRIX nel 2022 mostra per le stazioni a 0.5 e e 3 km lungo la costa, una tendenza a diminuire andando dalle stazioni più settentrionali verso quelle posizionate nell'area meridionale della costa con valori superiori a 5, valore limite di TRIX tra la classe "Buono" e "Sufficiente" (linea nera Figura 84) da Lido di Volano a Porto Garibaldi (0.5 km). Nelle restanti stazioni ed in quelle a 3 km i valori medi rimangono inferiori a 5 attestando una qualità ambientale migliore.

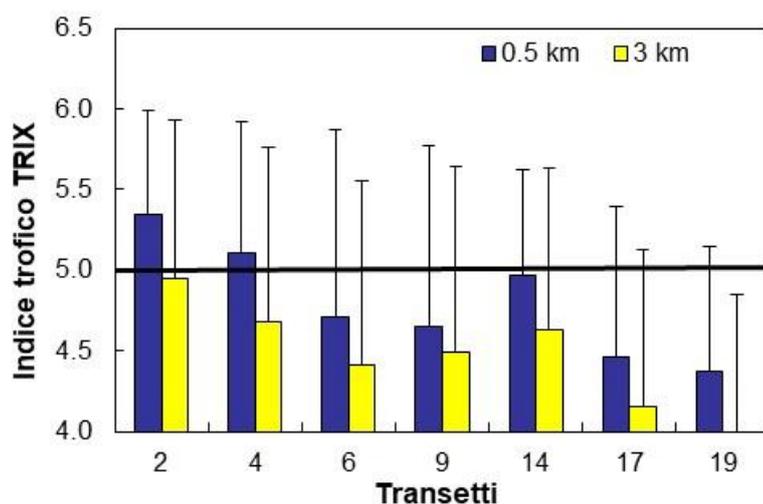


Figura 84 – Medie annuali del TRIX nel 2022 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Per i corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs.152/06, (Figura 85) nel 2022 sia il corpo idrico CD1 sia il corpo idrico CD2 presentano uno stato ambientale “Buono” con valore TRIX inferiori al limite di riferimento 5, con valori pari a 4.87 nel CD1 e 4.51 nel CD2. Il confronto con i valori del 2021 evidenziano una tendenza al decremento in entrambi i corpi idrici.

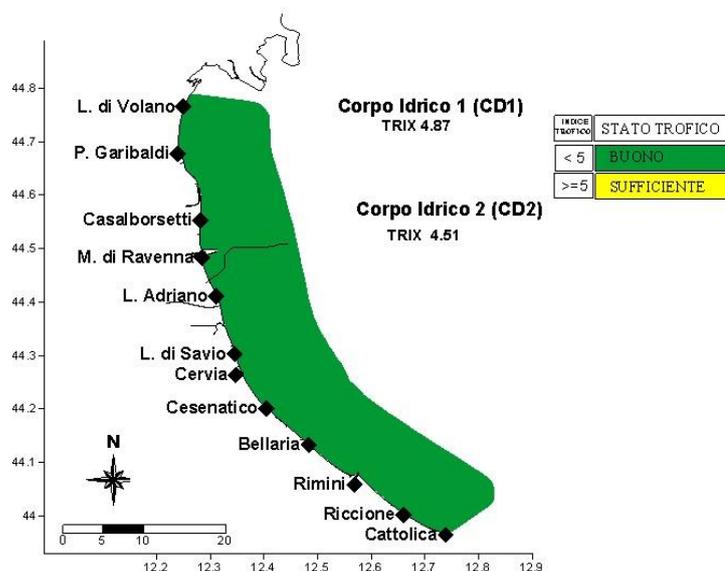


Figura 85 – Valori medi annuali 2022 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell’Indice Trofico nel periodo 2007-2022 (Figura 86) si osserva una diminuzione del TRIX rispetto ai dati calcolati nel 2021 in tutte le tre stazioni prese a riferimento dell’intera costa. L’elaborazione delle medie stagionali del TRIX lungo tutta la costa fino a 10 km al largo, evidenzia valori medi superiori al limite 5 in inverno e in autunno confermando una condizione “Sufficiente” estesa. In primavera invece solo l’area più settentrionale

e più costiera rimane in classe “Sufficiente” mentre nelle restanti aree i valori medi attestano una “Buona” condizione della qualità ambientale dell’ecosistema costiero. Infine in estate tutta l’area mostra una condizione classificata come “Buona” (Figura 87).

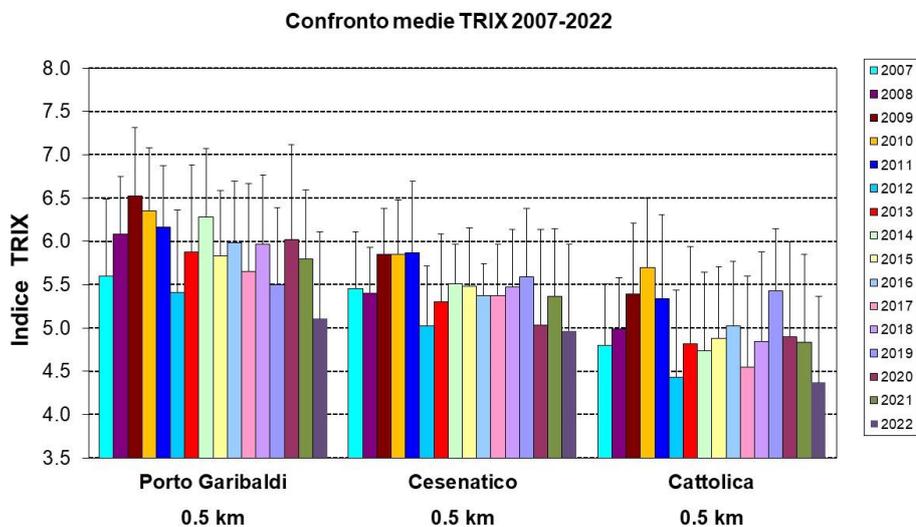


Figura 86 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2007 al 2022 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

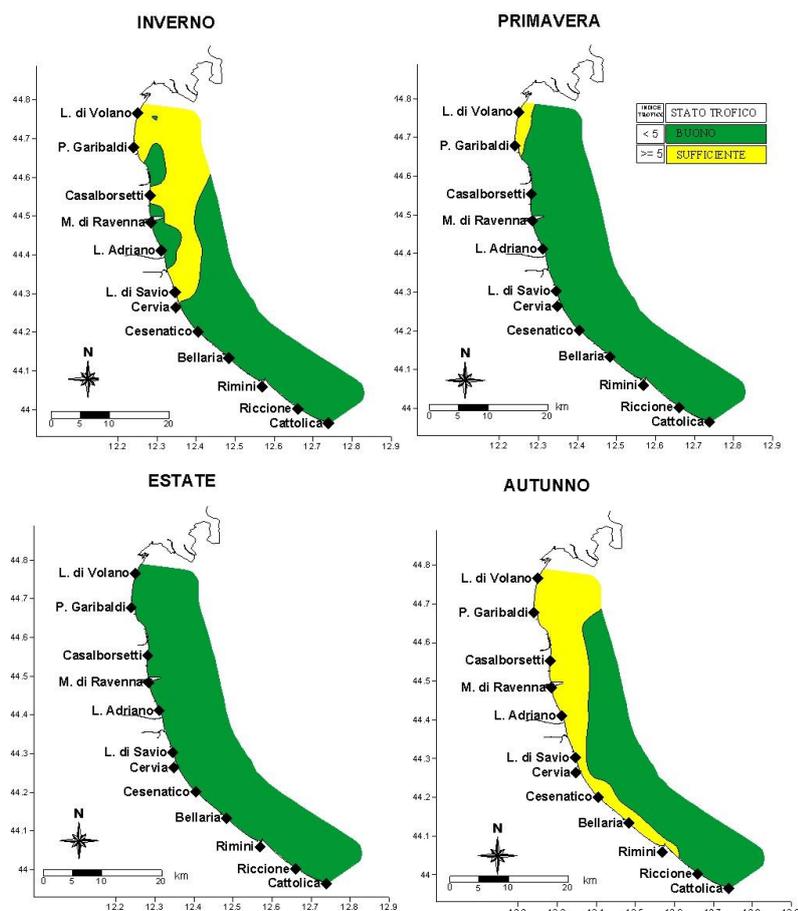


Figura 87 – Mappe di distribuzione dell’Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali 2022)

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 88 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 2022 si osserva una spiccata variabilità del TRIX nella stazione 4 (Porto Garibaldi) a confronto con la stazione 19 (Cattolica) localizzata nell'area più meridionale della costa. 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.

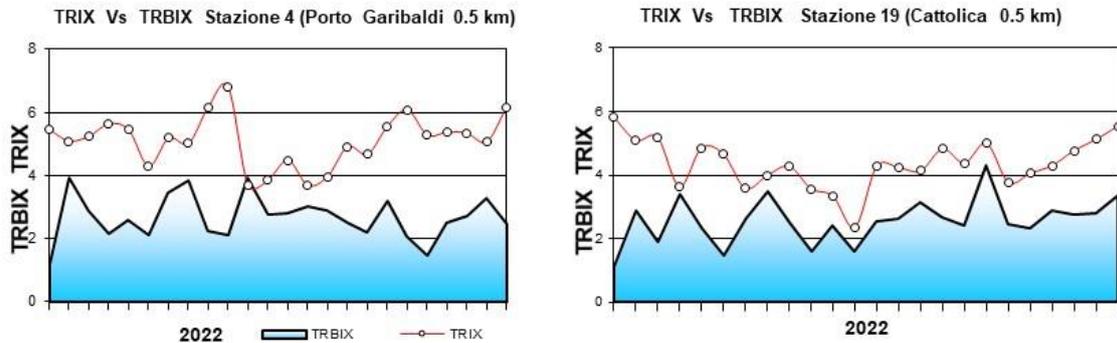
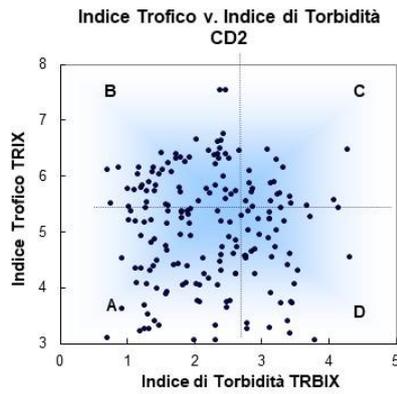
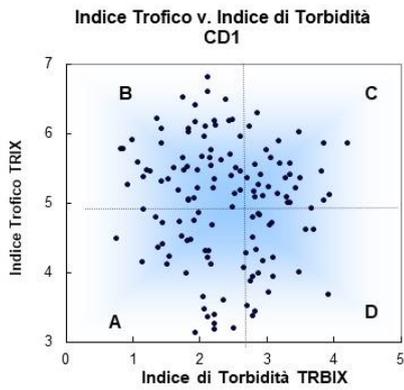


Figura 88 – Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 89 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 C che identifica, in termini di TRBIX, acque colorate prevalentemente da fitoplancton; i restanti punti si dispongono nei quadranti C ed A. 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 verdastro, brunastro o rossastro 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 89 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadranti 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 2022 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 (2020-2022).

Vengono di seguito presentati i dati raccolti durante l'anno di monitoraggio operativo 2022 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 90 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio programmata per il triennio 2020-2022 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

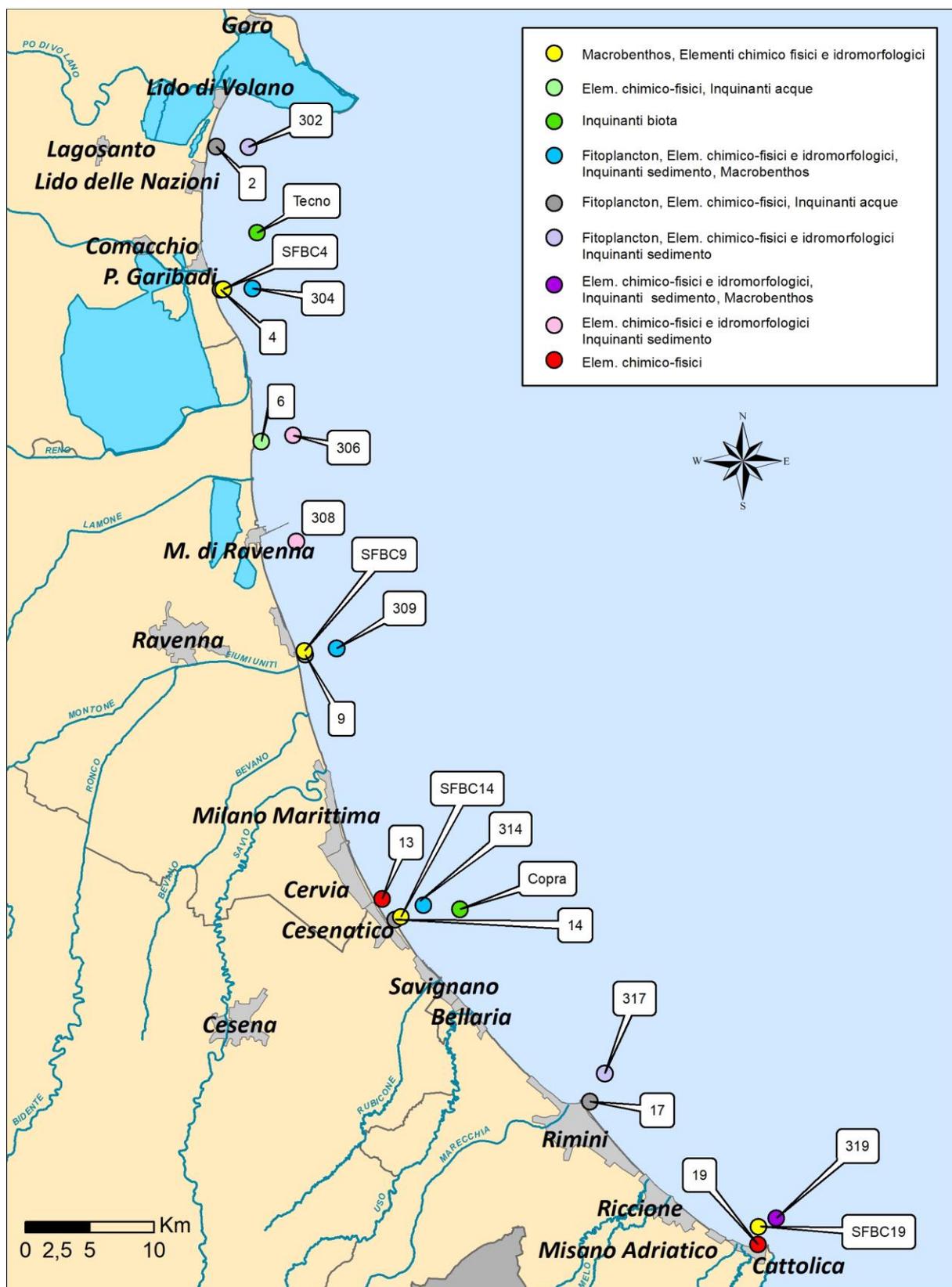


Figura 90 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06

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 2020-2022

		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	Saggi ecotossicologici (elemento opzionale)	
		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	SEDIMENTO
Frequenza di indagine		Mensile	Semestrale	Quindicinale	In continuo	Semestrale	Mensile	Mensile	Annuale	Semestrale	Semestrale	Annuale
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.

(***) 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 saranno monitorati nel 2022 (un anno nel triennio).

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

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

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

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 stazioni ad eccezione del mese di ottobre, durante il quale il monitoraggio non è stato effettuato a causa di condizioni meteo-marine avverse (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 il 70% della biomassa del micro-fitoplancton in entrambi i corpi idrici, il loro andamento annuale, nelle stazioni sotto costa, Figura 91, evidenzia fluttuazioni stagionali di abbondanza tipici di questo gruppo tassonomico.

Il mese di gennaio è caratterizzato da abbondanze relativamente inferiori rispetto all'anno precedente, probabilmente legate alle portate del fiume Po che nei mesi di settembre, novembre e dicembre 2021, sono risultate inferiori alla media. Nei restanti mesi invernali (febbraio-marzo) in entrambi i corpi idrici, si osserva un aumento della abbondanza microalgale caratterizzata, in particolare, da *Skeletonema* sp.

Seguono fioriture primaverili nel mese di maggio con le abbondanze più elevate dell'anno, con la presenza principalmente del genere *Chaetoceros* spp. e, in misura minore, di *Pseudo-nitzschia* spp.

Il genere *Chaetoceros* domina anche le elevate abbondanze registrate nel periodo estivo ed autunnale.

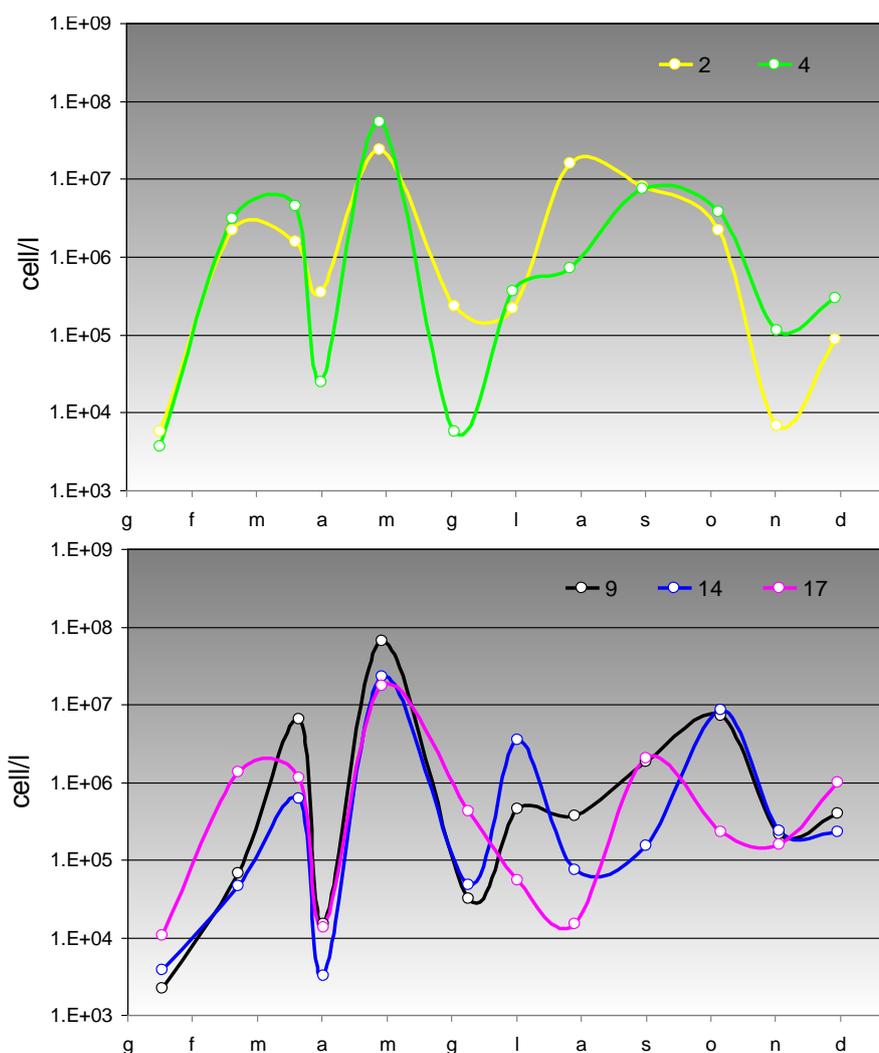


Figura 91 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

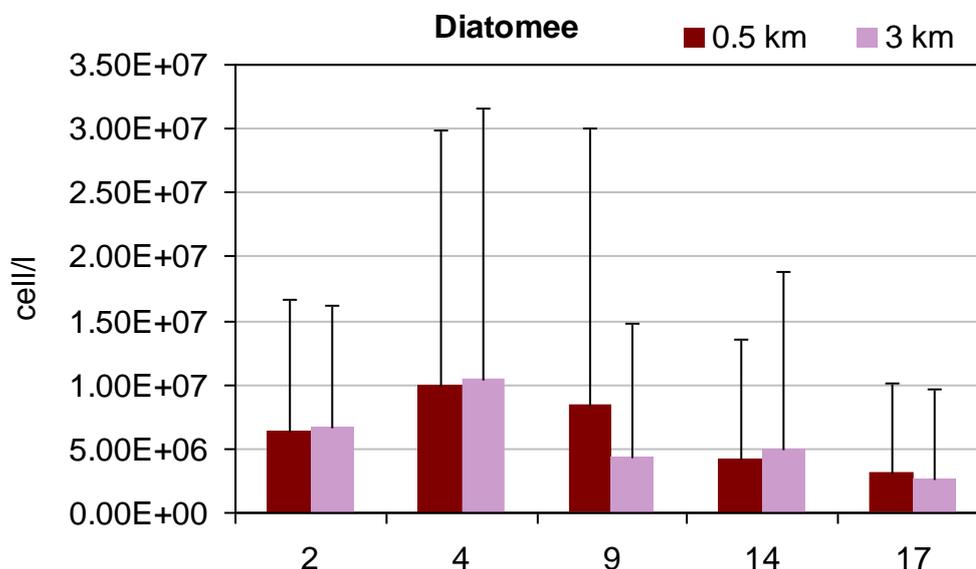


Figura 92 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 92 si riportano le medie annuali e le relative deviazioni standard per stazione a 0,5 km e 3 km di distanza dalla costa. Le abbondanze non mostrano differenze significative tra le stazioni sottocosta e quelle a 3 km, con l'eccezione della stazione 9 che presenta abbondanze medie maggiori a 0,5 km. Le abbondanze maggiori sono quelle relative alla stazione 4, con una media annuale di 1×10^7 cell/l, mentre quelle minori si osservano nella stazione 317, con una media annuale di 2.6×10^6 cell/l.

In Figura 93 vengono riportate le medie stagionali e le relative deviazioni standard per corpo idrico. Il CD1 presenta sempre valori marcatamente più elevati rispetto al CD2, ad eccezione della stagione autunnale. Nel 2022 come già accennato si osserva una fioritura primaverile in entrambi i corpi idrici.

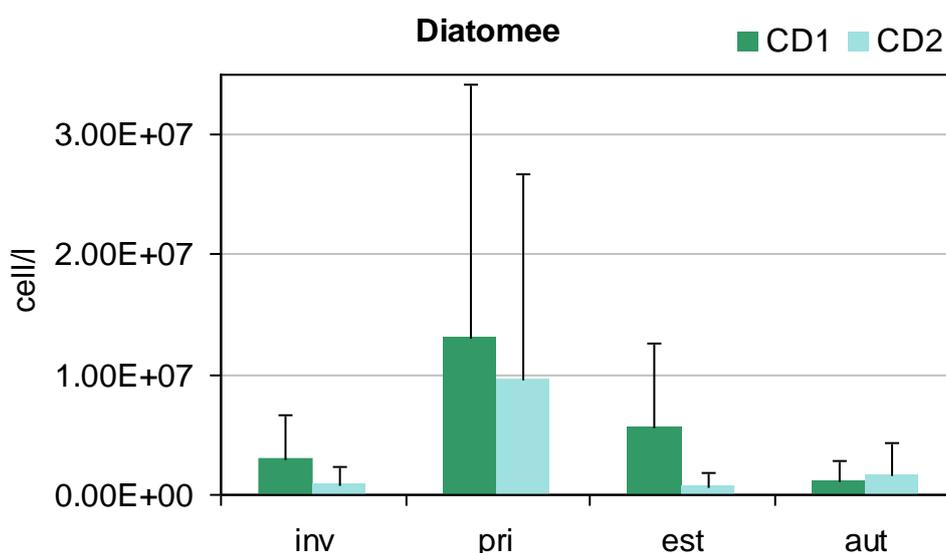


Figura 93 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

Il taxon più rappresentativo sia in termini di frequenza di rilevamento che di media annuale (Figura 94) è *Chaetoceros* spp. (Figura 95). Per quanto riguarda la

frequenza di rilevamento si segnalano anche *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex e *Skeletonema* spp. (Figura 95). Da notare l'elevata abbondanza annuale di *Cyclotella* spp. rilevata in una unica occasione nel campionamento di settembre alla stazione 2.

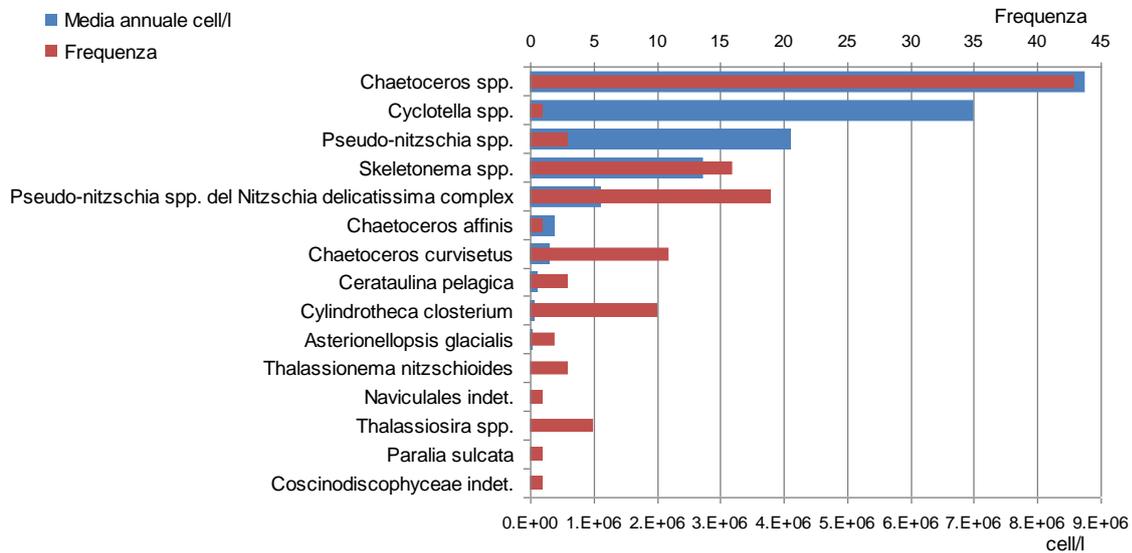


Figura 94 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

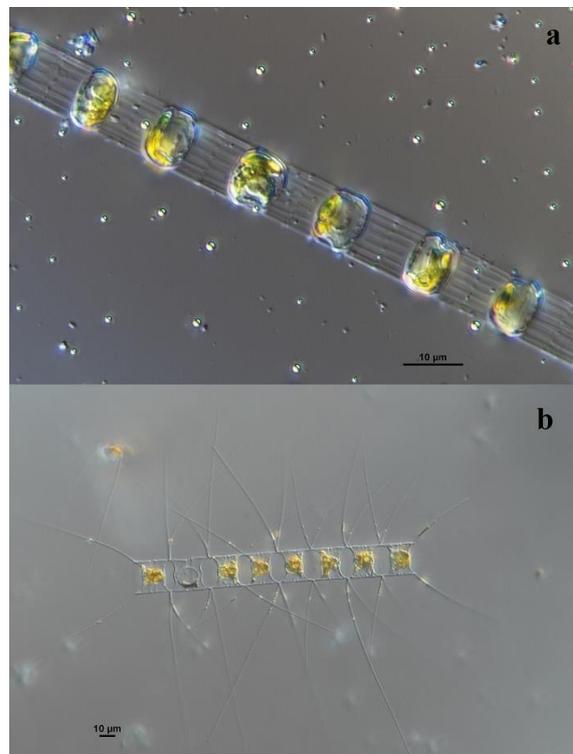


Figura 95 - Foto al microscopio ottico di a) *Skeletonema* sp. e b) *Chaetoceros* sp. (Archivio Daphne)

Le Dinoflagellate compongono solo circa il 1% dell'abbondanza totale del fitoplancton ed inoltre le loro abbondanze medie sono di circa 2 ordini di grandezza inferiori rispetto alle Diatomee. Le stazioni settentrionali a 500 m dalla costa (Figura 96) mostrano un aumento dell'abbondanza fino ad un massimo nel mese di settembre con prevalenza di Dinoflagellate atecate (Gymnodiniales) e un genere tecato *Heterocapsa* spp. Le stazioni centro-meridionali invece mostrano un picco di abbondanza primaverile nel mese di maggio, con prevalenza di Gymnodiniales e di una specie tecata *Lessardia elongata*.

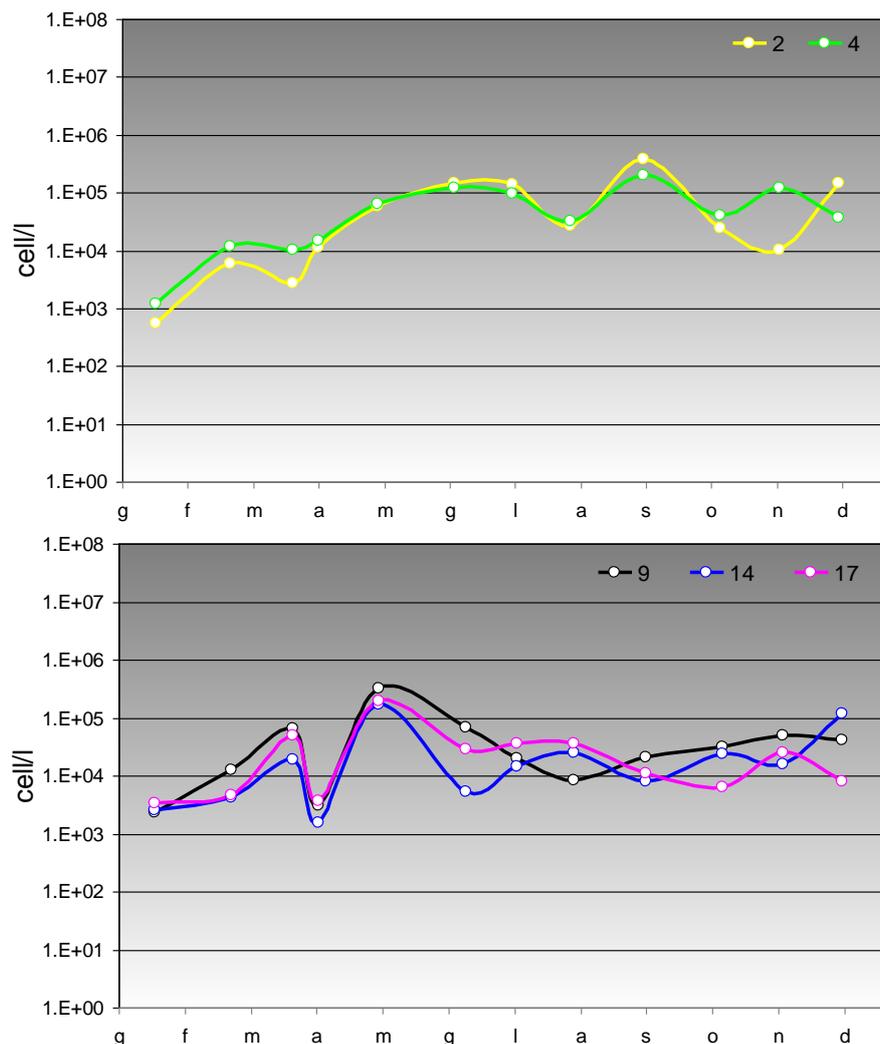


Figura 96 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni sottocosta

In Figura 97 le Dinoflagellate mostrano un gradiente di abbondanza media annuale negativo sia da nord a sud che verso il largo; fa eccezione la stazione 14 che mostra abbondanze medie maggiori a 3 km.

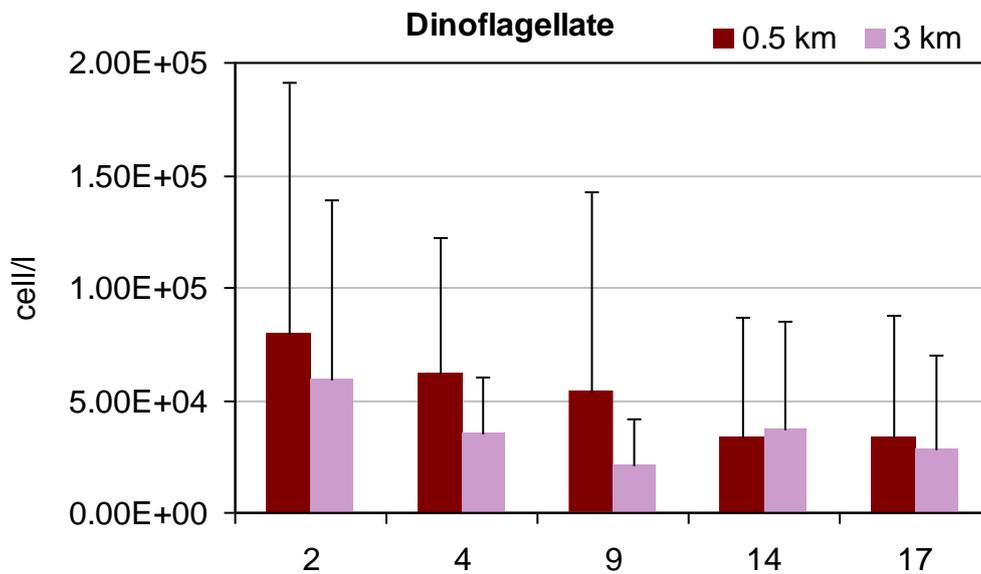


Figura 97 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni a 0.5 e 3 km

I valori di abbondanza media maggiori di Dinoflagellate evidenziati dalla Figura 98, si osservano nella stagione estiva nel CD1. Abbondanze elevate si riscontrano anche in primavera in entrambi i corpi idrici ed in particolare, nel mese di maggio, in seguito ad abbondanti piogge la biomassa fitoplanctonica è cresciuta considerevolmente. Tra le Dinoflagellate osserviamo la presenza di specie atecate dell'Ordine Gymnodiniales e tecate come *Lessardia elongata*.

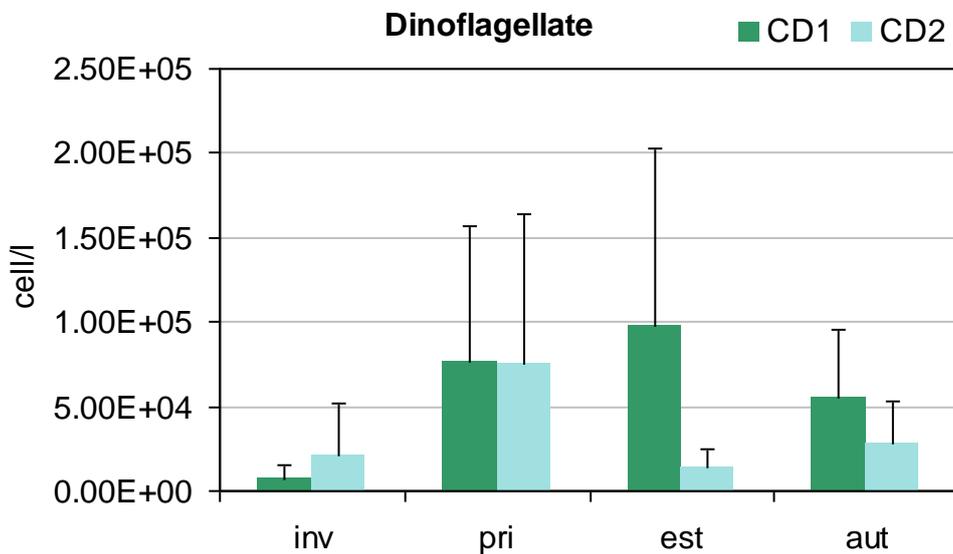


Figura 98 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nei corpi idrici CD1 e CD2

Per quanto riguarda la classe delle Dinoflagellate, i taxa più rappresentativi (Figura 99) in ordine di frequenza sono rispettivamente, Gymnodiniales indet. ed

Heterocapsa spp. Il genere *Heterocapsa* risulta dominante se si considera l'abbondanza media annuale, seguito da *Gymnodinium*.

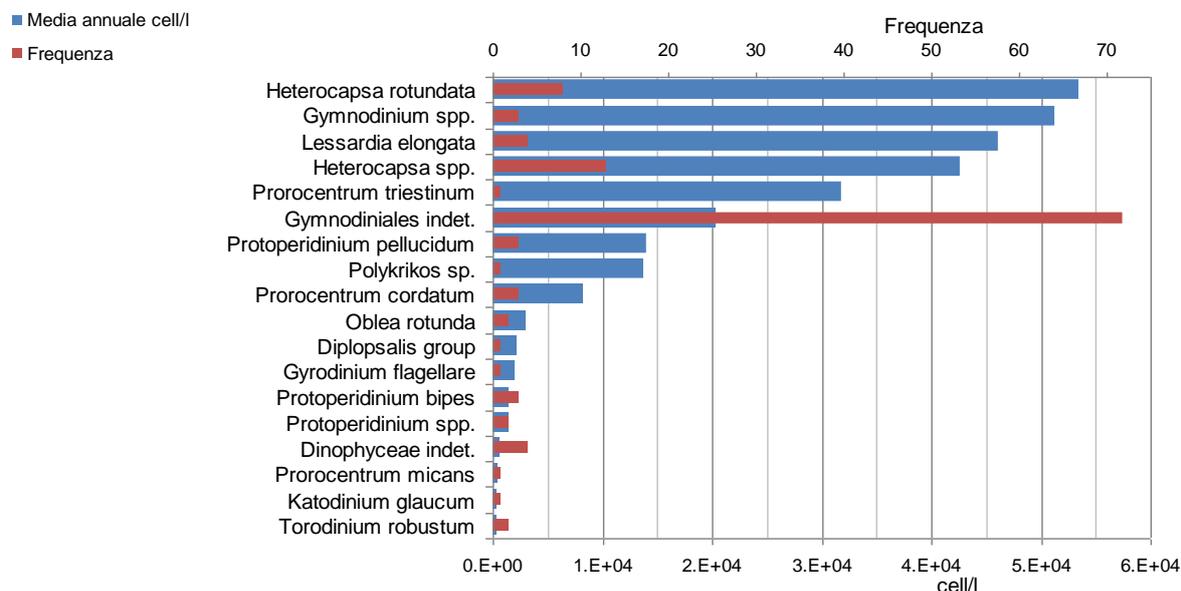


Figura 99 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinoflagellate)

In Figura 100 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, situazione correlata probabilmente alle significative anomalie negative delle portate sia del Po sia dei bacini appenninici, osservate negli ultimi mesi dell'anno 2021 (ottobre, novembre e dicembre). Va sottolineato che anche nei primi mesi del 2022 le precipitazioni sono risultate inferiori alla norma ed i corsi d'acqua della regione hanno avuto portate inferiori alle medie ad eccezione dei mesi di gennaio, aprile e dicembre, quando si sono rilevate portate in crescita con valori vicini, ma ancora inferiori alla norma. Si osserva pertanto, in entrambi i corpi idrici, un aumento delle abbondanze nel mese di marzo ed un secondo picco nel mese di maggio, mese in cui si registrano i valori di densità maggiori in tutte le stazioni.

La seconda metà dell'anno è caratterizzata dalla riduzione dell'abbondanza in entrambi i corpi idrici.

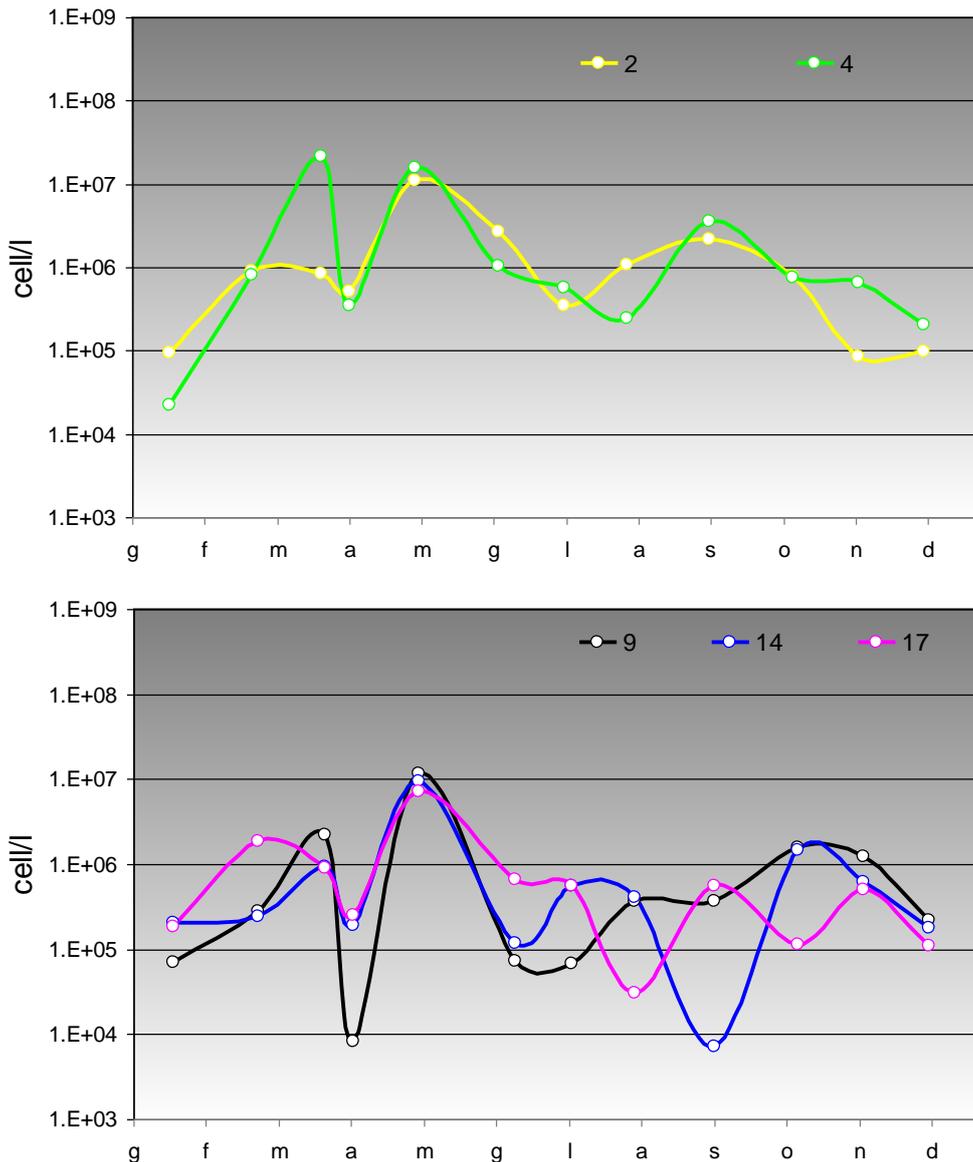


Figura 100 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km (Figura 101) evidenziano per l'anno 2022 valori di abbondanza omogenei nei due corpi idrici, con abbondanze medie maggiori nelle stazioni a nord. 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.

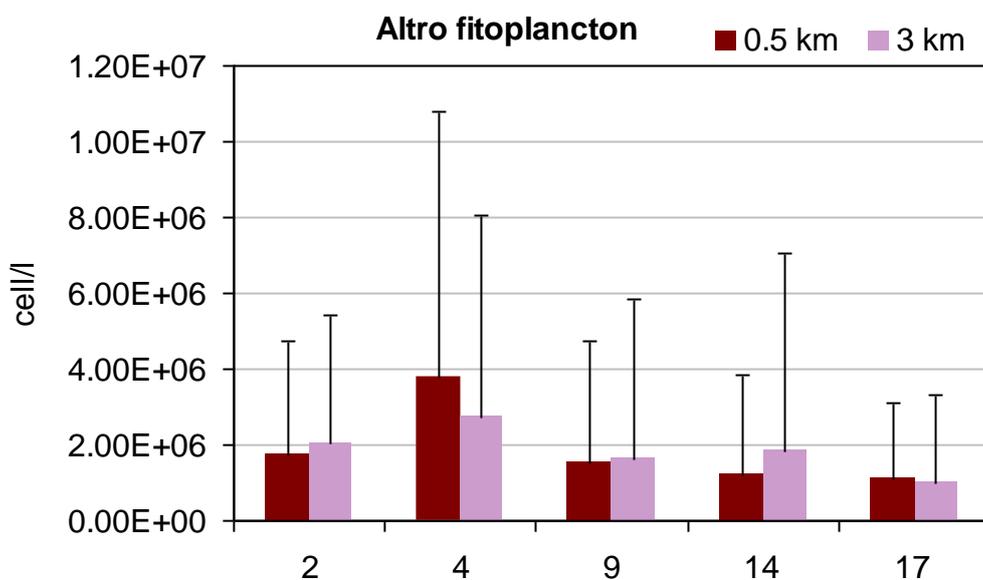


Figura 101 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 102 le medie stagionali e le loro relative deviazioni standard evidenziano abbondanze maggiori nel periodo primaverile in entrambi i corpi idrici ed invernale, limitatamente al CD1.

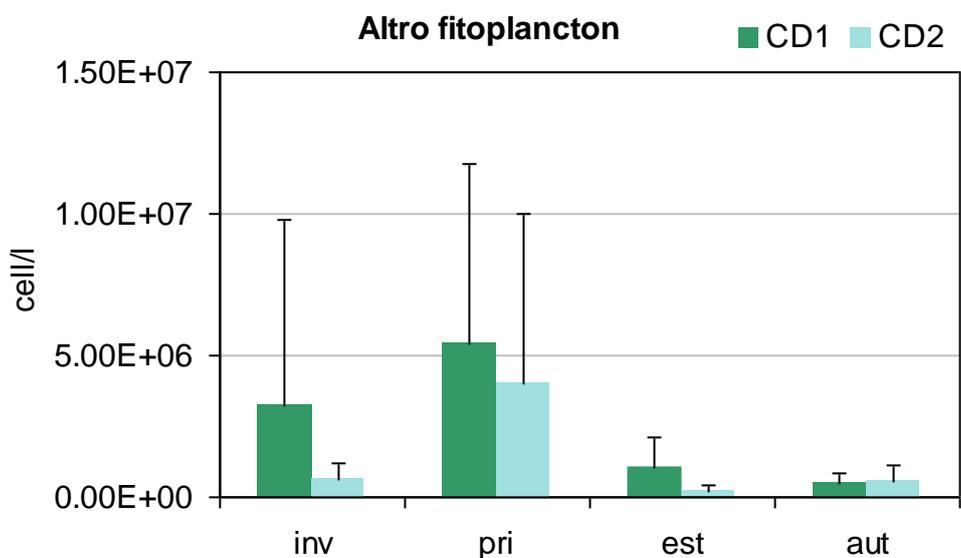


Figura 102 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

In Tabella 5 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti identificati nel 2022 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 2022

Gruppo	Taxon	Autore
Diatomee	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Diatomee	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Diatomee	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Coscinodiscophyceae</i> indet.	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Diatomee	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brébisson, 1838
Diatomee	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Diatomee	<i>Naviculales</i> indet.	Bessey
Diatomee	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Diatomee	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Diatomee	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Diatomee	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Dinoflagellate	<i>Dinophyceae</i> indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinoflagellate	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinoflagellate	<i>Gymnodiniales</i> indet.	Apstein, 1909
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium flagellare</i>	Schiller, 1928
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>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinoflagellate	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinoflagellate	<i>Polykrikos</i> sp.	Bütshli, 1873
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>Protoberidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoberidinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinoflagellate	<i>Protoberidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinoflagellate	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921

Tabella 6 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2022

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 formosa</i>	Hassal, 1850
Diatomee	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Diatomee	<i>Asteromphalus flabellatus</i>	(Brébisson) Greville, 1859
Diatomee	<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	Wallich
Diatomee	<i>Asteromphalus</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Aulacoseira distans</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Diatomee	<i>Aulacoseira granulata</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	<i>Bacillariophyceae</i> indet.	
Diatomee	<i>Bacteriastrum</i> cf. <i>elegans</i>	Pavillard
Diatomee	<i>Bacteriastrum furcatum</i>	Shadbolt, 1854
Diatomee	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	J.Pavillard, 1916
Diatomee	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Diatomee	<i>Biddulphia</i> spp.	S. F. Gray, 1821
Diatomee	<i>Caloneis</i> spp.	Cleve, 1894
Diatomee	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Diatomee	<i>Cerataulina</i> spp.	H.Peragallo ex F.Schütt, 1896
Diatomee	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros brevis</i>	F.Schütt, 1895
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>diadema</i>	(Ehrenberg) Gran, 1897
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Diatomee	<i>Chaetoceros costatus</i>	Pavillard, 1911
Diatomee	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros decipiens</i>	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Chaetoceros densus</i>	Cleve, 1899
Diatomee	<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Diatomee	<i>Chaetoceros diversus</i>	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Chaetoceros lauderi</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
Diatomee	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	Brightwell, 1856
Diatomee	<i>Chaetoceros radicans</i>	F.Schütt, 1895
Diatomee	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Ralfs in Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Diatomee	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Chaetoceros tortissimus</i>	H.H.Gran
Diatomee	<i>Cocconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Diatomee	<i>Coscinodiscophyceae</i> indet.	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Diatomee	<i>Coscinodiscus centralis</i>	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Ehrenberg, 1840
Diatomee	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brébisson, 1838
Diatomee	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Diatomee	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Diatomee	<i>Cymbella</i> spp.	C. Agardh, 1830
Diatomee	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996

Diatomee	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Diatomee	<i>Diatoma</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1824
Diatomee	<i>Diploneis</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Diatomee	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Diatomee	<i>Donkinia</i> sp.	Ralfs, 1861
Diatomee	<i>Entomoneis alata</i>	Ehrenberg, 1845
Diatomee	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Diatomee	<i>Eucampia</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Eucampia zodiacus</i>	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869
Diatomee	<i>Gomphonema</i> spp.	Ehrenberg, 1832
Diatomee	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Diatomee	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Gyrosigma fasciola</i>	(Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey 1856
Diatomee	<i>Gyrosigma</i> spp.	Hassal, 1845
Diatomee	<i>Haslea</i> spp.	Simonsen, 1974
Diatomee	<i>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 danicus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Licmophora flabellata</i>	C. Agardh, 1827(Greville) C.Agardh 1831
Diatomee	<i>Licmophora</i> spp.	C. Agardh, 1827
Diatomee	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Lithodesmium</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Lyrella</i> spp.	Karajeva, 1978
Diatomee	<i>Mallomonas</i> spp.	Perty, 1852
Diatomee	<i>Melosira</i> spp.	C. Agardh, 1824
Diatomee	<i>Navicula cancellata</i>	Donkin, 1872
Diatomee	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Diatomee	<i>Naviculaceae</i> indet.	Kützing, 1844
Diatomee	<i>Naviculales</i> indet.	Bessey
Diatomee	<i>Nitzschia acicularis</i>	(Kützing) W. Smith, 1853
Diatomee	<i>Nitzschia longissima</i>	(Brébisson) Ralfs, 1861
Diatomee	<i>Nitzschia reversa</i>	W. Smith
Diatomee	<i>Nitzschia sigma</i>	W.Smith, 1853
Diatomee	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Diatomee	<i>Odontella</i> spp.	C.Agardh, 1832
Diatomee	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Diatomee	<i>Pinnularia</i> spp.	Ehrenberg,1843
Diatomee	<i>Pleurosigma</i> spp.	W. Smith, 1852
Diatomee	<i>Pleurosigmataceae</i> indet.	Mereschowsky, 1903
Diatomee	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström,1986
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano, 1995
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del	
	<i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del	
	<i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Diatomee	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Diatomee	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	Brightwell, 1858
Diatomee	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Brightwell, 1858
Diatomee	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865

Diatomee	<i>Skeletonema tropicum</i>	Cleve, 1900
Diatomee	<i>Striatella</i> spp.	C. Agardh, 1832
Diatomee	<i>Surirella</i> spp.	Turpin, 1828
Diatomee	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Diatomee	<i>Thalassionema</i> cf. <i>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 rotula</i>	Meunier, 1910
Diatomee	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Trachyneis</i> spp.	P.T.Cleve, 1894
Diatomee	<i>Tryblionella</i> spp.	W.Smith, 1853
Diatomee	<i>Ulnaria ulna</i>	(Nitzsch) P.Compère, 2001
Altro fitoplancton	<i>Actinastrum</i> spp.	Lagerheim, 1882
Altro fitoplancton	<i>Acutodesmus acuminatus</i>	(Lagerheim) P.M.Tsarenko 2000
Altro fitoplancton	<i>Chlorophyceae</i> indet.	Wille in Warming, 1884
Altro fitoplancton	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Altro fitoplancton	<i>Crucigenia</i> spp.	Morren, 1830
Altro fitoplancton	<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Schiller, 1913
Altro fitoplancton	<i>Desmodesmus armatus</i>	(Chodat) E.Hegewald 2000
Altro fitoplancton	<i>Desmodesmus</i> spp.	(Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald
Altro fitoplancton	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Altro fitoplancton	<i>Monoraphidium</i> spp.	Komárková-Legnerová, 1969
Altro fitoplancton	<i>Oltmannsiella</i> spp.	W.Zimmermann, 1930
Altro fitoplancton	<i>Oltmannsiellopsis</i> spp.	M.Chihara & I.Inouye in Chihara et al., 1986
Altro fitoplancton	<i>Pediastrum simplex</i>	Meyen 1829
Altro fitoplancton	<i>Pterosperma cristatum</i>	Schiller, 1925
Altro fitoplancton	<i>Pterosperma</i> spp.	Pouchet, 1893
Altro fitoplancton	<i>Pyramimonadales</i> indet.	Chadefaud 1950
Altro fitoplancton	<i>Pyramimonas</i> cf. <i>octopus</i>	Moestrup, Hori & A.Kristiansen 1987
Altro fitoplancton	<i>Pyramimonas</i> spp.	Schmarda, 1849
Altro fitoplancton	<i>Scenedesmaceae</i> indet.	Oltmanns, 1904
Altro fitoplancton	<i>Scenedesmus</i> spp.	Meyen, 1829
Altro fitoplancton	<i>Tetraedron minimum</i>	(A. Braun) Hansgirg, 1888
Altro fitoplancton	<i>Tetraselmis</i> spp.	F. Stein, 1878
Altro fitoplancton	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Altro fitoplancton	<i>Cryptophyceae</i> indet.	F.E.Fritsch, 1927
Altro fitoplancton	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	(H.Skuja) G.Novarino, I.A.N.Lucas & S.Morrall
Altro fitoplancton	<i>Plagioselmis</i> spp.	Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall, 1994
Altro fitoplancton	<i>Anabaena</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1886
Altro fitoplancton	<i>Chroococcales</i> indet.	Schaffner, 1922
Altro fitoplancton	<i>Cyanophyceae</i> indet.	Schaffner, 1909
Altro fitoplancton	<i>Merismopedia</i> spp.	Meyen, 1839
Altro fitoplancton	<i>Oscillatoriales</i> indet.	Cavalier-Smith 2002
Altro fitoplancton	<i>Pseudanabaena</i> spp.	Lauterborn, 1915
Altro fitoplancton	<i>Spirulinaceae</i> indet.	(Gomont) L.Hoffmann, J.Komárek & J.Ka, 2014
Dinoflagellate	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Alexandrium insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinoflagellate	<i>Alexandrium margalefii</i>	Balech, 1994
Dinoflagellate	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinoflagellate	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinoflagellate	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinoflagellate	<i>Amphidinium carterae</i>	Hulburt, 1957
Dinoflagellate	<i>Amphidinium</i> spp.	Claparède & Lachmann, 1859

Dinoflagellate	<i>Amphidomataceae</i> indet.	Sournia, 1984
Dinoflagellate	<i>Amylax</i> spp.	A.Meunier, 1910
Dinoflagellate	<i>Azadinium caudatum</i>	(Halldal) Nézan & Chomérat, 2012
Dinoflagellate	<i>Azadinium spinosum</i>	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinoflagellate	<i>Azadinium</i> spp.	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinoflagellate	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>	Ehrenberg, 1873
Dinoflagellate	<i>Ceratium azoricum</i>	Cleve 1900
Dinoflagellate	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Ceratium extensum</i>	(Gourret) Cleve-Euler, 1900
Dinoflagellate	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinoflagellate	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinoflagellate	<i>Ceratium macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinoflagellate	<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinoflagellate	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinoflagellate	<i>Cochlodinium</i> spp.	Schütt, 1896
Dinoflagellate	<i>Dinophyceae</i> indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinoflagellate	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinoflagellate	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinoflagellate	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinoflagellate	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinoflagellate	<i>Dinophysis parvula</i>	(Schütt) Balech, 1967
Dinoflagellate	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Dinophysis</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Dinoflagellate	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinoflagellate	<i>Dissodinium pseudolunula</i>	Swift ex Elbrächter & Drebes, 1978
Dinoflagellate	<i>Glenodinium</i> spp.	Ehrenberg, 1836
Dinoflagellate	<i>Gonyaulacaceae</i> indet.	Lindemann, 1928
Dinoflagellate	<i>Gonyaulacales</i> indet.	F.J.R.Taylor 1980
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Schütt) Kofoid, 1911
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax</i> spp.	Diesing, 1866
Dinoflagellate	<i>Gymnodiniales</i> indet.	Apstein, 1909
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium agiliforme</i>	J.Schiller, 1928
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Moestrup
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium flagellare</i>	Schiller, 1928
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium nasutum</i>	(Wulff) Schiller 1933
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium pepo</i>	(Schütt) Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium spirale</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa minima</i>	A.J.Pomroy, 1989
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa niei</i>	(Loeblich III) Morrill & Loeblich III, 1981
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa triquetra</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Karenia mikimotoi</i>	(Miyake & Kominami ex Oda) G.Hansen & Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Karenia papilionacea</i>	A.J.Haywood & K.A.Steidinger in Haywood, 2004
Dinoflagellate	<i>Karenia</i> spp.	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Kareniaceae</i> indet.	Bergholtz, Daugbjerg, Moestrup&Fernández, 2005
Dinoflagellate	<i>Karlodinium</i> spp.	J.Larsen, 2000
Dinoflagellate	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965

Dinoflagellate	<i>Kofoidinium</i> spp.	Pavillard, 1929
Dinoflagellate	<i>Kofoidinium velleloides</i>	Pavillard, 1929
Dinoflagellate	<i>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinoflagellate	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinoflagellate	<i>Mesoporos perforatus</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinoflagellate	<i>Miracanthodinium claytonii</i>	(R.W.Holmes) Dodge 1982
Dinoflagellate	<i>Miracanthodinium</i> spp.	Deflandre, 1937
Dinoflagellate	<i>Nematodinium torpedo</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinoflagellate	<i>Oxyrrhis marina</i>	Dujardin, 1841
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum</i> spp.	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Peridinales</i> indet.	Haeckel, 1894
Dinoflagellate	<i>Peridiniella</i> spp.	Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Peridiniopsis</i> cf. <i>penardii</i>	(Lindermann) Bourrelly
Dinoflagellate	<i>Peridiniopsis</i> spp.	Lemmermann, 1904
Dinoflagellate	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinoflagellate	<i>Peridinium</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Dinoflagellate	<i>Phalacroma mitra</i>	F.Schütt, 1895
Dinoflagellate	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Kofoid)F.Gomez,P.Lopez-Garcia&D.Moreira, 2011
Dinoflagellate	<i>Phalacroma rotundata</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Phalacroma rotundatum</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Phalacroma</i> spp.	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	<i>Prorocentraceae</i> indet.	F.Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum balticum</i>	(Lohmann) Loeblich, 1970
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum</i> cf. <i>nux</i>	Puigserver & Zingone, 2002
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 rhathymum</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
Dinoflagellate	<i>Protoceratium reticulatum</i>	(Claparède & Lachmann) Bütschli 1885
Dinoflagellate	<i>Protopteridiniaceae</i> 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>pentagonum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium</i> cf. <i>pyriforme</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protopteridinium crassipes</i>	(Kofoid) Balech, 1974

Dinoflagellate	<i>Protooperidinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium globulus</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium granii</i>	(Dangeard) Balech
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium minutum</i>	(Kofoid) Loeblich III, 1970
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium oblongum</i>	(Aurivillius) Parke & Dodge, 1976
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium ovatum</i>	Pouchet, 1883
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium punctulatum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium subinermis</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protooperidinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Pseliodinium vaubanii</i>	Sournia 1972
Dinoflagellate	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Scaphodinium mirabile</i>	Margalef 1963
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>Sinophysis</i> sp.	D.Nie & C.-C.Wang, 1944
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>Warnowiaceae</i> indet.	Lindemann, 1928
Altro fitoplancton	<i>Euglena</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Altro fitoplancton	<i>Euglenophyceae</i> indet.	Schoenichen, 1925
Altro fitoplancton	<i>Eutreptia</i> spp.	Perty, 1852
Altro fitoplancton	<i>Eutreptiaceae</i> indet.	Hollande, 1942
Altro fitoplancton	<i>Eutreptiella</i> spp.	A. da Cunha, 1914
Altro fitoplancton	<i>Calciosolenia murrayi</i>	Gran, 1912
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>Coccolithophyceae</i> indet.	Rothmaler, 1951
Altro fitoplancton	<i>Syracosphaera</i> spp.	Lohmann, 1902
Altro fitoplancton	<i>Dinobryon</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Altro fitoplancton	<i>Raphidophyceae</i> indet.	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Altro fitoplancton	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Altro fitoplancton	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Altro fitoplancton	Altro Fitoplancton indet. (Ø inf.20µm)	
Altro fitoplancton	<i>Leucocryptos marina</i>	(Braarud) Butcher, 1967
Altro fitoplancton	<i>Apedinella radians</i>	(Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1839
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Altro fitoplancton	<i>Dictyochophyceae</i> indet.	P.C.Silva, 1980
Altro fitoplancton	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Altro fitoplancton	<i>Pseudopedinella</i> spp.	N. Carter, 1937
Altro fitoplancton	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012

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 della 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 2022. 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 2022 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 2022

Corpo idrico	Stazione	Clorofilla <i>a</i> (EQB Fitoplancton) Dec. 2018/229/UE	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.03	4.3 Buono
	302	4.57	
	4	5.13	
	304	3.84	
	6	3.85	
	306	3.20	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	3.52	3.1 Buono
	9	3.89	
	309	3.55	
	13	3.69	
	14	4.00	
	314	3.46	
	17	2.95	
	317	1.98	
	19	2.25	
	319	2.19	

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). Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 9 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC, Tabella 10) la stazione 19 presenta il maggior numero di specie (64) seguita dalla stazione 14 con 62 specie, la stazione 4 con 39 specie e dalla stazione 9 con 32. Nella biocenosi delle VTC (Tabella 9 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC, Tabella 11) la stazione 319 mostra il maggior numero di specie (64) mentre la più povera, con 40 specie, risulta essere la stazione 309.

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

Phylum	SFBC				VTC			
	4	9	14	19	304	309	314	319
Annelida	17	11	23	29	22	21	23	29
Arthropoda	12	8	13	12	5	5	13	12
Cnidaria	1	1	0	1	1	0	0	1
Echinodermata	0	1	2	1	2	2	2	1
Mollusca	8	10	24	20	12	12	24	20
Nemertea	0	0	0	1	0	0	0	1
Phoronida	1	1	0	0	0	0	0	0
Totale	39	32	62	64	42	40	62	64

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>Abyssoninoe hibernica</i>	(McIntosh, 1903)				X				X
	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1881			X				X	
	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994	X		X		X		X	
	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernandez Licciano Giangrande, 2007			X	X			X	X
	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		X				X		
	<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)	X				X			
	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863	X				X			
	<i>Eunereis longissima</i>	(Johnston, 1840)		X				X		
	<i>Gallardoneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012				X				X
	<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861	X				X			
	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)	X				X			
<i>Laonice norgensis</i>	Sikorski, 2003	X				X				

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			B4	B9	B14	B19	B4	B9	B14	B19
	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X	X	X		X	X
	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869		X	X			X	X	
	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)				X				X
	<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X		X	X	X		X	X
	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Oligochaeta indet.</i>					X				X
	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X		X		X		X	
	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X		X	X	X		X	X
	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)			X				X	
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X		X	X	X		X	X
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870				X				X
	<i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i>	(O.F.Muller, 1776)			X				X	
	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832	X		X		X		X	
	<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	X		X		X		X	
	<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)	X				X			
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853		X	X	X		X	X	X
	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)	X				X			
	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002			X	X			X	X
	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)	X	X	X		X	X	X	
	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)		X				X		
	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)	X				X			
	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965				X				X
	<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X				X
	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			X				X	
	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976	X		X	X	X		X	X
	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867	X	X		X	X	X		X
	<i>Othomaera schmidti</i>	(Stephensen, 1915)				X				X
	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Periculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	X		X	X	X		X	X
	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)			X	X			X	X
	<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)				X				X
	<i>Pseudocuma longicorne</i>	(Bate, 1858)	X			X	X			X
	<i>Siphonocetes dellavallei</i>	Stebbing, 1899		X				X		
<i>Upogebia tipica</i>	(Nardo, 1869)		X				X			
Cnidaria	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)	X				X			
Echinoderma	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			X	X			X	
Mollusca	<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)				X				
	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822				X			X	
	<i>Chamelea gallina</i>	(Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)			X	X			X	
	<i>Cyclope neritea</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X		X		X	
	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X		X		X		X	
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linnaeus, 1758)				X			X	

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			B4	B9	B14	B19	B4	B9	B14	B19
	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)				X				X
	<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)	X	X		X	X	X		X
	<i>Loripes lacteus</i>	(Linnaeus, 1758)			X				X	
	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X				X	
	<i>Mactra stultorum</i>	(Linnaeus, 1758)			X				X	
	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linnaeus, 1758)			X	X			X	X
	<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)			X				X	
	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		X		X		X		X
	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X		X	X	X		X	X
	<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)			X				X	
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)			X				X	
	<i>Politapes aureus</i>	(Gmelin, 1791)			X				X	
	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)			X	X			X	X
	<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)	X		X		X		X	
	<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)		X	X	X		X	X	X
	<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)	X				X			
	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)	X		X	X	X		X	X
Nemertea	<i>Nemertini indet.</i>				X				X	
Phoronida	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X		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>Abyssoninoe hibernica</i>	(McIntosh, 1903)						X	X	
	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917					X			X
	<i>Aonides oxycephala</i>	(Sars, 1862)					X	X		
	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967	X	X		X	X			X
	<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879	X				X			
	<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1881			X	X			X	X
	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994							X	
	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007			X	X				X
	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)	X				X			
	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863		X		X	X			
	<i>Gallardonneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012				X				
	<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818		X		X	X	X		
	<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	X	X			X			
	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)		X						
	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)	X	X		X				
	<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011		X						
	<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990			X					

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			304	309	314	319	304	309	314	319
	<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962			X					
	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X		X	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	X	X
	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	X		X	X
	<i>Nephtys hystricis</i>	Mc Intosh, 1900		X		X		X		
	<i>Nereis lamellosa</i>	Ehlers, 1868					X			
	<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963				X				
	<i>Oligochaeta indet.</i>		X		X	X				X
	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833					X	X	X	
	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X		X		X	X	X	
	<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968			X					X
	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		X	X		X	X	X	X
	<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866								X
	<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)		X		X		X		X
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962			X	X			X	X
	<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883								X
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870			X	X				
	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			X				X	X
	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)							X	X
	<i>Sipunculus (Sipunculus) nudus</i>	Linnaeus, 1766					X			
	<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870			X				X	X
	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)		X						
	<i>Sthenelais limicola</i>	(Ehlers, 1864)								X
Arthropoda	<i>Alpheus glaber</i>	(Olivi, 1792)							X	
	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	X		X	X
	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)			X					
	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002		X	X	X			X	
	<i>Bodotria scorpoides</i>	(Montagu, 1804)			X					
	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)					X			
	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965			X	X				X
	<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	X	X	X	X	X		X	X
	<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X				
	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)							X	X
	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)								X
	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867			X					
	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X			X	X
	<i>Perioculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			X	X			X	X
	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)			X	X				
	<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)				X			X	X
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X		X					
Cnidaria	<i>Anthozoa indet.</i>									X
	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)					X			
Echinoderma	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			X	X	X			X

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			304	309	314	319	304	309	314	319
	<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)	X	X	X		X		X	
	<i>Trachythyone elongata</i>	Duben-Koren, 1844		X				X		
Mollusca	<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)		X	X	X	X			X
	<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)			X					X
	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	(Linnaeus, 1758)							X	
	<i>Anadara diluvii</i>	(Lamarck, 1805)						X		
	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	X				X			
	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X		X	X	X	X	X	X
	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg 1891)								X
	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linnaeus, 1758)				X				
	<i>Chamelea gallina</i>	(Linnaeus, 1758)			X	X	X		X	X
	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)	X	X	X	X				
	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)							X	
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linnaeus, 1758)			X	X		X	X	X
	<i>Eulima glabra</i>	(Da Costa, 1778)							X	X
	<i>Euspira nitida</i>	(Donovan, 1804)				X				
	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)		X	X	X	X		X	X
	<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)			X	X				
	<i>Loripes lacteus</i>	(Linnaeus, 1758)							X	
	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X				X	
	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)					X		X	
	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linnaeus, 1758)		X	X				X	X
	<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X						
	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Nucula sulcata</i>	(Bronn, 1831)						X		
	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)				X			X	X
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)			X		X		X	
	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)			X	X	X			X
	<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)				X				
<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)							X		
<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X				X		
<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)			X	X			X		
Nemertea	<i>Nemertini indet.</i>								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:

Abyssoninoe hibernica, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Capitella minima*, *Chaetozone gibber*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Eunereis longissima*, *Gallardonneris iberica*, *Glycera tridactyla*, *Kefersteinia cirrata*, *Laonice norgensis*, *Magelona johnstoni*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Oligochaeta indet.*, *Onuphis eremita*,

Owenia fusiformis, *Pherusa monilifera*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio malmgreni*, *Scoloplos (Scoloplos) armiger*, *Sigalion mathildae*, *Spio decoratus*, *Spiophanes bombyx*.

Tra di essi, *Prionospio caspersi*, uno spionide, emerge come specie frequente e abbondante nelle diverse stazioni con un'abbondanza massima di 1205.4 ind/m² in primavera nella st. B4. Il sabellide *Dialychone dunerificta* è stato trovato in autunno nella stazione B19 con un'abbondanza di 261.9 ind/m². Anche *Aricidea (Acmira) assimilis* con un'abbondanza massima di 181.5 ind/m² è stata ritrovata in primavera nella st. B19. Altri policheti rinvenuti con frequenza sono *Micronephthys stammeri*, *Owenia fusiformis* e *Nephtys cirrosa*.

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

Ampelisca diadema, *Apolochus neapolitanus*, *Apseudes bacescui*, *Bodotria scorpioides*, *Brachynotus gemmellari*, *Erichthonius brasiliensis*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe daphne*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Megaluropus massiliensis*, *Microtopus maculatus*, *Othomaera schmidti*, *Pariambus typicus*, *Periocolodes longimanus*, *Photis longicaudata*, *Pontocrates arenarius*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*, *Siphonocetes dellavallei* e *Upogebia tipica*.

Apseudes bacescui è risultato essere la specie localmente più abbondante raggiungendo 1532.8 ind/m² nel campionamento primaverile nella st. B14. Anche il caprellide *Pariambus typicus* raggiunge alte abbondanze, ad esempio 2940 ind/m² in primavera nella st. B19, così come *Iphinoe daphne* con 482 ind/m² nella medesima stazione.

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

Nel Phylum degli **ECHINODERMATA** è stata rinvenuta *Amphiura chiajei*.

Le specie appartenenti al Phylum **MOLLUSCA** ritrovati nelle SFBC sono: *Abra nitida*, *Anadara transversa*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Kurtiella bidentata*, *Lentidium mediterraneum*, *Loripes lacteus*, *Lucinella divaricata*, *Mactra stultorum*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nucula nitidosa*, *Phaxas adriaticus*, *Pitar rudis*, *Politapes rhomboides*, *Politapes aureus*, *Spisula subtruncata*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Tellina tenuis* e *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 *Chamelea gallina* che, seppur rappresentato da organismi giovanili, ha raggiunto abbondanze fino a 1708.3 ind/m² in primavera nella st. 14. Sono particolarmente abbondanti anche le specie *Donax semistriatus* (532.8 ind/m² B14 in Autunno) e *Lentidium mediterraneum* (1020.8 ind/m² in primavera nella st. B19).

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:

Abyssoninoe hibernica, *Ampharete acutifrons*, *Aonides oxycephala*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Capitella minima*, *Chaetozone gibber*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Gallardoneris iberica*, *Glycera unicornis*, *Heteromastus filiformis*, *Hilbigneris gracilis*, *Kefersteinia cirrata*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Levinsenia demiri*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona minuta*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nephtys hystericis*, *Nereis lamellose*, *Notomastus aberans*, *Oligochaeta indet.*, *Onuphis eremita*, *Owenia fusiformis*, *Peresiella clymenoides*, *Pherusa monilifera*, *Phyllodoce longipes*, *Phylo foetida*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra parva*, *Spio decoratus*, *Sternaspis scutata*, *Sthenelais limicola*.

I policheti più abbondanti risultano essere *Owenia fusiformis* con 809.6 ind/m² in primavera nella st. 314. Altre specie maggiormente abbondanti sono il polichete spionide *Prionospio caspersi* con un'abbondanza di 166.7 ind/m² e *Dialychone dunerificta* 316 ind/m² in autunno nella st. 319.

Nelle VTC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxa: *Alpheus glaber*, *Ampelisca diadema*, *Apolochus neapolitanus*, *Apseudes bacescui*, *Bodotria scorpioides*, *Brachynotus gemmellari*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe daphne*, *Lepidepcreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus vernalis*, *Microprotopus maculatus*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus*, *Photis longicaudata*, *Pontocrates arenarius*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*.

Pariambus typicus è risultata essere la specie più rappresentata con abbondanze fino a 2455 ind/m² nel campionamento primaverile nella st. 319, così come *Iphinoe daphne* con 875 ind /m² e *Ampelisca diadema* con 119 ind/m² in primavera nella st. 309.

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*.

Le specie appartenenti al Phylum **MOLLUSCA** ritrovati nella biocenosi a VTC sono: *Abra nitida*, *Abra prismatica*, *Acanthocardia tuberculata*, *Anadara diluvii*, *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Antalis inaequicostata*, *Bolinus brandaris*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Eulima glabra*, *Euspira nitida*, *Kurtiella bidentata*, *Lentidium mediterraneum*, *Loripes lacteus*, *Lucinella divaricata*, *Musculista senhousia*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nucula nitidosa*, *Nucula sulcata*, *Phaxas adriaticus*, *Politapes rhomboides*, *Spisula subtruncata*, *Tellimya ferruginosa*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Thracia papyracea*.

Il mollusco più abbondante è stato il bivalve *Chamelea gallina* con 1095.30 ind /m² nella st. 314 in autunno. Inoltre sono particolarmente abbondanti le specie come *Corbula gibba* (fino a 815.4 ind/m² nella st. 319 in autunno) e *Anadara transversa* con abbondanze fino a 395.8 ind /m², sempre in autunno, nella st. 309.

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	impovertito
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
-	-	estremo	sedimenti azoici

In Tabella 12 vengono indicati gli intervalli di AMBI corrispondenti a differenti livelli di disturbo. L'indice è stato applicato ai dati in esame grazie all'utilizzo del software AMBI 6.0 disponibile in rete (www.azti.es) con lista specie aggiornata a Giugno 2022. Inoltre sono state seguite le indicazioni riportate nel Report di Sistema SNPA "Applicabilità ed efficacia dei metodi di classificazione degli elementi di qualità biologica (EQB) utilizzati per la determinazione dello stato ecologico delle acque marino-costiere: il metodo M-Ambi per la valutazione ecologica dell'EQB Macroinvertebrati bentonici" (Report di Sistema SNPA 24/2021).

Nel calcolo dell'AMBI, il presupposto di base è che una comunità macrobentonica in risposta ad un evento di disturbo passa attraverso quattro stati: da uno iniziale, non inquinato, in cui l'abbondanza, la ricchezza e la diversità sono elevate, ad uno sempre più perturbato, 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:

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

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 13 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2022 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

I risultati dell'indice AMBI sono rappresentati in Figura 103 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 104 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	3.2653	35	3.1913
9	PRI	2.4984	17	2.6044
14	PRI	2.9363	44	1.7247
19	PRI	2.6035	39	2.377
4	AUT	1.6748	20	3.139
9	AUT	2.2317	22	3.6614
14	AUT	2.189	43	0.72042
19	AUT	3.4932	53	2.838
304	PRI	2.9352	24	1.9547
309	PRI	3.5238	32	1.6537
314	PRI	3.5991	47	1.3701
319	PRI	2.6079	47	2.3238
304	AUT	3.1416	36	1.4589
309	AUT	1.9602	21	0.5293
314	AUT	3.0255	44	0.89956
319	AUT	3.3894	46	1.0972

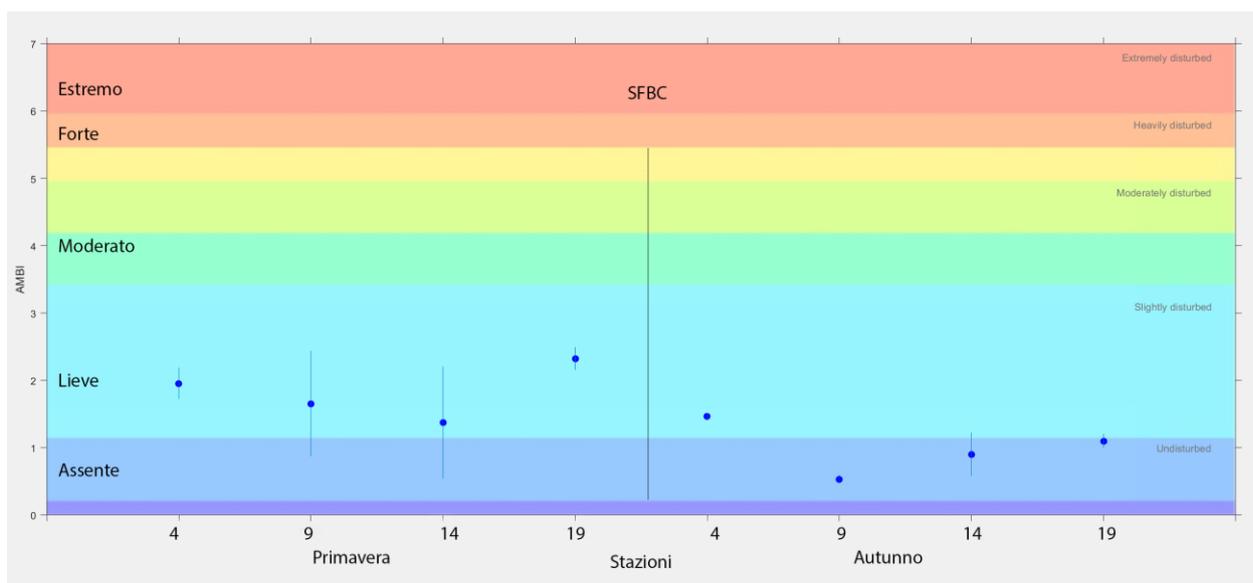


Figura 103 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC in Primavera ed in Autunno

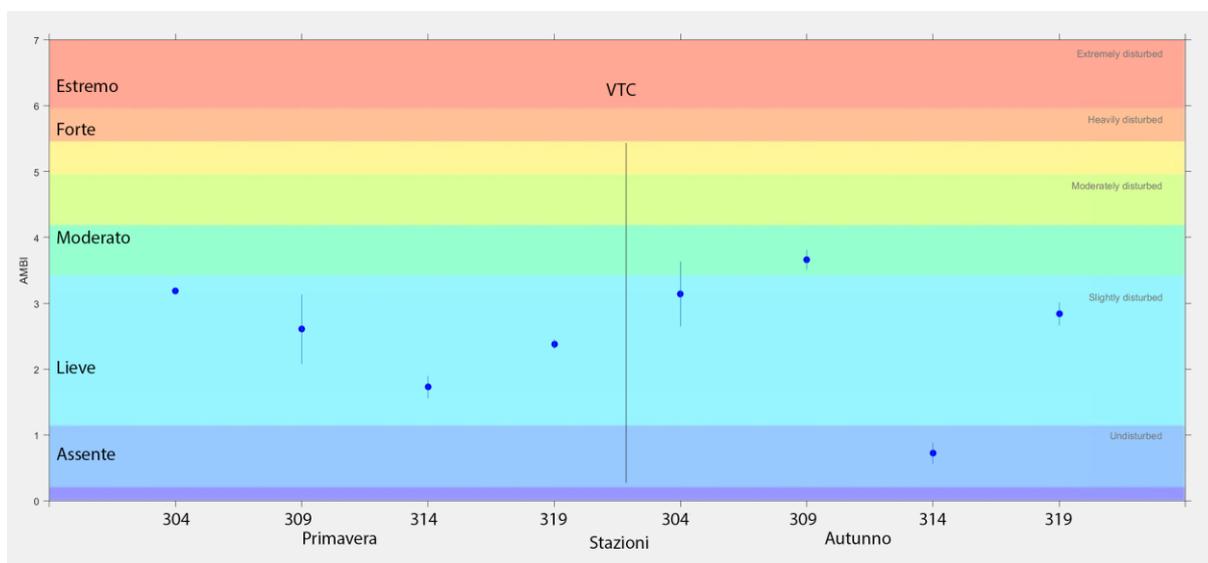


Figura 104 – Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Nel contesto delle biocenosi delle SFBC, l'analisi multivariata mediante Non-metric Multi-Dimensional Scaling (nMDS) (Figura 118) rivela la formazione di un singolo cluster che comprende le stazioni 114 (Primavera ed Autunno), insieme alla stazione 109 e 119 campionate nel periodo autunnale. Questo raggruppamento, visibile nella parte superiore del grafico di ordinamento, è distintivo per la presenza di specie quali

Chamelea gallina, *Lucinella divaricata* e *Donax semistriatis*. Al contrario, nella parte inferiore dell'ordinamento, caratterizzata dalla presenza di specie quali *Iphinoe daphne*, *Pariabus typicus* e *Lentidium mediterraneum*, è individuabile la stazione 104 (Primavera e Autunno), insieme alle stazioni 119 e 109 durante la stagione primaverile.

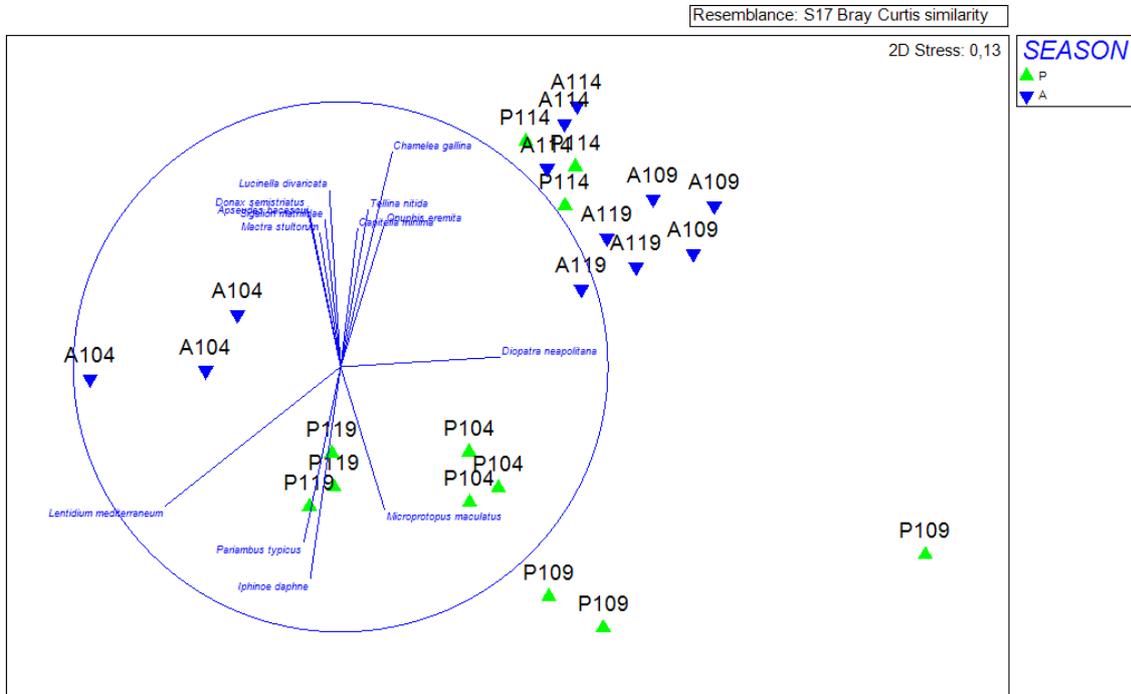


Figura 105 – nMDS Biocenosi delle SFBC

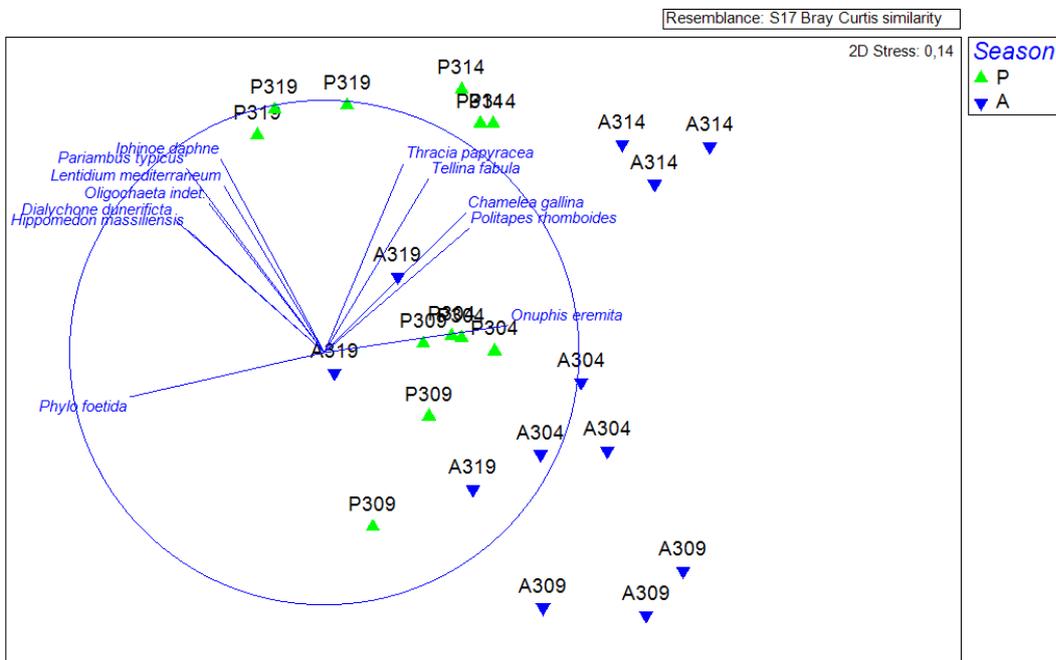


Figura 106 – nMDS Biocenosi delle VTC

Nel contesto delle biocenosi delle VTC (Figura 119), l'analisi multivariata evidenzia significative variazioni stagionali nelle stazioni, discernibili lungo l'asse Y, il quale mostra correlazioni con specie quali *Iphinoe daphne*, *Pariabus typicus* e *Lentidium mediterraneum*, e lungo l'asse X, che presenta correlazioni con specie quali *Chamelea gallina*, *Polytapes rhomboides* e *Trachia papyracea* (Figura 119). In particolare, per ogni sito, i campionamenti primaverili si posizionano nella parte alta dell'ordinamento.

Per l'Elemento di Qualità Biologica (EQB) macroinvertebrati bentonici si applica l'Indice M-AMBI. I limiti di classe dell'M-AMBI, espressi in termini di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), sono: tra lo stato Elevato/Buono 0.81; tra lo stato Buono/Sufficiente 0.61.

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 di ogni stazione, valori stagionali di M-AMBI (Tabella 14);
- lo stato di qualità per stazione dato dalla media dei 2 campionamenti (Tabella 15);
- lo stato di qualità del corpo idrico, relativo all'anno 2022, è attribuito dalla media dei valori di M-AMBI di ogni stazione appartenente al corpo idrico (Tabella 16);

Quindi per la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per l'EQB Macroinvertebrati bentonici relativa al 2022 si esprime con un giudizio "Buono" per il corpo idrico CD2, Ravenna-Cattolica, mentre il corpo idrico CD1, Goro-Ravenna risulta con uno stato "Sufficiente".

Tabella 14 – Valori stagionali di M-AMBI e stato di qualità nel 2022

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Stagione	2022	
				M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	PRI	0.70	Buono
CD1		4	AUT	0.52	Sufficiente
CD2		9	PRI	0.56	Sufficiente
CD2		9	AUT	0.63	Buono
CD2		14	PRI	0.76	Buono
CD2		14	AUT	0.73	Buono
CD2		19	PRI	0.65	Buono
CD2		19	AUT	0.88	Elevato
CD1	VCT	304	PRI	0.54	Sufficiente
CD1		304	AUT	0.63	Buono
CD2		309	PRI	0.67	Buono
CD2		309	AUT	0.42	Sufficiente
CD2		314	PRI	0.82	Elevato
CD2		314	AUT	0.82	Elevato
CD2		319	PRI	0.70	Buono
CD2		319	AUT	0.73	Buono

Tabella 15 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2022

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	2022	
			M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	0.61	Buono
CD2		9	0.59	Sufficiente
CD2		14	0.74	Buono
CD2		19	0.76	Buono
CD1	VTC	304	0.58	Sufficiente
CD2		309	0.54	Sufficiente
CD2		314	0.82	Elevato
CD2		319	0.71	Buono

Tabella 16 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2022

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2022	
				M-AMBI	Stato
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.60	Sufficiente
	VTC	304			
CD2 Ravenna-Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.70	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 90). 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 2022. Lo stato di qualità per il TRIX è risultato "Buono" sia per il CD1 che per il CD2.

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

Corpo idrico	Stazione	2022	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.34	4.87 Buono
	302	4.94	
	4	5.11	
	304	4.68	
	6	4.71	
	306	4.41	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	4.63	4.51 Buono
	9	4.65	
	309	4.50	
	13	4.73	
	14	4.97	
	314	4.63	
	17	4.46	
	317	4.15	
	19	4.37	
	319	3.98	

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 107) ed a 4 stazioni a circa 1-2 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, Figura 108).

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 2022, nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalborsetti) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa; invece, nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna), 314 (Cesenatico), 317 (Rimini) e 319 (Cattolica) tende a prevalere la componente sabbiosa.

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

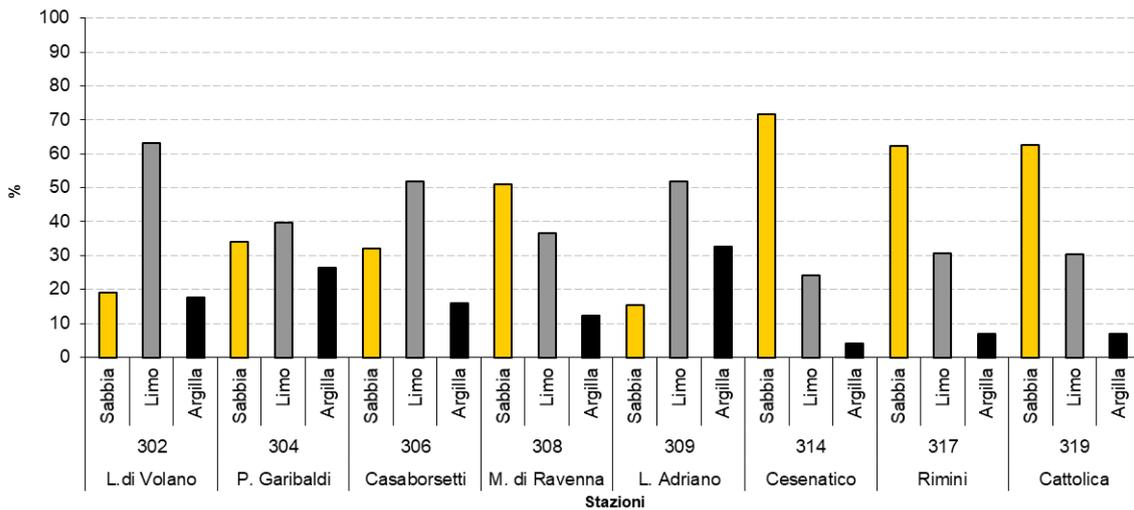


Figura 107 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

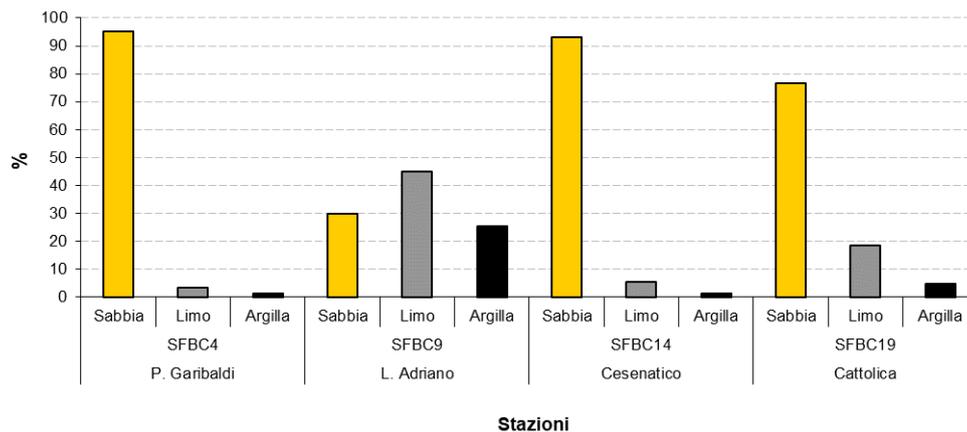


Figura 108 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

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 109 e Figura 110). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale relative al 2022 nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra valori di 0.35 e 0.95%.

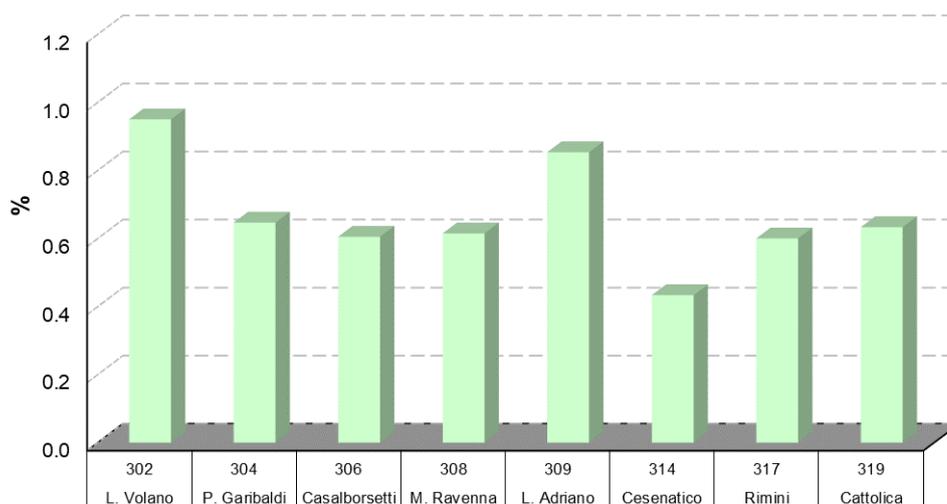


Figura 109 – Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa



Figura 110 – 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 2022 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. (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. (CE) n. 1881/2006 e ss.mm.ii.).

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 2022 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 2022 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 difenileteribromurati, 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 2022, 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 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 2022 sono state ricercate nella matrice biota le seguenti sostanze della tab. 1/A: difenileteri bromurati, DDT totale, fluorantene, esaclorobenzene, esaclorobutadiene, mercurio e composti, benzo(a)pirene, dicofol, acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS) e diossine e composti diossina simili.

Dall'analisi dei dati riportati in *Allegato IV* emerge che vi sono superamenti dell'SQA per la somma dei PBDE e mercurio e composti in tutti i campioni di pesce analizzati per i corpi idrici campionati nel 2022. Esaclorobenzene, esaclorobutadiene e dicofol presentano invece tutti valori inferiori al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata. DDT totale, PFOS e diossine e composti diossina simili sono stati determinati a concentrazioni inferiori ai rispettivi SQA. Nel 2022 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 2022 è stato riscontrato un solo superamento dello SQA-MA+20% per DDD nella stazione 308. 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 111), pesticidi Σ DDT, Σ DDD, Σ DDE (Figura 112), TBT e piombo (Figura 128), arsenico, cromo totale e cromo VI (Figura 114), diossine, furani e PCB (Figura 115), che verranno elaborati ai fini della analisi della tendenza, valutando i trend ascendenti e discendenti nella matrice sedimento.

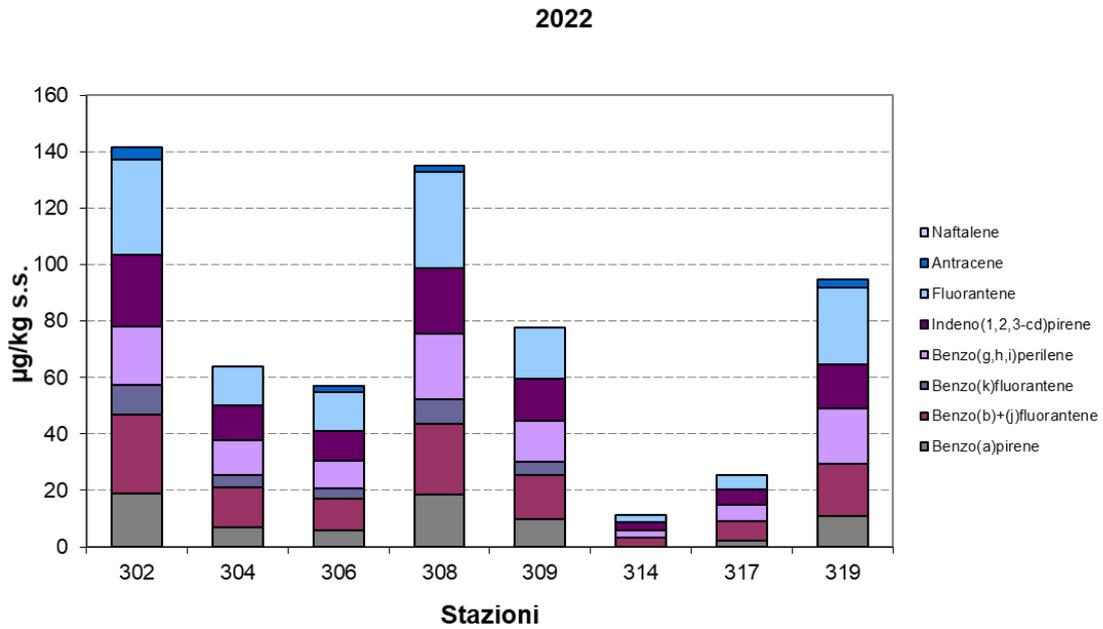


Figura 111 – Medie annuali di idrocarburi policiclici aromatici determinati nel sedimento

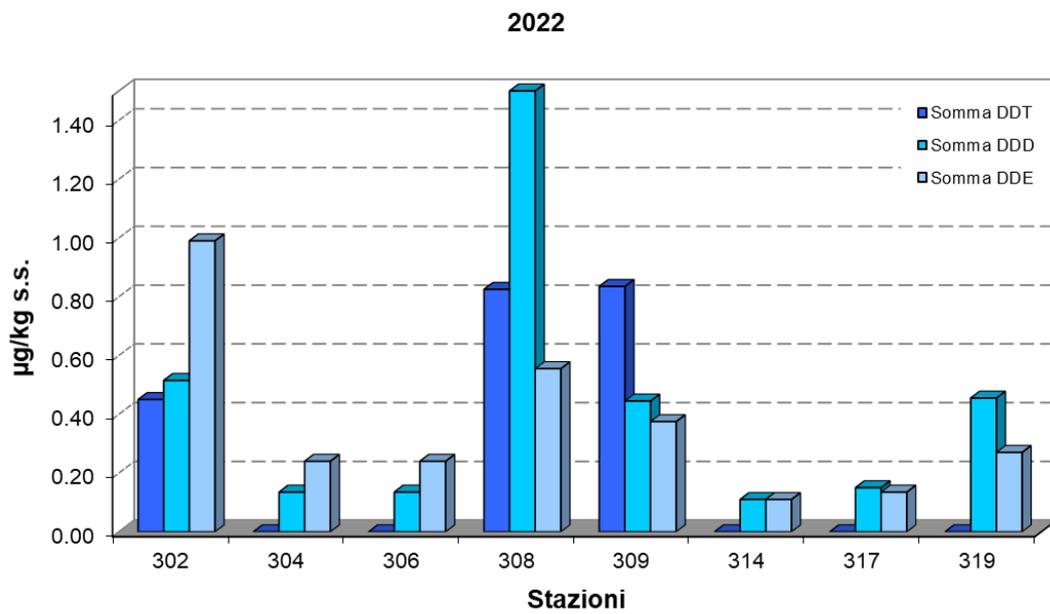


Figura 112 – Medie annuali di pesticidi (somma DDT, somma DDD, somma DDE) determinati nel sedimento

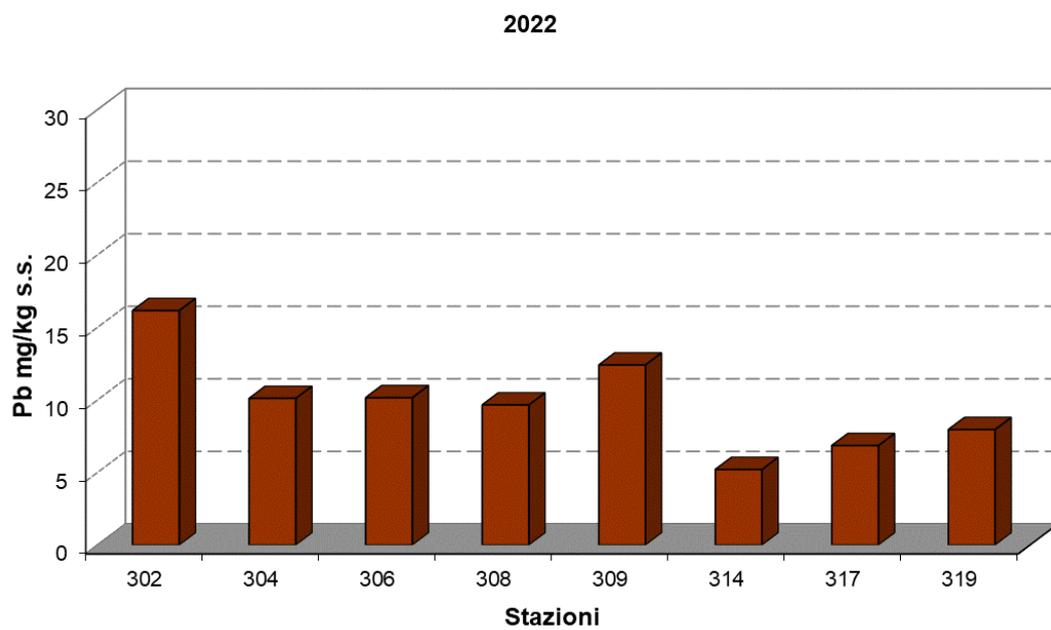
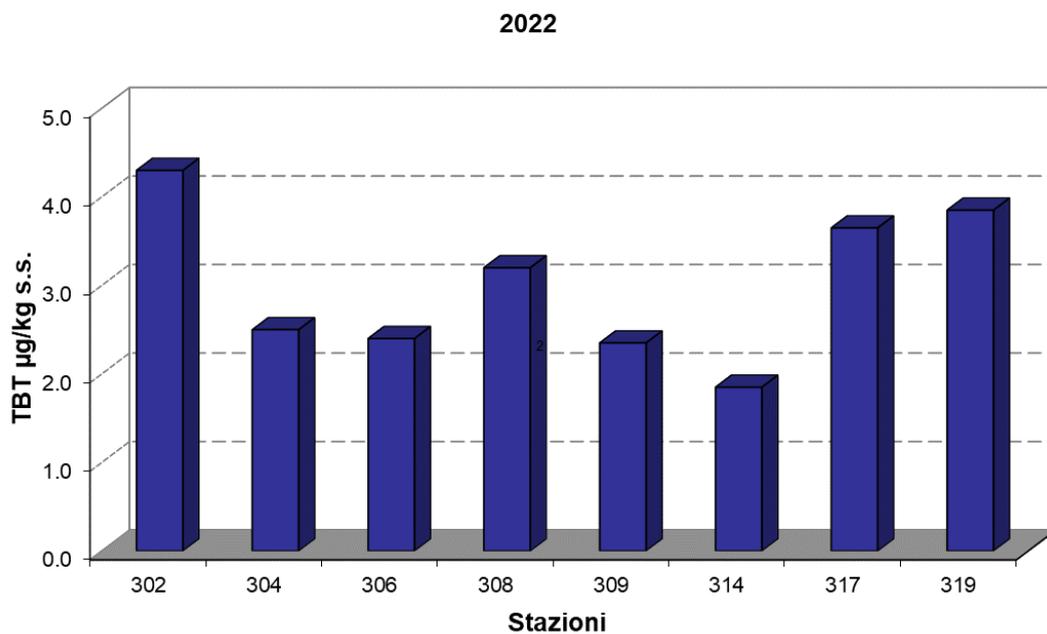


Figura 113 – Medie annuali di tributilstagno e piombo determinati nel sedimento

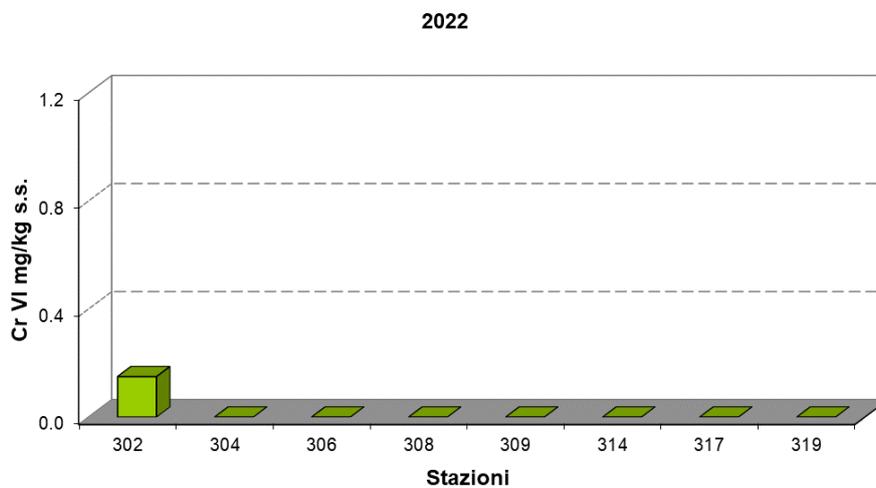
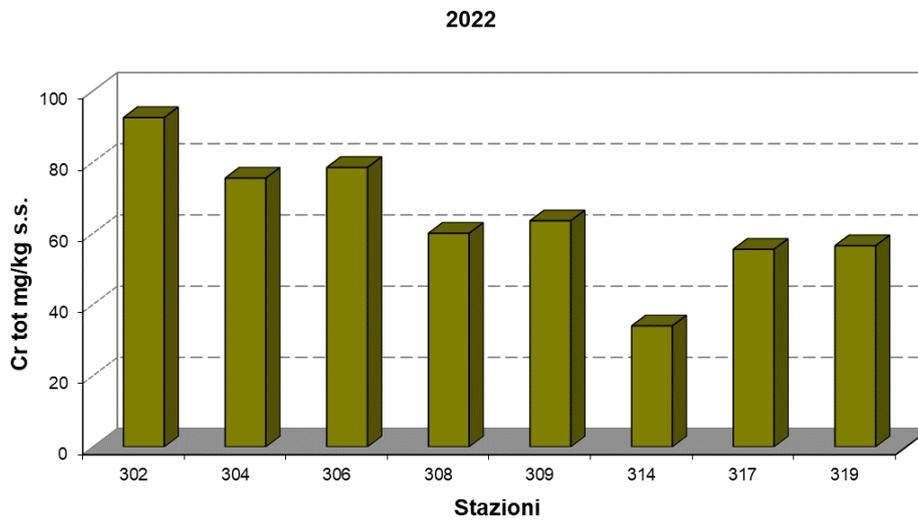
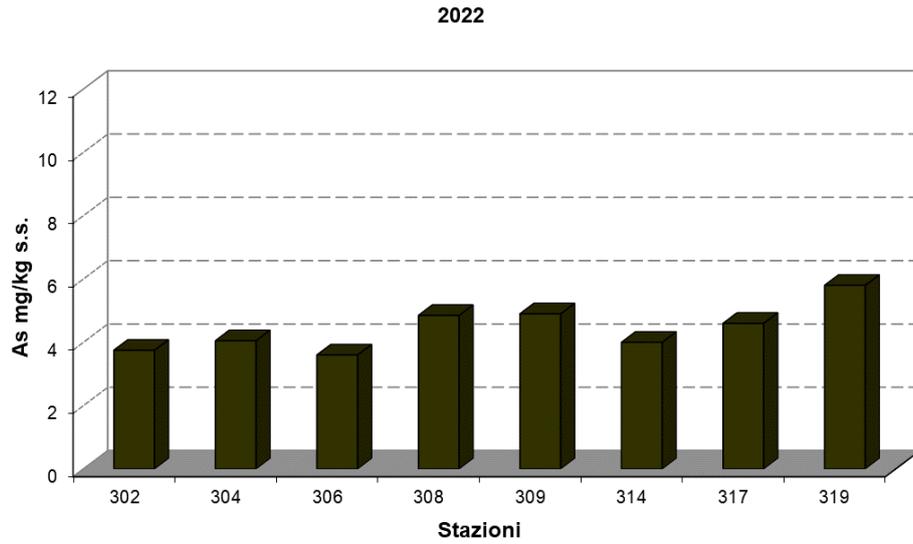


Figura 114 – Medie annuali di arsenico, cromo totale e cromo VI determinati nel sedimento

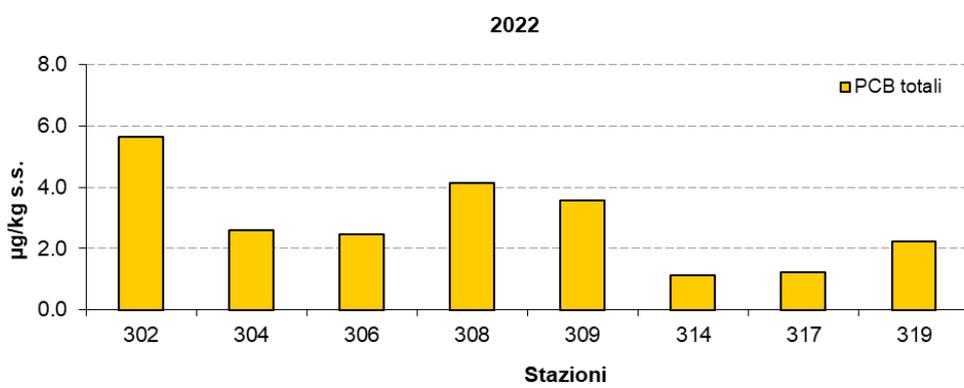
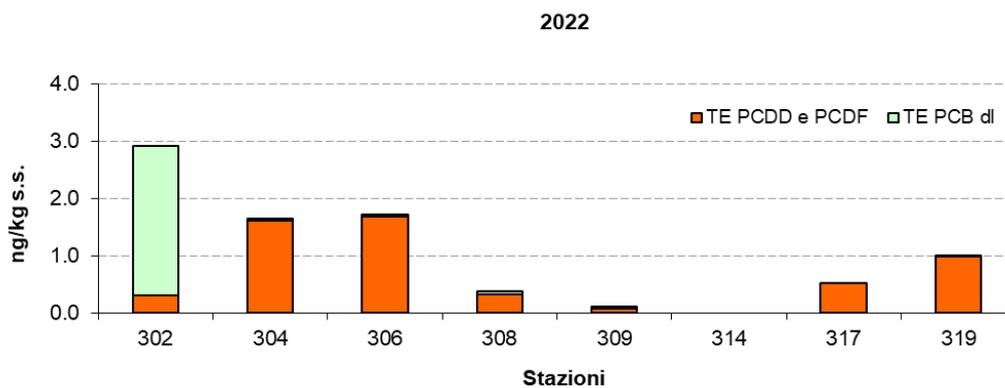


Figura 115 – Medie annuali di diossine, furani e PCB determinati nel sedimento

5.2.5 Test ecotossicologici

Nel 2022, ad integrazione delle indagini chimiche, in 8 stazioni a 3 km di distanza dalla costa sono stati effettuati anche test ecotossicologici con frequenza annuale (Tabella 4).

È stata eseguita l'indagine con *Vibrio fischeri* su sedimento privo di acqua interstiziale e su elutriato. Le caratteristiche del saggio sono riportate in Tabella 19. I risultati sono riportati in Tabella 20.

Tabella 19 – Caratteristiche dei saggi ecotossicologici effettuati sui sedimenti

SPECIE	MATRICE	STADIO VITALE	ESPOSIZ.	END-POINT	ESPRESSIONE DATO
Gruppo: Batteri					
<i>Vibrio fischeri</i>	elutriato	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	sedimento privo di acqua interstiziale	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)

La valutazione dei risultati dei saggi ecotossicologici, effettuata in conformità ai protocolli metodologici standardizzati riportati nel “Manuale per la movimentazione di sedimenti marini” ICRAM-APAT anno 2007, mostra che nel 2022 la tossicità dei sedimenti è assente per il saggio con *Vibrio fischeri* sia in fase liquida (elutriato) che in fase solida (sedimento privo di acqua interstiziale).

Tabella 20 – Risultati del saggio ecotossicologico con *Vibrio fischeri*

Stazione	Fase liquida			Fase solida	
	EC20 %	EC50 %	Valutazione Fase Liquida	STI	Valutazione Fase Solida
302-L.Volano	>90	>90	A	0.38	A
304-P.Garibaldi	>90	>90	A	0.99	A
306-Casalborsetti	>90	>90	A	0.41	A
308-M.Ravenna	>90	>90	A	0.28	A
309-L.Adriano	>90	>90	A	0.59	A
314-Cesenatico	>90	>90	A	0.25	A
317-Rimini	>90	>90	A	0.56	A
319-Cattolica	>90	>90	A	0.57	A

6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

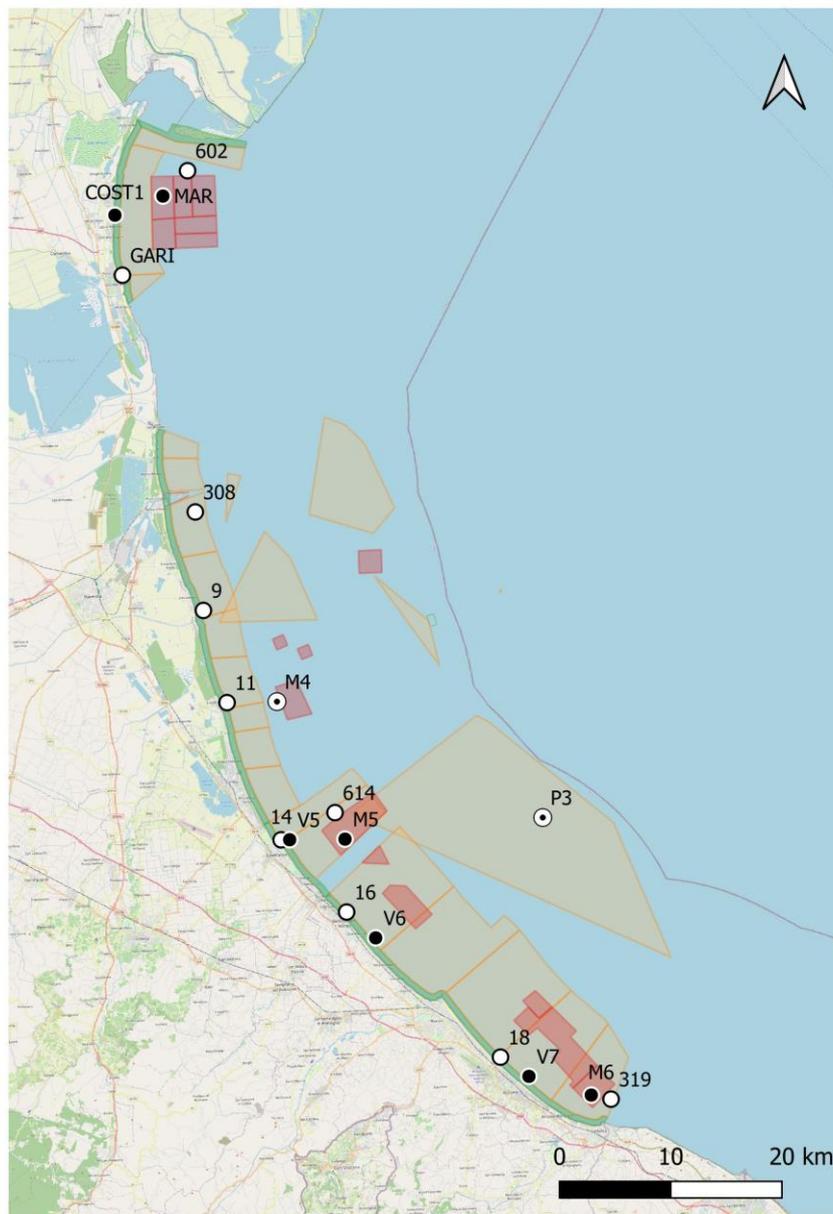
I molluschi eduli lamellibranchi rappresentano una voce importante nel contesto dell'economia ittica della regione Emilia-Romagna. Le acque marino costiere regionali sono sede non solo di banchi e di popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, tra cui le specie *Chamelea gallina* e *Ruditapes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

Con la Determinazione del Responsabile del Servizio Prevenzione Collettiva e Sanità Pubblica n. 3077 del 22 febbraio 2021, la Regione Emilia-Romagna ridefinisce le zone delle acque interne del territorio regionale e delle acque marine antistanti la costa per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi bivalvi vivi (Figura 116).

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 116. 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 116 – 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 2022 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. Verso fine giugno si sono registrate le prime segnalazioni della specie *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778) (Figura 117 a). Le sue comparse si sono rarefatte dai primi di agosto a metà settembre sempre con comparse sporadiche e locali. 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. Ad estate inoltrata, esattamente a fine luglio ha fatto la sua comparsa la specie *Cothylorhiza tuberculata*, detta anche Cassiopea (Figura 117 b) che ha caratterizzato il mese di agosto fino ai primi di 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.



Figura 117 – a) *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778), b) *Cothylorhiza tuberculata*

7.2 AVVISTAMENTI DI *MNEMIOPSIS LEIDYI*

Da fine luglio fino a metà ottobre, anche nel 2022 si sono registrati gli avvistamenti dello ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865, lungo tutta la costa (Figura 118). In particolare dai primi di agosto non si sono registrati avvistamenti fino ai primi di settembre, quando è stato nuovamente possibile osservare la specie.

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.

Vorace predatore di zooplancton, uova e piccole larve di pesci, soprattutto acciughe, è considerata dannosa poiché provoca la diminuzione delle popolazioni ittiche.



Figura 118 – *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.3 FIORITURE DI *FIBROCAPSA JAPONICA*

Nel pomeriggio di domenica 17 luglio sono giunte alcune segnalazioni da parte della Capitaneria di porto di Cesenatico che riportavano la presenza, nel porto canale di Cesenatico, di una massa d'acqua con colorazione tendente al bruno che, in contemporanea alla marea uscente, si muoveva lentamente verso il mare. In seguito a prelievi effettuati il pomeriggio stesso, si riscontravano valori di 4.204.800 cell/L a testimonianza di una fioritura di *Fibrocapsa japonica* (Toriumi & Takano 1973) che da qualche giorno stava insistendo nelle acque del Portocanale. Il 26 luglio sono poi state segnalate in alcuni tratti di costa compresi tra Pinarella e Igea Marina (Figura 119) altre fioriture della microalga che si presentavano visivamente con macchie con una colorazione tendente al rosso-bruno. Si è trattato di un fenomeno del tutto naturale provocato dalla abbondante presenza della microalga assolutamente innocua per i bagnanti. La fioritura (bloom) si presentava entro i 200-300 m dalla battigia, perché questo tipo di fitoplancton predilige le acque a temperatura più elevata, concentrandosi soprattutto nelle ore pomeridiane per effetto dei venti di scirocco a regime di brezza. L'intensità della fioritura non è stata uniforme in quanto in alcune zone raggiungeva picchi di intensità tali da ridurre la trasparenza a pochi centimetri come ad esempio lungo il litorale tra Zadina e Cesenatico, dove sono state riscontrate alte concentrazioni algali. Questa microalga, in termini ambientali, può addirittura rappresentare un fattore positivo poiché è in grado di generare ossigeno. Non sono infatti stati rilevati problemi di tossicità di questa microalga nei confronti dell'uomo e della fauna marina.



Figura 119 – *Fibrocapsa japonica* in fioritura lungo la riva di Pinarella. Nel riquadro, particolare al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

ALLEGATO I - STATISTICA DESCRITTIVA

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

<i>Stazione 2 Lido di Volano 0.5 km dalla costa</i>																	
<i>Statistica descrittiva 2022</i>																	
	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	8.29	18.39	32.36	7.52	1.52	5.99	179.03	6.53	21.33	542.53	21.16	5.05	374.51	144.99	34.19	5.34	2.59
Errore standard	0.03	1.51	0.54	0.31	0.12	0.75	33.40	1.16	5.11	50.36	1.86	0.73	28.47	51.48	6.27	0.13	0.16
Mediana	8.30	18.86	32.80	7.48	1.50	5.12	148.93	5.46	14.28	487.02	21.86	4.81	367.44	27.69	23.39	5.53	2.80
Moda				9.15	1.50	4.50	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.13	7.38	2.65	1.54	0.58	3.68	163.61	5.66	25.04	246.73	9.09	3.59	139.45	252.21	30.72	0.65	0.80
Varianza campionaria	0.02	54.51	7.02	2.38	0.34	13.53	26768.10	32.07	626.92	60874.89	82.59	12.88	19446.77	63608.82	943.85	0.42	0.64
Curtosi	0.52	-1.51	-0.64	-0.93	-0.63	0.87	-0.68	0.83	6.53	1.83	-0.09	1.24	-0.80	2.47	5.16	-0.92	-0.27
Asimmetria	-0.20	-0.03	-0.11	0.37	0.10	1.17	0.60	1.04	2.38	1.15	0.18	0.89	0.13	1.95	2.21	-0.38	-0.06
Intervallo	0.60	21.33	9.54	5.24	2.00	14.10	513.75	21.55	109.87	1051.89	35.47	14.83	449.03	804.49	128.87	2.31	3.38
Minimo	7.99	7.32	27.24	5.29	0.50	1.50	0.70	0.38	0.21	213.34	6.13	0.22	150.96	0.47	9.49	4.16	0.84
Massimo	8.58	28.65	36.79	10.53	2.50	15.60	514.45	21.93	110.08	1265.23	41.59	15.05	599.98	804.97	138.36	6.47	4.21
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.12	1.12	0.65	0.24	1.55	69.09	2.39	10.57	104.18	3.84	1.52	58.89	106.50	12.97	0.27	0.34

<i>Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa</i>																	
<i>Statistica descrittiva 2022</i>																	
	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	8.31	17.79	33.46	7.81	1.40	5.86	144.94	5.86	14.43	466.56	19.82	5.11	296.22	120.57	33.76	5.11	2.68
Errore standard	0.03	1.52	0.49	0.30	0.10	0.70	34.52	1.02	6.81	43.23	2.28	0.94	36.12	41.76	6.27	0.17	0.14
Mediana	8.34	18.29	33.82	8.07	1.50	5.05	120.05	5.25	5.66	401.29	19.72	5.17	245.36	28.02	22.50	5.22	2.66
Moda					1.50	3.00	0.70		0.21			0.22					2.89
Deviazione standard	0.13	7.45	2.42	1.45	0.49	3.45	169.10	4.98	33.35	211.76	11.18	4.58	176.95	204.58	30.70	0.81	0.71
Varianza campionaria	0.02	55.50	5.84	2.10	0.24	11.88	28596.14	24.80	1112.31	44843.79	124.90	21.01	31311.45	41853.30	942.29	0.66	0.50
Curtosi	-0.58	-1.54	-0.19	-0.47	0.01	3.36	7.82	1.73	20.75	2.41	2.21	6.51	0.87	2.51	7.81	-0.22	-0.08
Asimmetria	-0.37	0.08	-0.55	0.18	0.15	1.74	2.31	1.08	4.45	1.55	1.20	1.99	1.04	1.93	2.49	-0.12	0.06
Intervallo	0.44	21.20	8.45	5.31	2.00	14.60	775.46	20.45	165.90	861.93	49.07	21.37	699.18	675.22	141.22	3.13	2.73
Minimo	8.05	7.51	28.40	5.42	0.50	1.40	0.70	0.14	0.21	232.04	4.05	0.22	47.71	0.53	6.94	3.68	1.22
Massimo	8.49	28.71	36.86	10.73	2.50	16.00	776.16	20.59	166.11	1093.97	53.12	21.59	746.89	675.75	148.16	6.81	3.95
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.15	1.02	0.61	0.21	1.46	71.41	2.10	14.08	89.42	4.72	1.94	74.72	86.39	12.96	0.34	0.30

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 2022																	
	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	8.32	17.95	32.84	7.88	1.69	5.96	168.66	5.98	12.77	471.13	17.16	4.36	311.42	145.97	57.84	4.94	2.39
Errore standard	0.02	1.52	0.53	0.28	0.09	0.85	35.61	1.16	5.25	43.09	1.76	0.73	42.00	47.71	19.82	0.20	0.13
Mediana	8.32	18.22	33.10	8.14	1.50	4.25	114.47	5.02	4.57	428.16	17.34	3.28	283.11	25.76	25.37	5.12	2.43
Moda					1.50	2.90	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.12	7.46	2.60	1.39	0.46	4.18	174.47	5.70	25.70	211.12	8.63	3.59	205.78	233.73	97.08	0.99	0.62
Varianza campionaria	0.01	55.69	6.77	1.95	0.21	17.46	30441.45	32.54	660.66	44571.50	74.54	12.86	42343.75	54628.75	9424.88	0.97	0.38
Curtosi	0.48	-1.54	1.15	-0.92	-0.61	4.29	1.00	3.71	15.62	-0.38	-0.24	-0.30	-0.86	1.26	10.30	-0.43	0.13
Asimmetria	0.18	0.06	-0.90	0.18	0.22	1.77	1.15	1.57	3.77	0.63	-0.01	0.79	0.52	1.63	3.15	-0.60	-0.39
Intervallo	0.52	21.36	10.92	4.89	1.50	18.54	652.01	24.60	122.42	760.39	31.33	11.40	667.24	757.20	424.26	3.52	2.56
Minimo	8.08	7.33	25.46	5.76	1.00	1.46	0.70	0.06	0.21	154.18	1.60	0.22	62.35	0.30	10.36	2.88	0.94
Massimo	8.60	28.69	36.38	10.65	2.50	20.00	652.71	24.65	122.63	914.56	32.93	11.62	729.59	757.50	434.62	6.39	3.49
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.15	1.10	0.59	0.20	1.76	73.67	2.41	10.85	89.15	3.65	1.51	86.89	98.69	40.99	0.42	0.26

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	17.68	33.70	8.04	2.67	5.22	129.99	4.94	7.98	394.15	13.60	3.74	231.78	127.23	84.74	4.68	1.99
Errore standard	0.03	1.52	0.46	0.32	0.29	0.84	28.80	0.90	2.25	30.41	1.42	0.63	35.52	47.89	46.26	0.22	0.15
Mediana	8.34	17.90	34.01	8.18	2.25	4.35	84.83	4.09	4.24	379.17	13.62	2.98	191.79	32.42	27.02	4.79	1.99
Moda	8.38				2.00	4.80	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.13	7.45	2.28	1.55	1.43	4.14	141.08	4.40	11.03	148.99	6.96	3.11	174.00	234.59	226.62	1.08	0.74
Varianza campionaria	0.02	55.56	5.19	2.40	2.04	17.10	19903.61	19.33	121.64	22199.17	48.42	9.65	30275.49	55033.51	51356.09	1.17	0.55
Curtosi	-0.50	-1.57	-1.20	-0.73	0.09	3.66	-0.13	0.05	5.28	-0.73	-1.16	-0.40	0.54	5.83	22.34	0.76	-0.25
Asimmetria	-0.10	0.08	-0.26	0.08	0.95	1.86	0.92	0.81	2.30	0.36	-0.25	0.78	1.00	2.47	4.67	-0.92	0.28
Intervallo	0.51	20.73	7.26	5.50	5.00	17.30	471.78	15.52	43.12	530.18	22.86	9.94	654.30	911.36	1122.83	4.14	2.94
Minimo	8.09	7.61	29.71	5.57	1.00	1.20	0.70	0.06	0.21	171.07	0.22	0.22	26.06	0.38	9.36	2.06	0.76
Massimo	8.60	28.34	36.97	11.07	6.00	18.50	472.48	15.58	43.33	701.25	23.08	10.16	680.35	911.74	1132.18	6.19	3.71
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.15	0.96	0.65	0.60	1.75	59.57	1.86	4.66	62.91	2.94	1.31	73.47	99.06	95.69	0.46	0.31

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

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	8.30	17.85	34.04	7.78	1.90	5.09	133.04	6.58	14.04	432.62	17.20	3.90	234.22	124.34	37.68	4.71	2.50
Errore standard	0.03	1.50	0.57	0.33	0.20	0.80	30.09	1.31	3.61	41.82	2.16	0.63	36.55	47.61	7.51	0.24	0.16
Mediana	8.32	19.10	34.60	7.78	1.50	3.65	116.25	5.35	6.59	378.12	15.47	2.59	200.05	29.91	23.79	4.86	2.22
Moda	8.24			6.67	1.50	2.90	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.13	7.34	2.81	1.61	0.97	3.90	147.42	6.43	17.66	204.89	10.59	3.08	179.04	233.26	36.77	1.16	0.78
Varianza campionaria	0.02	53.85	7.89	2.58	0.93	15.23	21733.79	41.35	311.92	41978.25	112.08	9.50	32055.50	54410.00	1351.86	1.34	0.61
Curtosi	-0.78	-1.46	1.66	0.53	-0.63	4.99	0.00	1.03	1.07	0.26	-0.62	-1.30	-0.14	4.55	4.03	-1.13	-1.34
Asimmetria	-0.03	0.10	-1.28	0.83	0.52	2.06	0.89	1.11	1.45	0.83	0.66	0.44	0.73	2.30	2.12	-0.11	0.22
Intervallo	0.47	22.12	11.05	6.37	3.50	16.80	503.87	23.91	59.12	792.77	36.26	8.86	668.30	866.74	144.07	3.78	2.45
Minimo	8.07	6.98	26.28	5.55	0.50	1.50	0.70	0.14	0.21	163.98	4.28	0.22	5.44	0.41	10.16	2.81	1.38
Massimo	8.53	29.11	37.32	11.92	4.00	18.30	504.57	24.05	59.33	956.74	40.54	9.08	673.74	867.15	154.23	6.59	3.84
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.10	1.19	0.68	0.41	1.65	62.25	2.72	7.46	86.52	4.47	1.30	75.60	98.50	15.53	0.49	0.33

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	8.30	17.80	34.39	7.68	2.98	4.31	115.82	5.61	11.08	366.79	11.48	2.99	184.43	126.24	85.72	4.41	1.97
Errore standard	0.03	1.49	0.44	0.28	0.30	0.69	25.24	1.02	3.64	33.74	1.35	0.47	32.29	48.44	46.36	0.23	0.14
Mediana	8.27	18.31	34.18	7.96	3.00	3.55	60.67	5.84	2.65	318.88	11.17	2.53	135.18	21.96	27.92	4.65	1.77
Moda				8.30	2.00	1.20	0.70		0.21			0.22					2.23
Deviazione standard	0.13	7.30	2.14	1.38	1.45	3.36	123.67	4.98	17.85	165.29	6.59	2.28	158.18	237.29	227.14	1.15	0.68
Varianza campionaria	0.02	53.34	4.59	1.90	2.10	11.29	15293.52	24.82	318.45	27321.59	43.44	5.21	25021.63	56306.92	51590.94	1.31	0.46
Curtosi	-0.11	-1.54	-1.18	-1.20	1.39	0.32	-1.10	-0.21	3.40	-0.83	0.74	-0.13	-0.94	5.12	22.16	-0.93	-0.19
Asimmetria	0.35	0.09	-0.01	-0.02	0.96	1.11	0.66	0.76	2.02	0.42	0.63	0.69	0.68	2.42	4.65	-0.47	0.76
Intervallo	0.52	20.89	6.92	4.63	6.00	11.50	350.94	17.04	63.26	570.47	28.80	8.38	486.49	847.48	1118.79	4.00	2.50
Minimo	8.07	7.75	30.83	5.50	1.00	0.70	0.70	0.06	0.21	159.97	0.22	0.22	0.14	0.79	14.85	2.21	1.09
Massimo	8.60	28.64	37.75	10.13	7.00	12.20	351.64	17.09	63.47	730.44	29.02	8.60	486.63	848.27	1133.64	6.21	3.59
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.08	0.90	0.58	0.61	1.42	52.22	2.10	7.54	69.80	2.78	0.96	66.79	100.20	95.91	0.48	0.29

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

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.31	17.46	34.63	7.63	2.29	5.83	96.32	5.08	9.33	360.94	13.16	2.77	165.93	133.11	64.68	4.65	2.19
Errore standard	0.03	1.47	0.50	0.35	0.24	1.16	24.27	0.99	2.23	39.00	1.73	0.39	26.37	53.50	28.94	0.23	0.17
Mediana	8.32	17.75	34.96	7.66	2.00	3.60	44.16	3.96	5.31	322.56	12.59	2.52	122.83	18.26	24.95	5.00	1.92
Moda				5.66	1.00	2.10	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.15	7.21	2.47	1.73	1.19	5.66	118.92	4.87	10.90	191.06	8.47	1.92	129.19	262.12	141.78	1.12	0.83
Varianza campionaria	0.02	52.04	6.08	3.00	1.41	32.09	14141.84	23.72	118.85	36504.81	71.69	3.69	16689.01	68704.51	20102.29	1.25	0.69
Curtosi	-0.71	-1.45	0.99	0.85	-1.19	3.35	1.46	0.17	1.14	1.58	1.17	-0.85	-0.47	6.79	20.76	-0.87	-1.46
Asimmetria	-0.03	0.13	-0.94	0.89	0.50	1.95	1.39	0.96	1.33	1.24	1.14	0.42	0.75	2.62	4.45	-0.33	0.22
Intervallo	0.57	21.54	9.49	6.83	3.50	21.90	431.47	15.97	38.34	708.80	34.24	6.03	448.59	1046.05	701.99	4.07	2.52
Minimo	8.03	6.74	28.41	5.55	1.00	1.30	0.70	0.06	0.21	146.52	0.22	0.22	19.51	0.83	7.63	2.51	1.02
Massimo	8.61	28.28	37.90	12.38	4.50	23.20	432.17	16.03	38.55	855.31	34.46	6.25	468.10	1046.89	709.62	6.59	3.54
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.05	1.04	0.73	0.50	2.39	50.22	2.06	4.60	80.68	3.58	0.81	54.55	110.68	59.87	0.47	0.35

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.32	17.16	34.63	7.59	1.93	6.29	110.90	5.60	21.64	370.42	15.16	3.86	165.53	135.36	52.45	4.97	2.36
Errore standard	0.05	1.49	0.49	0.30	0.16	1.27	26.08	0.86	4.43	28.23	1.78	0.65	27.13	54.62	19.46	0.13	0.18
Mediana	8.34	17.60	34.87	7.67	2.00	3.55	40.99	5.19	13.85	357.12	14.49	3.61	135.45	24.93	24.85	5.02	2.39
Moda	8.37			8.35	2.00	2.30	0.70					0.22					3.43
Deviazione standard	0.22	7.30	2.39	1.48	0.79	6.23	127.76	4.20	21.70	138.32	8.70	3.17	132.93	267.57	95.36	0.66	0.88
Varianza campionaria	0.05	53.34	5.72	2.19	0.62	38.80	16321.51	17.63	470.81	19132.36	75.75	10.02	17671.27	71592.45	9093.10	0.43	0.78
Curtosi	1.49	-1.42	0.00	0.53	-1.18	2.76	-0.21	0.64	4.01	2.24	-0.13	0.21	0.79	6.08	18.72	-1.00	-0.42
Asimmetria	0.74	0.14	-0.63	0.46	-0.01	1.78	1.01	1.00	2.00	1.12	0.66	0.79	1.22	2.59	4.17	0.10	-0.24
Intervallo	0.98	21.36	8.99	6.12	2.50	24.40	390.45	15.29	90.37	636.35	33.05	11.76	470.23	1002.56	468.31	2.30	3.36
Minimo	7.97	6.70	28.97	5.33	0.50	1.00	0.70	0.82	0.21	150.91	0.74	0.22	15.43	1.91	8.26	3.90	0.72
Massimo	8.95	28.06	37.97	11.45	3.00	25.40	391.15	16.11	90.58	787.26	33.78	11.98	485.66	1004.47	476.58	6.20	4.08
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.08	1.01	0.62	0.33	2.63	53.95	1.77	9.16	58.41	3.68	1.34	56.13	112.98	40.27	0.28	0.37

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

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.30	17.35	34.49	7.70	3.04	5.54	110.03	5.40	8.27	365.30	12.92	2.68	173.29	155.87	76.23	4.50	1.96
Errore standard	0.04	1.48	0.51	0.35	0.41	1.16	27.32	1.14	2.47	38.17	2.10	0.51	32.18	59.36	43.22	0.23	0.15
Mediana	8.34	17.42	34.60	7.62	2.50	3.35	46.50	3.92	4.58	346.98	10.63	2.03	100.73	19.51	27.14	4.46	1.82
Moda				7.87	2.00	2.80	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.18	7.25	2.51	1.72	2.00	5.69	133.86	5.60	12.09	186.97	10.27	2.51	157.62	290.79	211.75	1.15	0.75
Varianza campionaria	0.03	52.59	6.31	2.96	4.00	32.39	17917.41	31.37	146.06	34959.39	105.47	6.28	24845.61	84559.17	44839.68	1.32	0.56
Curtosi	1.47	-1.56	0.08	1.43	0.98	2.00	0.18	1.11	6.51	-0.40	7.73	0.14	0.07	3.97	23.28	-0.93	-0.50
Asimmetria	-0.90	0.02	-0.70	0.98	1.26	1.70	1.13	1.26	2.42	0.65	2.45	0.99	1.09	2.20	4.80	0.00	0.51
Intervallo	0.81	21.14	9.15	7.05	7.00	19.60	435.78	19.72	50.81	675.99	50.62	8.56	534.18	1042.46	1052.83	4.09	2.79
Minimo	7.81	6.83	28.80	5.58	1.00	0.50	0.70	0.06	0.21	124.73	0.22	0.22	15.61	0.60	10.99	2.35	0.89
Massimo	8.61	27.97	37.95	12.63	8.00	20.10	436.48	19.77	51.02	800.72	50.84	8.78	549.80	1043.07	1063.82	6.44	3.68
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.06	1.06	0.73	0.84	2.40	56.52	2.36	5.10	78.95	4.34	1.06	66.56	122.79	89.42	0.48	0.32

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.32	17.37	34.89	7.84	2.73	6.24	86.91	4.66	7.52	321.27	12.25	2.65	135.33	123.51	36.10	4.63	2.03
Errore standard	0.03	1.48	0.50	0.35	0.30	1.56	22.82	0.85	2.11	28.67	1.49	0.53	23.98	49.26	6.31	0.21	0.18
Mediana	8.33	17.52	35.20	7.85	2.50	3.05	31.79	3.95	3.67	287.74	10.58	2.16	111.28	11.06	22.38	4.66	1.86
Moda				8.02	2.50	2.40	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.17	7.25	2.44	1.71	1.49	7.66	111.81	4.17	10.36	140.47	7.29	2.58	117.48	241.34	30.90	1.01	0.87
Varianza campionaria	0.03	52.52	5.96	2.94	2.22	58.71	12501.39	17.43	107.36	19730.86	53.08	6.64	13802.28	58246.68	954.63	1.01	0.75
Curtosi	-0.12	-1.47	0.75	0.00	-0.49	4.71	0.77	0.04	9.88	1.16	0.99	2.95	0.61	5.20	5.74	-0.15	0.62
Asimmetria	0.16	0.10	-0.92	0.49	0.65	2.21	1.31	0.81	2.90	0.95	1.18	1.70	1.10	2.44	2.21	-0.24	0.82
Intervallo	0.68	20.87	9.06	6.78	5.00	31.00	363.01	14.42	47.59	620.65	28.16	10.20	425.95	851.42	136.04	4.11	3.61
Minimo	8.02	7.21	29.22	5.28	0.50	0.80	0.70	0.06	0.21	84.43	3.87	0.22	0.14	0.93	8.44	2.29	0.71
Massimo	8.70	28.07	38.28	12.06	5.50	31.80	363.71	14.47	47.80	705.07	32.03	10.42	426.09	852.35	144.48	6.40	4.32
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.06	1.03	0.72	0.63	3.24	47.21	1.76	4.38	59.31	3.08	1.09	49.61	101.91	13.05	0.43	0.37

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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				
Media	8.27	17.52	35.43	7.59	1.96	3.97	93.19	5.28	8.96	330.52	14.14	3.14	131.73	124.95	82.47	4.46	2.62
Errore standard	0.03	1.49	0.45	0.30	0.20	0.69	25.12	1.06	2.96	29.65	3.76	0.68	28.34	46.32	39.24	0.19	0.16
Mediana	8.27	17.69	35.96	7.28	2.00	2.70	24.16	2.98	5.88	287.58	10.66	2.67	85.58	14.72	29.91	4.42	2.53
Moda	8.26				1.00	1.90	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.14	7.32	2.20	1.47	1.00	3.38	123.05	5.21	14.52	145.27	18.42	3.31	138.82	226.90	192.22	0.94	0.76
Varianza campionaria	0.02	53.54	4.82	2.17	1.00	11.43	15141.92	27.10	210.84	21102.85	339.31	10.97	19272.04	51484.21	36947.83	0.88	0.58
Curtosi	-0.30	-1.48	-0.32	0.33	0.66	8.39	0.27	2.21	7.19	-0.10	18.10	2.08	3.83	5.05	19.88	-0.14	-0.65
Asimmetria	0.09	0.08	-0.56	0.65	0.87	2.64	1.23	1.42	2.77	0.65	4.03	1.57	1.97	2.32	4.34	-0.37	0.21
Intervallo	0.56	21.44	8.33	6.04	4.00	15.20	376.24	20.75	55.16	550.12	95.26	12.21	563.94	878.56	943.74	3.61	2.85
Minimo	8.02	7.31	30.13	5.42	0.50	1.50	0.70	0.30	0.21	95.00	0.22	0.22	0.14	1.03	4.79	2.39	1.30
Massimo	8.58	28.74	38.46	11.46	4.50	16.70	376.94	21.05	55.37	645.12	95.48	12.43	564.08	879.59	948.53	5.99	4.15
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.09	0.93	0.62	0.42	1.43	51.96	2.20	6.13	61.34	7.78	1.40	58.62	95.81	81.17	0.40	0.32

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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				
Media	8.26	17.40	35.99	7.57	2.29	3.08	81.56	4.29	10.75	291.97	12.88	2.60	125.35	108.52	61.47	4.37	2.56
Errore standard	0.03	1.47	0.42	0.29	0.24	0.63	21.82	0.78	2.38	26.85	1.98	0.47	23.81	40.13	31.86	0.16	0.15
Mediana	8.26	17.67	36.30	7.56	2.25	2.00	16.11	2.51	6.81	252.22	10.82	2.55	88.24	23.58	27.58	4.30	2.59
Moda				9.36	2.50	1.60	0.70		0.21			0.22					2.87
Deviazione standard	0.14	7.21	2.04	1.42	1.16	3.07	106.87	3.83	11.66	131.52	9.68	2.29	116.63	196.58	156.11	0.78	0.71
Varianza campionaria	0.02	51.95	4.14	2.02	1.35	9.40	11422.09	14.67	135.84	17298.27	93.70	5.26	13602.13	38642.40	24368.83	0.61	0.51
Curtosi	-0.69	-1.48	-0.08	-0.46	1.24	15.12	-0.38	-0.74	4.58	0.60	1.43	0.38	2.78	5.21	22.92	0.64	0.60
Asimmetria	-0.29	0.10	-0.65	0.31	1.15	3.65	1.07	0.78	1.86	1.13	1.41	0.98	1.75	2.37	4.75	-0.43	0.10
Intervallo	0.50	20.95	7.71	5.38	4.50	14.80	321.63	11.75	50.03	485.57	35.04	7.77	462.53	763.82	780.56	3.48	3.15
Minimo	8.01	7.39	30.79	5.51	0.50	1.30	0.70	0.53	0.21	109.90	0.22	0.22	0.14	0.49	6.46	2.35	1.13
Massimo	8.51	28.34	38.50	10.89	5.00	16.10	322.33	12.27	50.24	595.47	35.26	7.99	462.67	764.32	787.02	5.83	4.28
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.04	0.86	0.60	0.49	1.29	45.13	1.62	4.92	55.54	4.09	0.97	49.25	83.01	65.92	0.33	0.30

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

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	8.28	17.52	35.93	7.53	3.83	3.02	77.73	4.75	6.56	290.49	10.95	2.54	122.61	113.52	80.00	4.15	1.95
Errore standard	0.03	1.47	0.37	0.29	0.45	0.57	21.43	1.00	1.77	30.09	2.19	0.45	23.52	43.29	37.58	0.20	0.15
Mediana	8.28	17.35	36.08	7.49	3.00	1.95	14.35	2.34	1.67	249.59	6.94	2.01	106.89	15.20	31.28	4.19	1.68
Moda				5.56	3.00	1.10	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.13	7.18	1.81	1.43	2.19	2.79	104.98	4.90	8.65	147.41	10.74	2.20	115.23	212.10	184.10	0.97	0.73
Varianza campionaria	0.02	51.58	3.28	2.04	4.80	7.80	11021.66	24.04	74.81	21730.76	115.41	4.83	13278.47	44984.64	33893.43	0.95	0.53
Curtosi	-0.13	-1.52	1.13	-0.71	0.23	4.52	-0.03	1.44	1.52	-0.57	7.04	0.63	3.91	3.71	20.80	-0.24	-0.78
Asimmetria	0.14	0.07	-0.94	0.26	0.81	1.96	1.15	1.38	1.54	0.49	2.38	1.16	1.78	2.16	4.47	-0.31	0.76
Intervallo	0.53	20.92	7.51	5.26	8.00	11.90	317.81	17.90	27.93	528.30	49.87	7.63	495.50	752.66	913.95	3.75	2.31
Minimo	8.06	7.51	30.81	5.32	1.00	0.50	0.70	0.33	0.21	50.76	0.22	0.22	0.14	0.84	3.70	1.93	1.11
Massimo	8.59	28.43	38.32	10.58	9.00	12.40	318.51	18.22	28.14	579.06	50.09	7.85	495.64	753.50	917.65	5.67	3.43
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.03	0.77	0.60	0.92	1.18	44.33	2.07	3.65	62.25	4.54	0.93	48.66	89.56	77.74	0.41	0.31

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	17.42	36.13	7.57	3.42	2.84	70.46	3.93	6.69	270.58	8.93	2.05	103.76	106.08	98.04	3.98	2.09
Errore standard	0.03	1.45	0.36	0.27	0.39	0.46	19.15	0.82	1.88	27.57	1.56	0.36	22.65	35.61	44.05	0.18	0.14
Mediana	8.29	17.55	35.92	7.72	3.50	2.35	4.89	1.56	1.77	234.23	6.28	1.90	60.85	11.33	29.77	3.99	2.05
Moda				8.66	3.50	1.20	0.70		0.21		0.22	0.22					
Deviazione standard	0.13	7.12	1.76	1.32	1.89	2.27	93.81	4.01	9.21	135.08	7.63	1.79	110.98	174.46	215.81	0.87	0.71
Varianza campionaria	0.02	50.74	3.11	1.75	3.58	5.16	8800.63	16.09	84.85	18245.98	58.21	3.19	12315.74	30436.51	46573.91	0.75	0.50
Curtosi	-0.14	-1.52	-1.31	-1.14	0.35	5.20	-1.08	-0.65	2.10	-0.96	7.07	0.10	1.67	1.53	8.91	-1.01	-0.75
Asimmetria	-0.43	0.08	-0.17	-0.10	0.82	2.04	0.88	0.82	1.72	0.41	2.22	0.95	1.49	1.71	3.16	-0.05	0.35
Intervallo	0.53	20.30	5.53	4.65	7.00	10.10	229.40	13.05	31.73	453.79	36.61	6.09	399.45	548.37	810.49	3.20	2.42
Minimo	8.00	7.73	33.04	5.36	1.00	0.50	0.70	0.06	0.21	74.06	0.22	0.22	0.14	1.40	11.71	2.31	1.03
Massimo	8.53	28.03	38.57	10.01	8.00	10.60	230.10	13.10	31.94	527.85	36.83	6.31	399.59	549.77	822.20	5.51	3.45
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.01	0.74	0.56	0.80	0.96	39.61	1.69	3.89	57.04	3.22	0.75	46.86	73.67	91.13	0.37	0.30

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

Stazione 13 Zadina 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	8.16	17.26	34.68	7.48	2.08	5.22	115.87	5.14	16.33	367.51	13.86	3.60	181.00	140.90	86.25	4.73	2.38
Errore standard	0.07	1.50	0.47	0.30	0.20	0.96	28.49	0.87	2.91	34.10	1.85	0.49	34.88	56.89	50.76	0.17	0.18
Mediana	8.24	17.26	34.91	7.42	2.00	3.25	30.35	3.91	10.98	310.69	12.17	2.90	126.58	13.42	30.45	4.97	2.16
Moda			35.25		2.00	2.20	0.70	0.69	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.34	7.33	2.28	1.49	0.97	4.72	139.59	4.27	14.27	167.07	9.06	2.42	170.89	278.69	248.68	0.82	0.89
Varianza campionaria	0.11	53.72	5.21	2.22	0.95	22.29	19486.45	18.22	203.56	27911.02	82.16	5.87	29203.86	77668.61	61839.26	0.66	0.79
Curtosi	10.76	-1.51	-0.21	-0.61	-1.23	4.98	-0.62	-0.67	-0.46	-0.96	1.68	-0.53	2.83	4.88	22.95	-0.20	-1.05
Asimmetria	-2.84	0.10	-0.41	0.43	-0.10	2.21	0.90	0.62	0.84	0.55	1.17	0.37	1.65	2.37	4.75	-0.66	0.08
Intervallo	1.75	21.13	8.78	5.15	3.00	19.60	416.54	14.20	47.49	572.31	39.72	8.74	696.62	1004.42	1234.21	3.15	2.93
Minimo	6.83	7.17	29.36	5.42	0.50	1.20	0.70	0.16	0.21	155.66	0.22	0.22	10.46	0.91	8.21	2.71	0.90
Massimo	8.58	28.30	38.13	10.57	3.50	20.80	417.24	14.35	47.70	727.97	39.94	8.96	707.08	1005.33	1242.42	5.86	3.84
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.14	3.09	0.96	0.63	0.41	1.99	58.95	1.80	6.02	70.55	3.83	1.02	72.16	117.68	105.01	0.34	0.37

Stazione 308 Marina di Ravenna 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2022																	
	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	8.31	17.82	34.23	7.82	2.38	5.08	113.00	5.73	9.87	383.01	13.63	4.22	188.68	136.37	47.87	4.63	2.24
Errore standard	0.03	1.53	0.49	0.37	0.26	0.92	25.25	1.20	2.95	38.48	1.87	0.94	32.50	51.50	12.62	0.23	0.18
Mediana	8.34	18.21	34.74	7.61	2.25	3.15	51.97	4.94	3.28	333.13	13.54	3.25	123.08	16.16	23.29	4.62	2.07
Moda	8.40			6.06	1.00	2.40	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.14	7.48	2.39	1.80	1.25	4.53	123.68	5.89	14.46	188.52	9.18	4.59	159.21	252.31	61.81	1.14	0.86
Varianza campionaria	0.02	55.98	5.73	3.26	1.57	20.53	15295.63	34.71	209.16	35539.25	84.25	21.02	25348.08	63659.51	3820.16	1.31	0.75
Curtosi	-0.67	-1.50	0.00	-0.03	0.18	2.82	-0.73	0.34	4.55	1.52	7.30	4.67	0.15	3.77	6.63	-0.72	-0.86
Asimmetria	-0.10	0.06	-0.66	0.79	0.65	1.81	0.76	0.99	2.06	1.13	2.11	2.06	0.97	2.14	2.69	-0.17	0.38
Intervallo	0.50	22.22	9.35	6.40	5.00	16.50	377.61	20.50	57.97	770.29	45.47	18.57	577.79	913.04	229.75	4.12	2.78
Minimo	8.06	6.53	28.58	5.62	0.50	1.20	0.70	0.06	0.21	155.55	1.84	0.22	23.62	0.36	11.94	2.55	1.05
Massimo	8.55	28.75	37.93	12.02	5.50	17.70	378.31	20.55	58.18	925.83	47.31	18.79	601.42	913.40	241.69	6.67	3.82
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.16	1.01	0.76	0.53	1.91	52.22	2.49	6.11	79.60	3.88	1.94	67.23	106.54	26.10	0.48	0.36

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	2022					
	CD1			CD2		
	Goro-Ravenna			Ravenna-Cattolica		
2	4	6	9	14	17	
L. Volano	P. Garibaldi	Casalborsetti	L. Adriano	Cesenatico	Rimini	
<i>Dimetoato</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Terbutilazina (somma)</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Azoxistrobin</i>	0.023	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Boscalid</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Carbendazim</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Cloridazon</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Imidacloprid</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Metalaxil</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Metolaclor</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Oxadiazon</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Procloraz</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Propizamide</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Tiametoxam</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Metamitron</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Pirimicarb</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Dimetomorf</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Clorantraniliprololo (DPX E-2 Y45)</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Metazaclor</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Fludioxonil</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Fluopicolide</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Tebuconazolo</i>	<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 (µg/l) degli inquinanti prioritari (tab. 1VA D.Lgs. 172/15)

Parametri/ Stazioni	SQA- MA (µg/L)	2022					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	0.6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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	<0.06	<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	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Clorfenvifos	0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Endosulfan (somma)	0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluorantene	0.0063	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.002	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Piombo e composti	1.3	<0.3	0.4	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
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	<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	0.004	0.005	<0.003
Pentaclorobenzene	0.0007	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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 (µg/l) degli inquinanti prioritari (tab. 1A D.Lgs. 172/15)

Parametri/Stazioni	SQA-CMA (µg/L)	2022					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.7	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzene	50	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Somma PBDE	0.014	0.00008	0.00007	<0.00004	0.00006	0.00006	<0.00004
Cadmio e composti	1.5	<0.06	0.1	0.06	<0.06	<0.06	<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	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Clorfenvifos	0.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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)		0.5	0.6	0.4	0.3	0.4	0.3
Diuron	1.8	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Endosulfan (somma)	0.004	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluorantene	0.12	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Piombo e composti	14	0.7	2.0	0.7	0.5	1.0	0.6
Mercurio e composti	0.07	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	130	0.006	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nichel	34	2	5	<2	2	2	3
4-nonil-fenolo	2	0.05	0.04	0.05	0.04	0.07	0.06
Octil-fenolo*		0.008	0.006	0.01	0.008	0.018	0.009
Pentaclorobenzene*		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
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	0.003	<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.)	2022	
			CD1	CD2
	Data di campionamento		20/10/2022	26/09/2022
	Specie selezionata		<i>Mullus barbatus</i>	<i>Mullus barbatus</i>
	Contenuto acqua %		68.1	64.2
	Sostanza grassa tot. %		9.9	8.2
	Difenileteri bromurati ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	0.0050	0.1278	0.1350
	DDT totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	50 (pesci <5% di grassi) 100 (pesci >5% di grassi)	<1.5	2.9
	Esaclorobenzene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	3.7	<1.5	<1.5
	Esaclorobutadiene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	55	<16	<16
	Mercurio e composti ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	9.1	45	34
	Dicofol ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	33	<1.5	<1.5
	Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	4.42	4.12	2.08
	Diossine e composti diossina- simili ($\mu\text{gTEQ}/\text{kg}$ p.u.)*	0.0065 TEQ	0.0023	0.0018
	Data di campionamento		24/03/2022	03/05/2021- 18/05/2021
	Specie selezionata		<i>Mytilus</i> spp. <i>Ruditapes</i> spp.	<i>Mytilus</i> spp.
	Fluorantene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	30	1.13 (MAR) 1.01 (COST1)	0.35 (M4) 0.58 (P3)
	Benzo(a)pirene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	5	<0.01 (MAR) 0.12 (COST1)	<0.01 (M4) <0.01 (P3)

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

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

ALLEGATO V - Inquinanti ricercati nel sedimento

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

Parametri/ Corpi idrici	SQA-MA	2022	
		CD1 Goro-Ravenna Staz. 302-304-306	CD2 Ravenna-Cattolica Staz. 308-309-314-317-319
Metalli (mg/kg s.s.)			
Cadmio	0.3	<0.10	<0.10
Mercurio	0.3	<0.10	<0.10
Piombo	30	12.1	8.4
Organometalli (µg/kg s.s.)			
Tributilstagno	5	3.1	2.3
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)			
Antracene	24	2.5	<2.0
Naftalene	35	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)			
Aldrin	0.2	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	0.2	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	0.2	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	0.2	<0.10	<0.10
Somma DDT	1	0.18	0.37
Somma DDD	0.8	0.26	0.56
Somma DDE	1.8	0.49	0.29
Dieldrin	0.2	<0.10	<0.10

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

Parametri/ Stazioni	2022							
	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	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Mercurio	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Piombo	16.2	10.1	10.2	9.7	12.4	5.2	6.9	8.0
Organometalli (µg/kg s.s.)								
Tributilstagno	4.3	2.5	2.4	3.2	2.4	1.9	3.7	3.9
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)								
Antracene	4.3	<2.0	2.3	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.9
Naftalene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)								
Aldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Somma DDT	0.45	<0.10	<0.10	0.83	0.84	<0.10	<0.10	<0.10
Somma DDD	0.52	0.14	0.14	1.66	0.45	0.11	0.15	0.46
Somma DDE	0.99	0.24	0.24	0.56	0.38	0.11	0.14	0.27
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