



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2021





Regione Emilia-Romagna

Assessorato all'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 2021

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 macrozoobentos	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	46
4.3.1	Parametri idrologici	48
4.3.1.a	Temperatura	48
4.3.1.b	Salinità.....	55
4.3.1.c	Ossigeno disciolto.....	62
4.3.1.d	Clorofilla "a"	65
4.3.2	Elementi nutritivi	68
4.3.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃).....	68

4.3.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	72
4.3.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	75
4.3.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN)	79
4.3.2.e	Azoto totale (N tot).....	82
4.3.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄)	86
4.3.2.g	Fosforo totale (P tot).....	91
4.3.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	95
4.3.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile)	98
4.4	Definizione dello Stato Trofico	100
4.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	100
4.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	104
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	107
5.1	Rete di monitoraggio	108
5.2	Analisi dei risultati.....	112
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB).....	112
5.2.1.a	Fitoplancton	112
5.2.1.b	Macrozoobenthos	130
5.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB	146
5.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica	146
5.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti	148
	Granulometria.....	148
	Carbonio Organico Totale	149
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità	150
5.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	152
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua	153
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel biota	153
5.2.4.c	Sostanze ricercate nel sedimento	154
5.2.5	Test ecotossicologici.....	157
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	159
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	161
7.1	MEDUSE	161
7.2	AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI	162
7.3	FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS.....	163
7.4	FIORITURE DI FIBROCAPSA JAPONICA.....	164

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), la 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, 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.

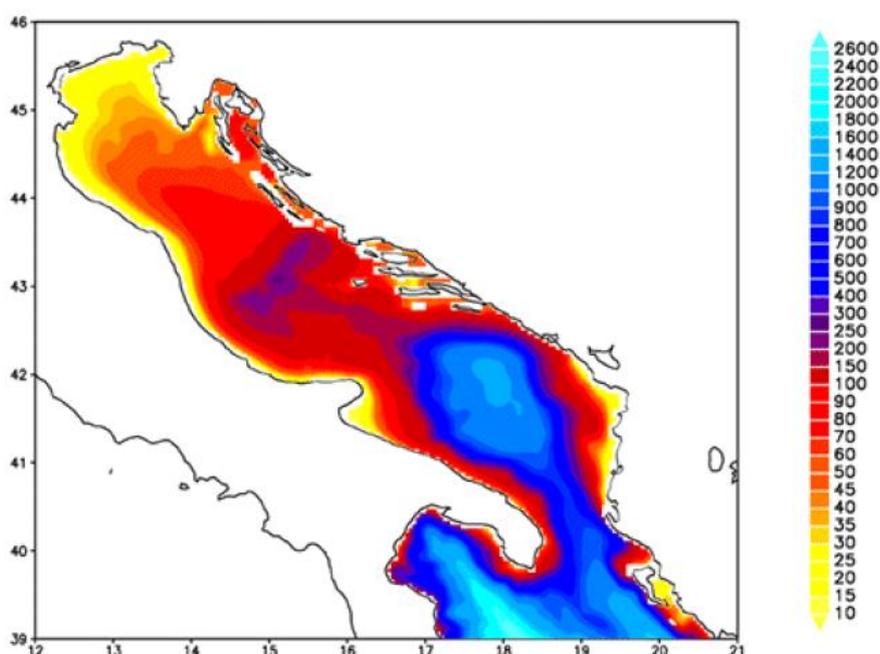


Figura 1 – Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

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).

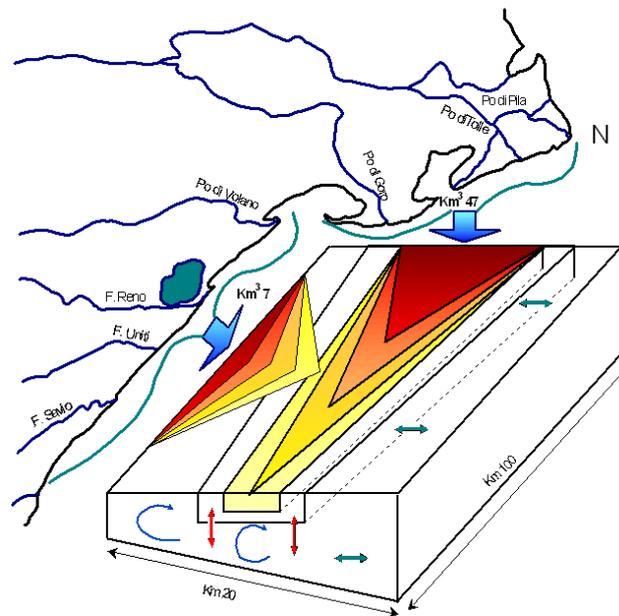


Figura 2 – Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

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.

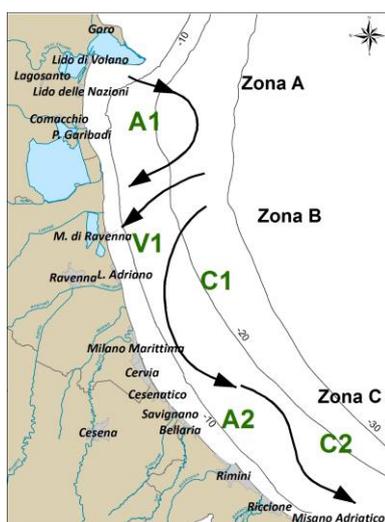


Figura 3 – Schema della circolazione climatologica dell’Emilia Romagna alla superficie

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).

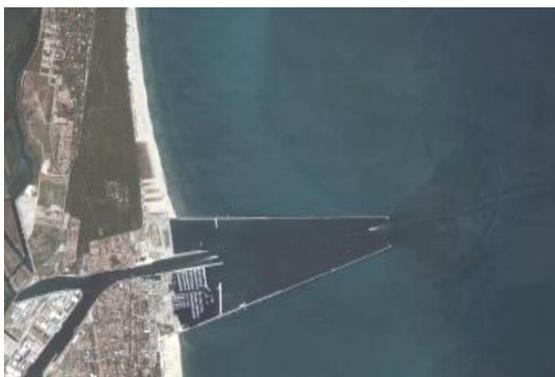


Figura 4 – Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

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 $3.39 \cdot 10^{-1}$ e $4.21 \cdot 10^{-1}$, 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 di superficie di campionamento e capacità 22 litri);
- per ogni bennata vengono prelevati i primi 5 cm circa di strato superficiale;
- gli strati superficiali vengono poi omogeneizzati in un unico contenitore e il campione così ottenuto è suddiviso in aliquote;
- ciascuna aliquota è raccolta in contenitore apposito ed identificata con codice della stazione di campionamento e tipologia di indagine al quale è destinato il campione.

3.1.3 Prelievo biota

3.1.3.a Prelievo per indagini chimiche

Per le analisi da effettuare sul biota (pesce) ai sensi del D.Lgs 172/15 sono state individuate in modo convenzionale due stazioni, una per ogni corpo idrico marino costiero (Tabella 4 e Figura 107). A riguardo si precisa che questa matrice, essendo di fatto non stanziale, viene prelevata da operatori del settore della pesca che operano in un'area più ampia rispetto a quella puntuale indicata dalle stazioni individuate. I campioni così prelevati, costituiti ognuno da almeno 10 individui per un peso totale non inferiore a 300g, sono consegnati freschi e nel più breve tempo possibile presso il laboratorio Arpae che esegue le analisi. Per il monitoraggio degli idrocarburi policiclici aromatici nel biota (molluschi), sono state infine selezionate ulteriori 4 stazioni già appartenenti all'esistente rete vita molluschi istituita ai sensi dell'art. 87 del D.Lgs 152/06 (Tabella 4 e Figura 133).

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

La determinazione dei parametri idrologici viene effettuata mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico "Daphne II". Viene inoltre eseguito il monitoraggio dell'evoluzione degli aggregati mucillaginosi 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 mucillaginosi	Telecamera filoguidata (Fulgor Mare e Telesub Lanterna)

Caratteristiche della sonda multiparametrica:

Tipi di sensore	Range	Accuratezza	Sensibilità	K time
Pressione	0 – 200 dbar	0.2 % f.s.	0.03 %	50 ms
Temperatura	-3 - +50 °C	0.003 °C	0.0005 °C	50 ms
Conducibilità	0 – 64 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm	50 ms
Ossigeno disciolto	0 – 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm	3 s
	0 – 500% sat.	1% sat.	0.1% sat.	3 s
pH	0 – 14 pH	0.01 pH	0.001 pH	3 s
Torbidimetro	0 – 30 ftu	1% f. s.	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)	
Aclor	
Aldrin	
Dieldrin	
Endrin	
Isodrin	
Esaclorobenzene	
Atrazina	
Trifluralin	
Clorfenvinfos	
Clorpirifos (Clorpirifos etile)	
Simazina	
Pentaclorobenzene	
Endosulfan (somma)	
Diuron	- APAT IRSA CNR 5060
Isoproturon	
Chinossifen	
Aclonifen	
Cibutrina	
Terbutrina	
Dimetoato	
Terbutilazina e desetil-terbutilazina	
Azoxistrobin	
Boscalid	
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
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	- UNI EN 16174:2012 B+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	- EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018
Acenaftilene	
Acenaftene	
Fluorene	
Fenantrene	
Antracene	
Fluorantene	
Pirene	
Benzo(a)antracene	
Crisene	
Benzo(b)+(j)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(a)pirene	
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	
Dibenzo(ac)+(ah)antracene	
Benzo(ghi)perilene	
Cloroalcani	
Cloroalcani C10-C13 (Cl 51.5%)	- Metodo interno
Ftalati	
Di (2-etilesil) ftalato (DEHP)	- EPA 3545A + EPA 3620C + EPA 8270E 2018
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	
T3CB- 31+28	- EPA 3545A 2007 + EPA 3665A 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018 (GC/MS/MS)
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	

Sostanza	Metodo analitico
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 macrozoobentos

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)
Politiclici 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	

Sostanza	Metodo analitico
PCB	
T4CB-81	- Metodo interno (Estrazione ASE, purificazione con attacco acido+power prep e determinazione in HRMS)
T4CB-77	
P5CB-123	
P5CB-118	
P5CB-114	
P5CB-105	
P5CB-126	
H6CB-128+167	
H6CB-156	
H6CB-157	
H6CB-169	
H7CB-189-	

3.2.4 Indagini meteo-marine

Determinazione	Strumentazione - Località
Precipitazioni atmosferiche	Stazione meteorologica Cesenatico-Pluviografo (SIAP)
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.ppddddd)	LON WGS84 (gg.ppddddd)	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, 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 L. 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

Anche il 2021 è stato caratterizzato da un regime pluviometrico scarso con 404 mm di pioggia totale registrata nella stazione pluviometrica di Cesenatico, inferiore al totale misurato negli ultimi anni. Infatti anche il 2020 aveva continuato a evidenziare una diminuzione con un valore di 599 mm. L'andamento annuale delle precipitazioni ha visto giornate di pioggia intense alternate a lunghi periodi di completa assenza; il periodo più piovoso si è concentrato prevalentemente negli ultimi tre mesi dell'anno, con il mese di novembre che ha fatto registrare il totale più elevato di mm di pioggia caduta pari a 92.3 mm; gli eventi significativi si sono registrati nelle giornate del 7 e del 15, con picchi giornalieri intorno ai 21 mm (Figura 7). Il 7 ottobre si è registrato, sempre nella stazione di Cesenatico, il picco più alto di pioggia caduta pari a 35 mm.

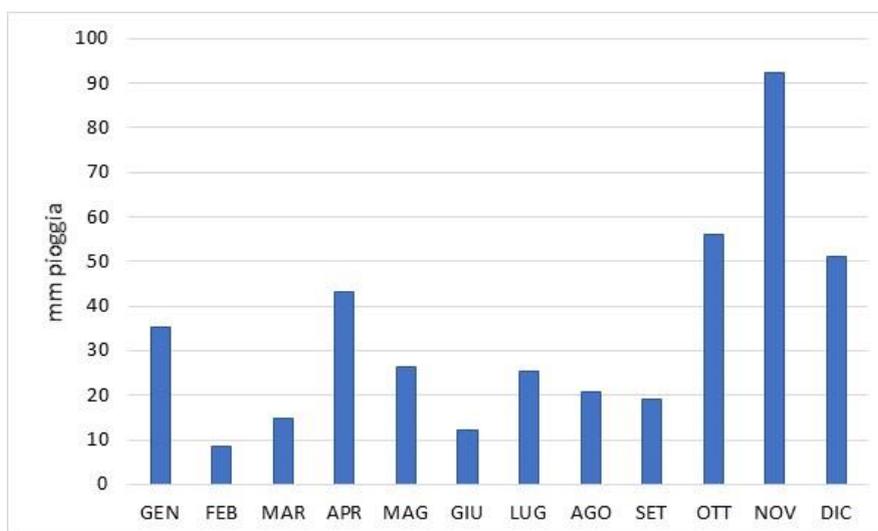


Figura 7 – Andamento mensile delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico localizzata presso la Struttura Oceanografica Daphne

L'andamento delle precipitazioni, correlato alle portate dai bacini costieri e da quello del Po in particolare, da sempre influiscono sulla qualità ambientale dell'ecosistema costiero dell'Emilia Romagna modificando la salinità delle acque marine e influenzando sulle concentrazioni di elementi eutrofizzanti quali fosforo e azoto, veicolati proprio dalle acque fluviali, che influenzano la produttività dell'ecosistema prevalentemente nell'area più settentrionale.

Il 2021 è stato un anno caratterizzato in generale da una buona qualità dell'ambiente marino costiero con valori degli indici trofici che sono rimasti per la maggior parte dei controlli nella norma in tutte le stazioni ad eccezione di alcuni momenti dove, l'immissione più abbondante di acque dolci dai bacini costieri in concomitanza a

condizioni meteo marine stabili, ha contribuito ad aumentare la trofia dell'ecosistema innescando aumenti della biomassa fitoplanctonica. Questa condizione è sempre rimasta limitata nel tempo non causando eventi di criticità particolari per l'ecosistema. L'anno si è contraddistinto anche per le elevate temperature delle acque marine in alcuni momenti superiori alle medie climatologiche in risposta a temperature esterne molto alte sia di giorno che di notte.

All'inizio del 2021 la condizione ambientale dell'ecosistema marino è stata caratterizzata da temperature delle acque in superficie prossime alla costa, comprese in media tra 6.5 e 7.5°C e valori clorofilla "a" superiori a 10 µg/l. Quest'ultima situazione, determinata dalla presenza di abbondante biomassa microalgale sostenuta principalmente da Diatomee (genere *Skeletonema* spp.) tipica del periodo, si è mantenuta ed estesa a fine mese lungo tutta la costa anche nell'area più meridionale e al largo, mantenendo elevata la produttività dell'ecosistema (Figura 8). Durante tutto gennaio si è rilevata anche un'elevata torbidità lungo la colonna dovuta sia all'abbondante sviluppo della comunità fitoplanctonica sia alla presenza di particolato inorganico rimasto in sospensione dopo giornate di intenso mare mosso. La trasparenza si è mantenuta bassa anche per tutto il mese successivo (Figura 9).

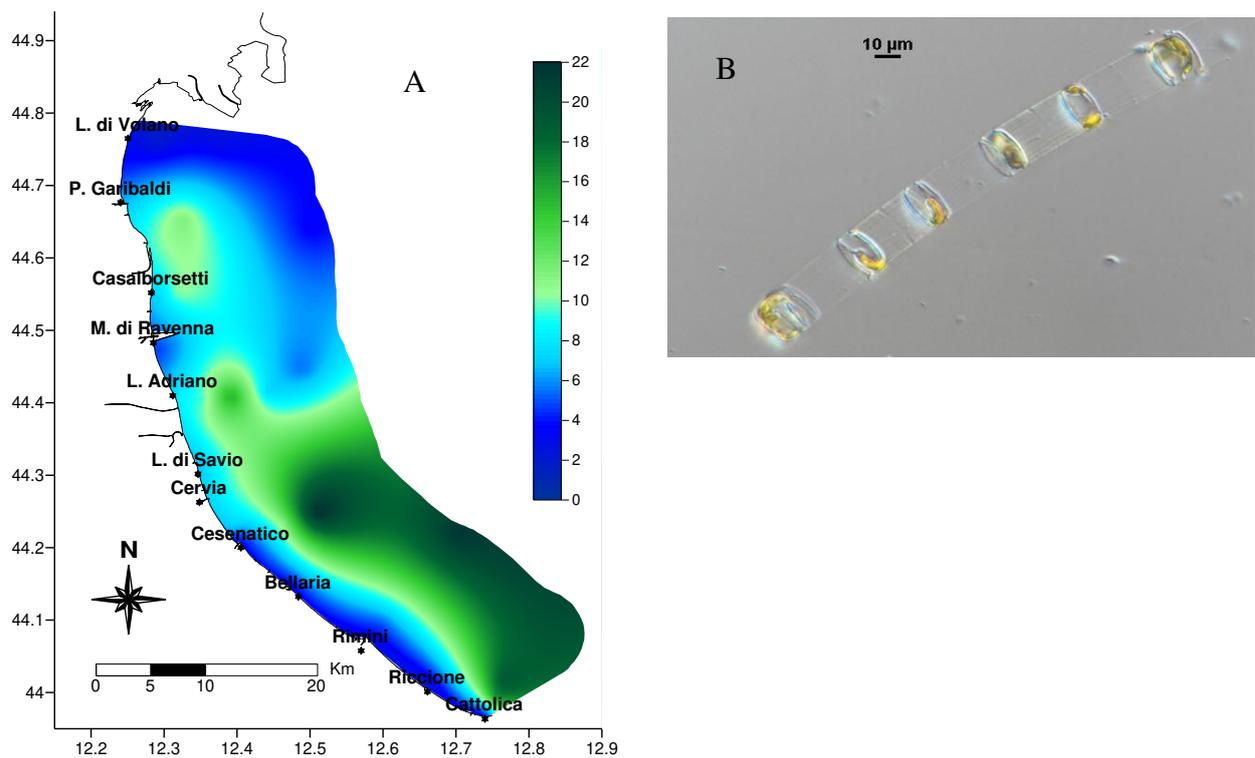


Figura 8 – A) Mappa di distribuzione in superficie della clorofilla "a" (µg/l) rilevata da costa fino a 20 km al largo durante i controlli del 27-28 gennaio; B) foto al microscopio ottico *Skeletonema* spp. (Archivio fotografico Daphne)

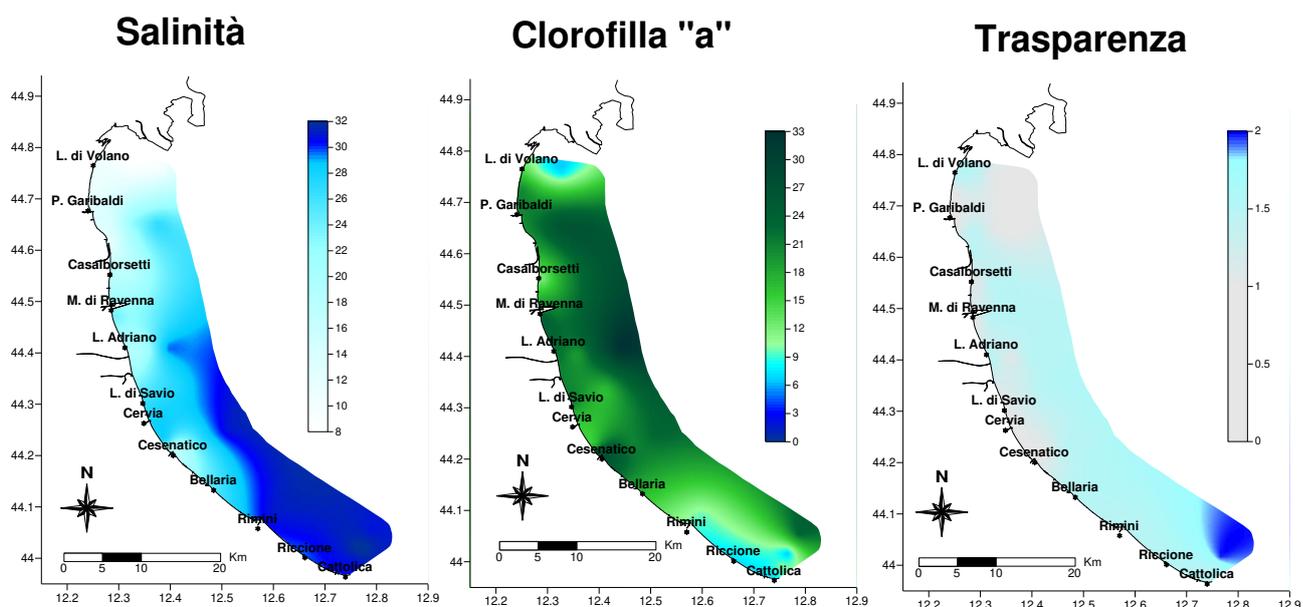


Figura 9 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) e della trasparenza (m) durante i controlli del 22-23 febbraio nelle acque superficiali

La salinità è rimasta inferiore ai 30 psu lungo tutta la costa in correlazione ad immissioni di acque dolci conseguenti ad abbondanti precipitazioni verificatesi i giorni precedenti dai bacini costieri e da quello padano che hanno contribuito a diluire le acque marine nei primi strati della colonna d’acqua (Figura 10).

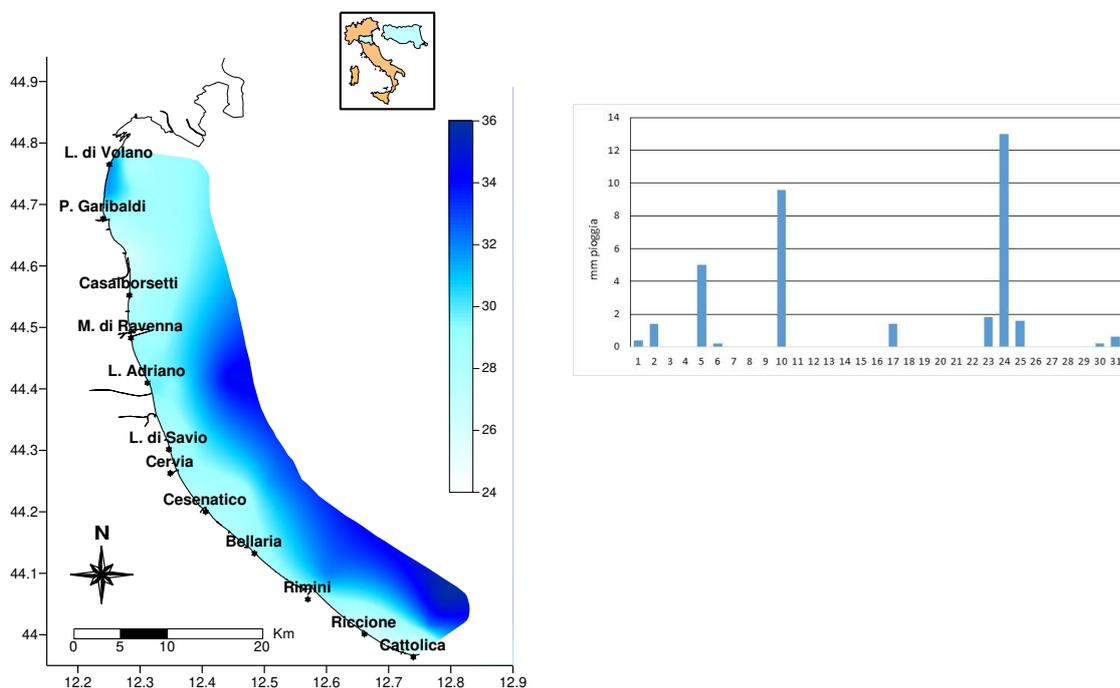


Figura 10 – A) Mappa di distribuzione della salinità in superficie (psu) rilevata da costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 13-14 gennaio; B) Andamento delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico durante il mese di gennaio

Mentre a inizio febbraio si osserva una diminuzione delle concentrazioni di clorofilla "a" lungo tutta la costa, nel monitoraggio del 22-23 si osserva un'inversione di tendenza con incrementi significativi in tutte le stazioni controllate (Figura 9).

L'aumento degli indici trofici è sostenuto da importanti apporti di acque dolci dai bacini costieri e in particolare da quello padano che hanno portato a diluizioni forti delle acque marine di superficie e ad un aumento dei nutrienti.

Fosforo e azoto, veicolati proprio dalle acque dolci immesse in mare, hanno contribuito ad alimentare e sostenere la biomassa fitoplanctonica (in particolare con il gruppo delle Diatomee) incrementando la trofia dell'ecosistema marino. Contemporaneamente, il controllo della temperatura media delle acque marine evidenziava valori in media intorno a 8°C.

L'area centro settentrionale, in particolare nell'area più a nord della costa, a inizio marzo è risultata ancora influenzata dagli apporti di acque dolci che hanno concorso a mantenere diluite le acque nei primi metri della colonna. Questa situazione è andata migliorando a fine mese grazie all'azione di forti venti che, spirando in alcune giornate precedenti ai controlli, hanno aumentato l'idrodinamismo delle masse d'acqua innescando un buon rimescolamento di queste ultime lungo tutta la colonna. Questa condizione ha apportato un cambiamento favorevole della qualità ambientale di tutto l'ecosistema con diminuzione degli indici trofici che, nel tratto più costiero, sono rimasti in media tra 2.9 e 6 µg/l (Figura 11).

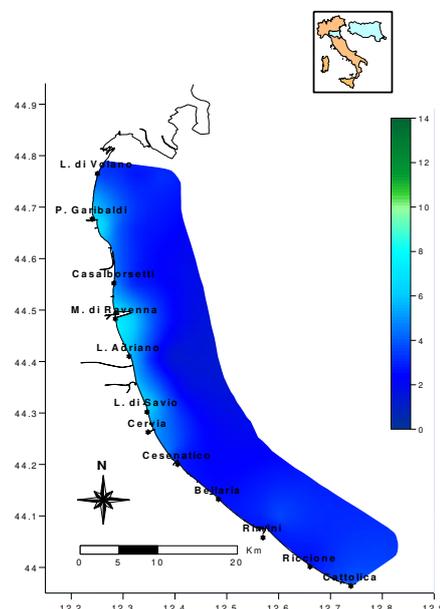


Figura 11 - Mappa di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) nelle acque superficiali durante i controlli del 15-16 marzo

L'inizio del mese di aprile si è caratterizzato da un forte idrodinamismo delle masse d'acqua in conseguenza a forti venti provenienti da NE che hanno mantenuto una buona qualità ambientale dell'ecosistema costiero grazie anche ad una colonna d'acqua omogenea da superficie al fondo. Durante i controlli effettuati successivi del 19-20 aprile si è rilevato un incremento graduale della temperatura delle acque di superficie, raggiungendo le temperature in media valori di 13°C (Figura 12). I controlli hanno registrato forti diminuzioni dei valori di salinità principalmente nell'area più a nord della costa fino a 10 km al largo direttamente influenzata dalle portate del Po (Figura 12). Le temperature delle acque in superficie risultano in aumento di circa 1-2°C rispetto al monitoraggio precedente attestandosi sui 13°C. La salinità nelle acque superficiali ha avuto un andamento variabile in concomitanza al verificarsi di precipitazioni abbondanti (Figura 13) che hanno incrementato l'immissione di acque dolci dai fiumi in ambiente marino, in particolare dal bacino del Po.

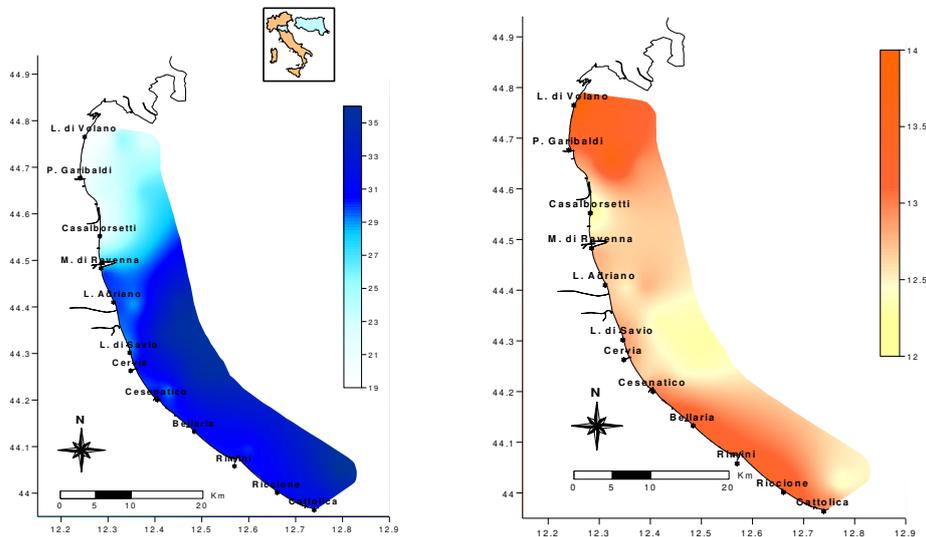


Figura 12 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) della temperatura (°C) del 19-20 aprile nelle acque superficiali

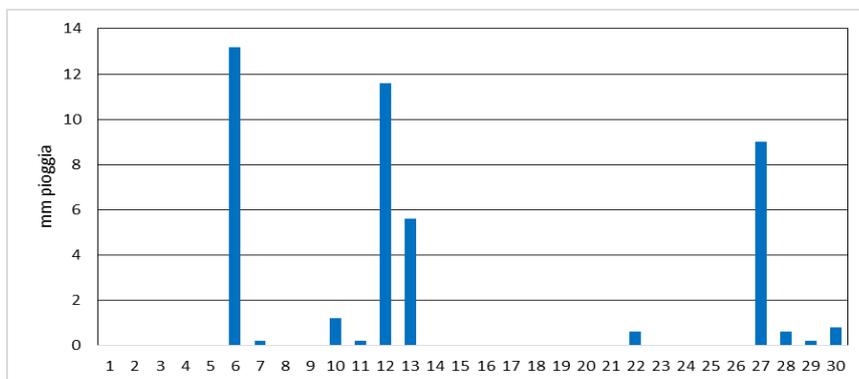


Figura 13 – Andamento delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico durante il mese di aprile

Il mese di giugno ha visto un aumento progressivo delle temperature delle acque marine di superficie strettamente correlate a temperature atmosferiche alte sia di giorno che di notte registrate in tutta la regione e contemporaneamente in tutta Italia. Questa situazione si è osservata in particolare nell'area più settentrionale della costa con l'aumento più importante che ha raggiunto una media di 26.8°C nel monitoraggio, effettuato nelle giornate del 28 e 29 (Figura 14).

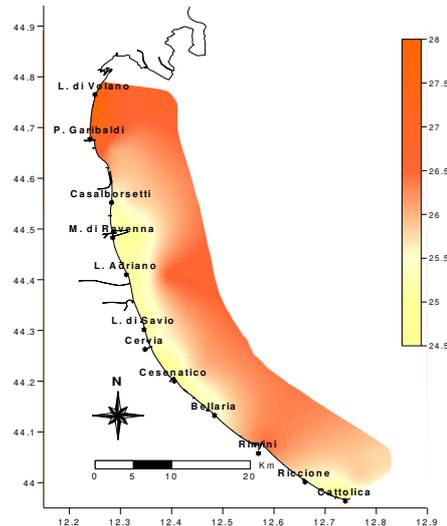


Figura 14 – Mappa distribuzione della temperatura (°C) in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 15-16 giugno

I valori degli indici trofici si sono mantenuti medio bassi in tutta l'area centro meridionale della costa. Situazione differente invece in alcune zone localizzate nella parte più a nord dove si sono misurati, in alcuni momenti, valori di clorofilla "a" superiori ai 10 µg/l attestando una maggior produttività dell'ecosistema marino. In questa area si sono registrati valori bassi di salinità nelle acque superficiali nelle stazioni più in costa a conferma di apporti di acque dolci dai bacini costieri che hanno contribuito ad immettere anche nutrienti in mare (Figura 15). Questi ultimi, azoto e fosforo, hanno alimentato e sostenuto la componente microalgale marina rappresentata più abbondantemente dai generi *Chaetoceros* spp. (Gruppo Diatomee) e *Prorocentrum* sp. (Gruppo Dinoflagellate) (Figura 16).

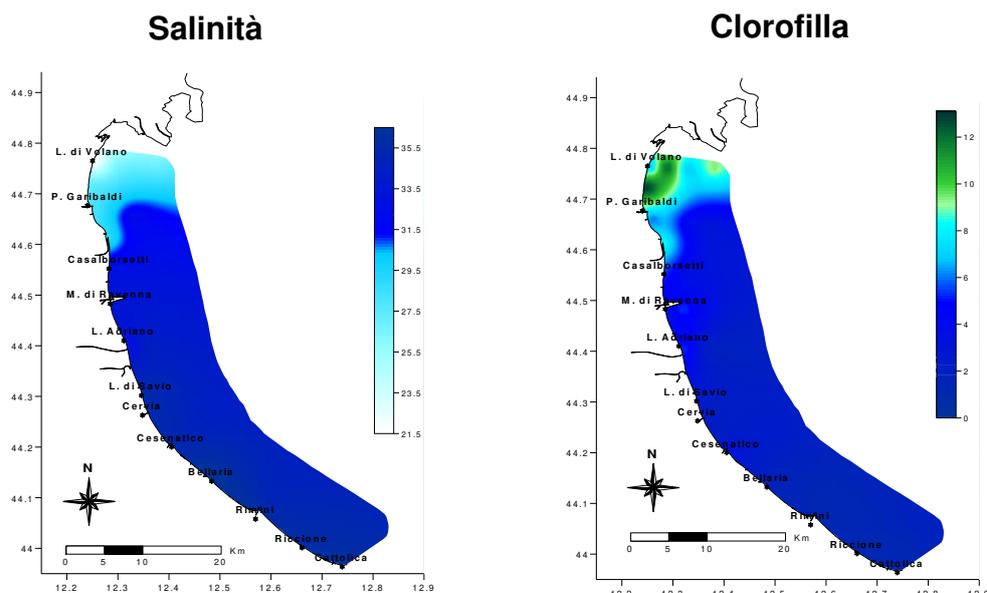


Figura 15 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 15 - 16 giugno

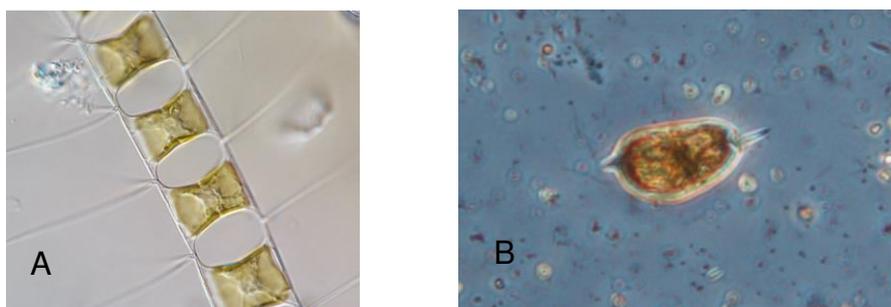


Figura 16 – A) *Chaetoceros* spp. B) *Prorocentrum* spp. Fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Da segnalare un evento strettamente localizzato in un'area a circa 6 km antistante Lido di Volano evidenziato durante i controlli del 15-16 giugno, contraddistinto da una diminuzione delle concentrazioni di ossigeno disciolto a livello del fondale tendente all'ipossia; questa condizione si è risolta velocemente confermando, nei controlli seguenti, valori del parametro nella norma lungo tutta la colonna.

La trasparenza è rimasta elevata sia in costa che al largo attestando una bassa torbidità. A giugno è stata segnalata la presenza di meduse appartenenti alla specie *Rhizostoma pulmo* (Figura 17) in diverse località lungo la costa che è rimasta la più abbondante per la gran parte dell'estate.



Figura 17 – *Rhizostoma pulmo* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Anche per i primi 20 giorni di luglio lungo la costa si è rilevato il perdurare di una buona qualità ambientale dell'ecosistema marino, caratterizzata da bassi valori di clorofilla "a" ed elevata salinità delle acque anche in superficie. Grazie al mantenimento di un'alta pressione durante il periodo, si è rilevato un incremento delle temperature di superficie di circa 1°C rispetto a fine giugno in tutte le stazioni controllate. Nel monitoraggio del 20-21 luglio si è osservato un'inversione di tendenza nell'area più a nord della costa in risposta all'aumento delle portate dal bacino padano. L'aumento delle immissioni di acque dolci del Po ha contribuito a diluire le acque marine nei primi metri lungo la colonna e ad incrementare le concentrazioni di nutrienti (azoto e fosforo). Questi ultimi hanno sostenuto la componente microalgale marina che negli ultimi controlli del mese è risultata più abbondante portando di conseguenza un incremento delle concentrazioni di clorofilla "a" nei primi metri della colonna (Figura 18). L'analisi del fitoplancton ha infatti riscontrato del gruppo delle Diatomee in particolare del genere *Chaetoceros* spp. che contribuiva ad aumentare la torbidità proprio nell'area più a nord fino a 6 km al largo.

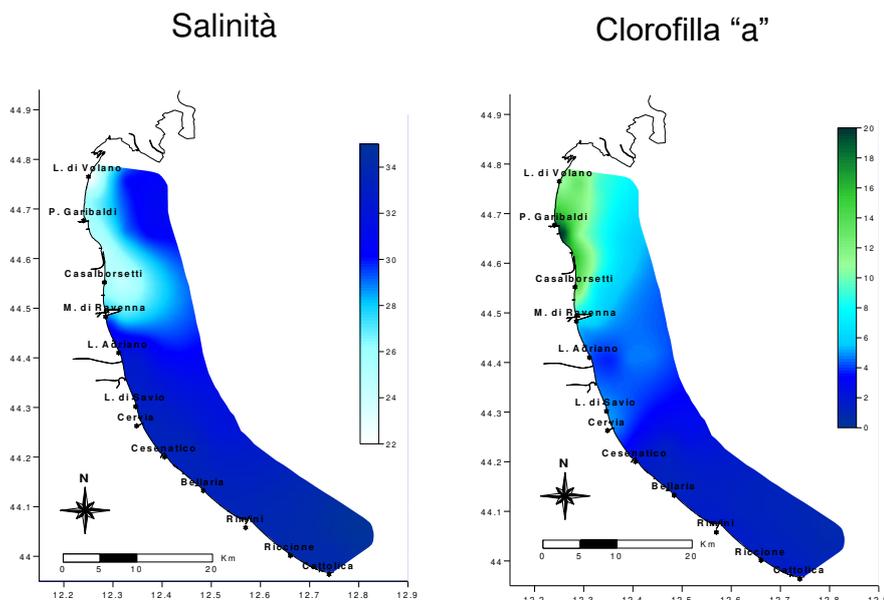


Figura 18 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 28-29 luglio

I controlli effettuati nel mese di agosto hanno evidenziato il perdurare di una differente condizione ambientale nell'area più settentrionale della costa e quella centro meridionale. L'area più a nord rimaneva caratterizzata da una bassa trasparenza delle acque marine e una trofia più elevata per la presenza ancora di abbondanze elevate di fitoplancton marino (Diatomee) che mantenevano la clorofilla "a" intorno ai 10 µg/l (Figura 19).

La salinità rimane medio bassa in conseguenza del continuo apporto di acque dolci che mantengono diluite le acque marine e immettono nutrienti che alimentano e sostengono proprio la componente fitoplanctonica aumentando la produttività dell'ecosistema.

Al contrario lungo l'area più meridionale persiste una qualità ambientale migliore con concentrazioni medio basse di clorofilla "a" ed una salinità delle acque di superficie buona superiore ai 33 psu (Figura 20).

Anche la trasparenza rimane elevata sia in costa che al largo, mentre nell'area settentrionale resta sempre più limitata per una maggior torbidità lungo tutta la colonna d'acqua.

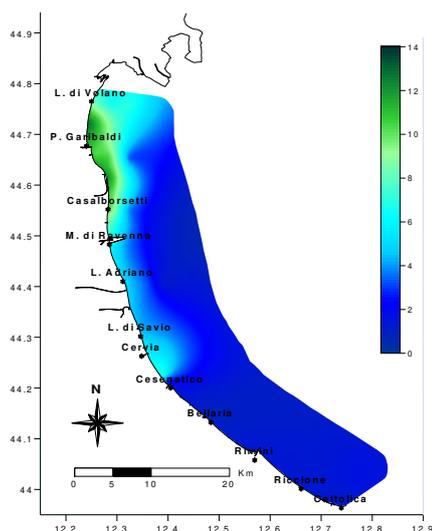


Figura 19 – Mappa di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 26-28 agosto

Nell'ultimo monitoraggio del mese avvenuto nelle giornate del 23 e 26, in conseguenza al cambiamento delle condizioni meteo marine a contorno, si è rilevato una diminuzione delle temperature medie delle acque superficiali in tutte le stazioni controllate che si sono attestate intorno ai 25.5°C. Si è osservata la presenza in concomitanza con le meduse anche di alcuni individui di *Mnemiopsis leidyi* specie gelatinosa appartenente al gruppo degli ctenofori, conosciuti anche con il nome di "noce di mare".

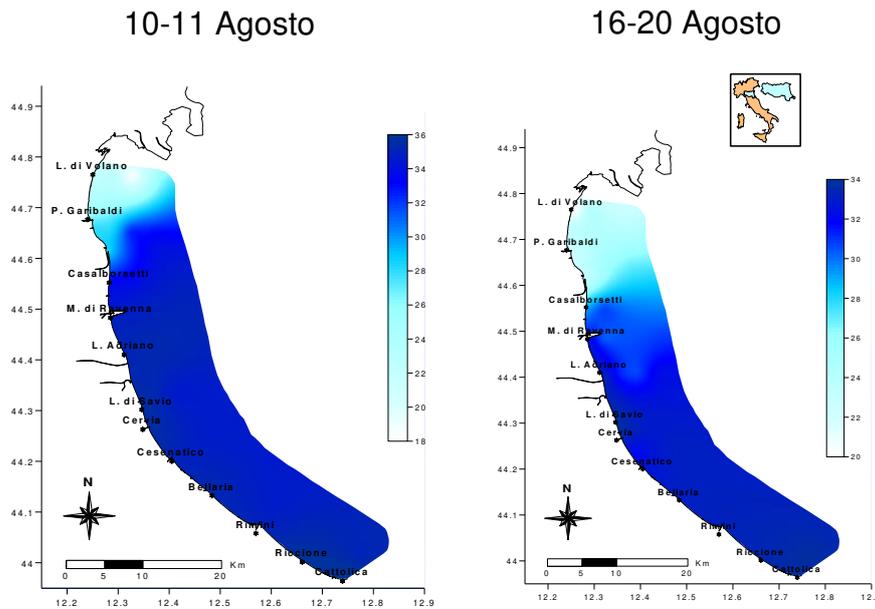


Figura 20 – Mappedi distribuzione della salinità (psu) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 10-11 e 16-20 agosto

Durante il mese di agosto si sono rilevati in alcuni momenti variazioni di concentrazione dell'ossigeno disciolto lungo la colonna a livello del fondale (Figura 21). I valori registrati in alcune stazioni sono rimasti al di sotto dei 3 mg/l anche in alcuni controlli di settembre evidenziando situazioni tendenti all'ipossia che non hanno comunque portato a condizioni di criticità al livello di comunità bentonica che popola il sedimento marino.

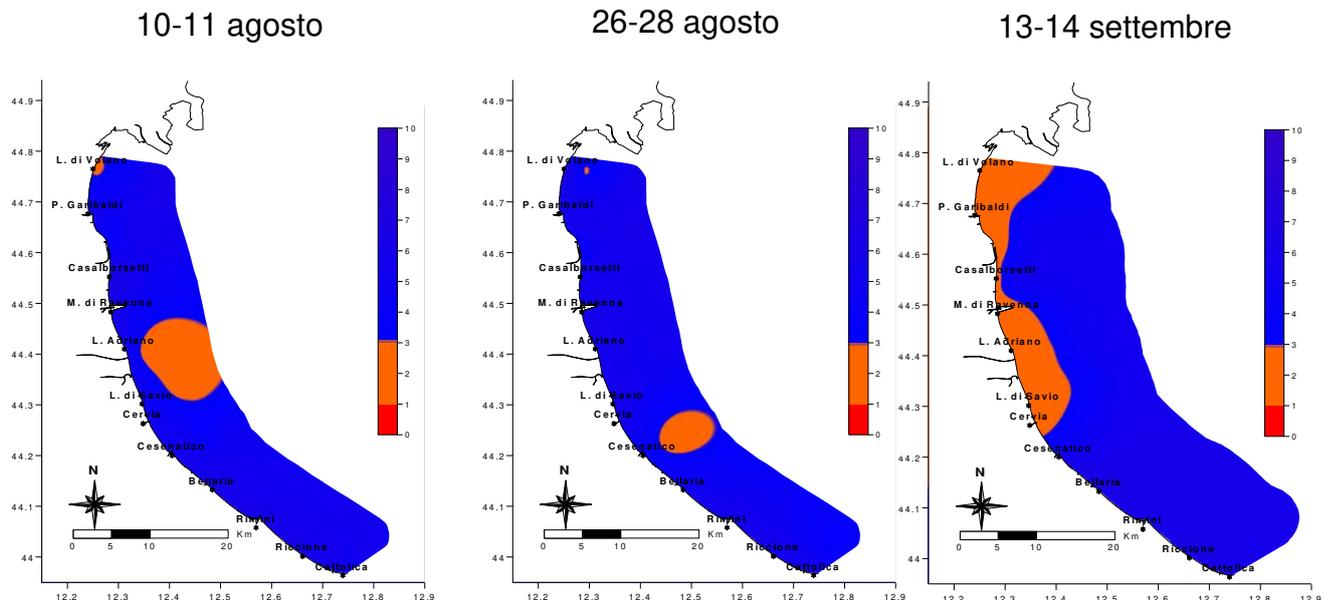


Figura 21 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 10-11 e 26-28 agosto e del 13-14 settembre

L'area localizzata più a nord lungo la costa rimane anche a inizio settembre caratterizzata da bassi valori di salinità in superficie sia in costa che al largo (Figura 22). Il continuo apporto di acque dolci immesse in particolare dal bacino padano oltre a mantenere diluite le acque marine ha contribuito ad incrementare le concentrazioni di nutrienti come azoto e fosforo continuando ad alimentare e sostenere la componente microalgale marina mantenendo alta la produttività dell'ecosistema (Figura 23).

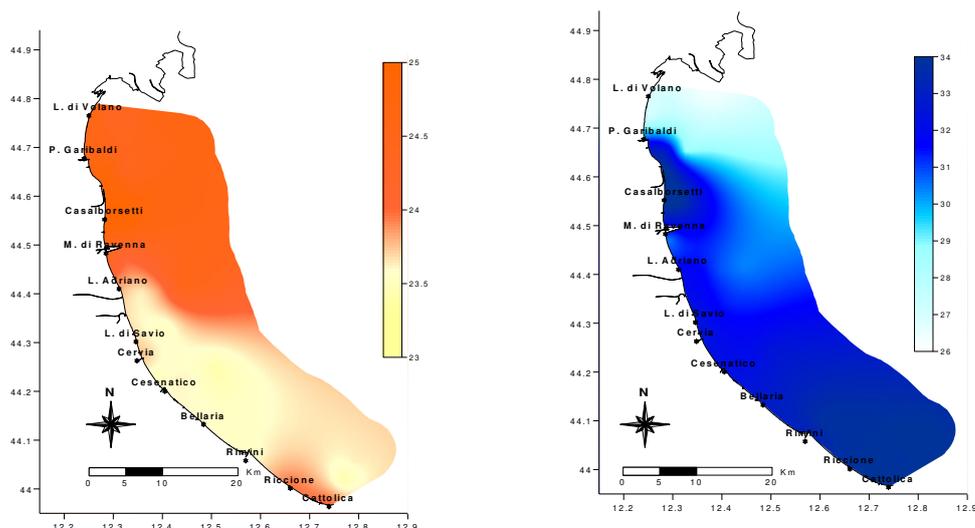


Figura 22 - Mappe distribuzione della temperatura (°C) e della salinità (psu) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 7-8 settembre

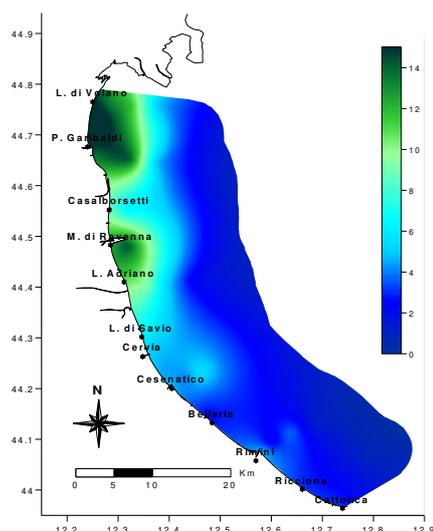


Figura 23 – Mappa di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 7-8 settembre

Questa condizione è andata migliorando nel corso del mese di settembre grazie anche a giornate di mare mosso che hanno aumentato l'idrodinamismo delle masse d'acqua innescando un buon rimescolamento di tutta colonna d'acqua da superficie al fondo.

In questo mese nonostante un progressivo decremento delle temperature delle acque superficiali sia in costa che al largo (Figura 24), si è registrata ancora la presenza in alcuni tratti della costa di diversi ctenofori appartenenti alla specie *Mnemiopsis leidyi* mentre le meduse risultavano in netta diminuzione.

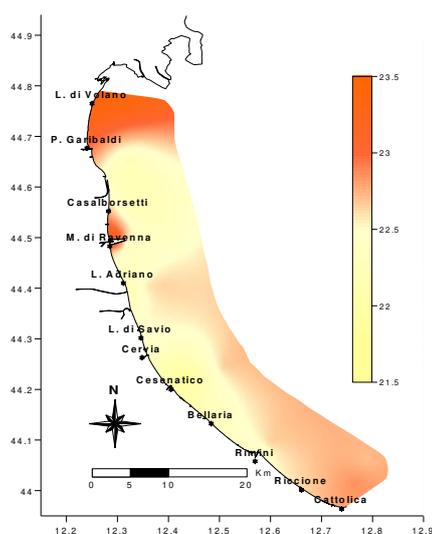


Figura 24 – Mappa di distribuzione della temperatura in superficie (°C) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 27-28 settembre

All'inizio del mese di ottobre, prima per condizioni di forte instabilità meteo marina e poi per attività di manutenzione della Motonave Daphne non si è potuta espletare l'attività istituzionale programmata. Le attività sono riprese l'11-12 novembre. Gli ultimi tre mesi del 2021 sono stati i più piovosi in particolare novembre che ha raggiunto la media mensile più alta con 3 mm di pioggia caduta registrata nella stazione di Cesenatico con due picchi di 21.7 e 21.8 mm di pioggia caduta il 7 e il 15 novembre (Figura 25). Precipitazioni abbondanti in tutta la regione hanno contribuito ad incrementare le portate dei fiumi e ad immettere in mare acque dolci che hanno diluito le acque marine nei primi metri della colonna nelle stazioni prossime alla costa (Figura 26). Anche il mese di novembre si è contraddistinto per diverse giornate di mare molto mosso e venti forti che hanno mantenuto omogenei i parametri idrologici lungo la colonna d'acqua. Si è registrata anche una normale diminuzione progressiva delle temperature di superficie che nel monitoraggio del 18 e 22 novembre registrava valori medi compresi tra 13.3 e 14.7°C nelle stazioni prossime alla costa (Figura 26). Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto sono risultate essere sempre nella norma non evidenziando condizioni di criticità sul fondo. Anche gli indici trofici sono rimasti medio bassi in tutte le stazioni sia al largo che in costa.

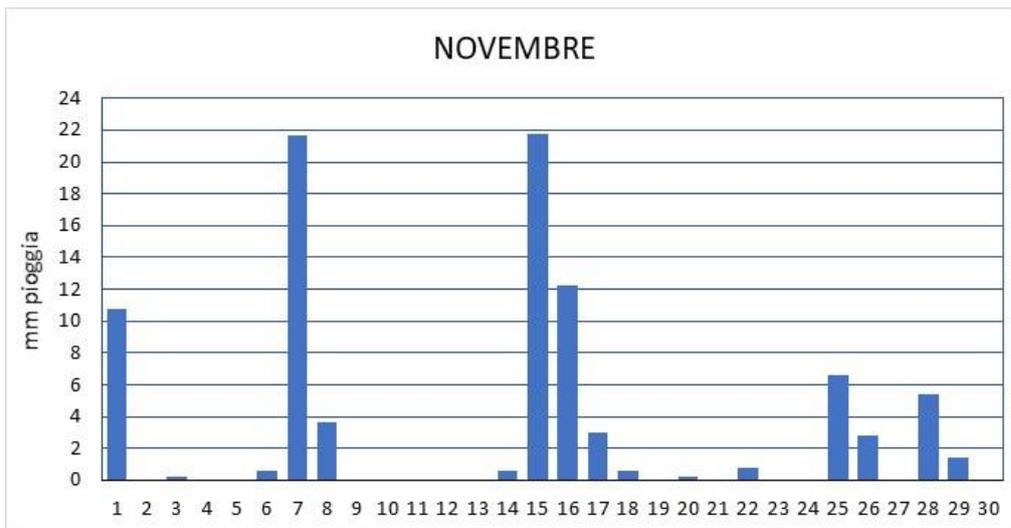


Figura 25 – Andamento delle precipitazioni registrate nella stazione di Cesenatico durante il mese di Novembre

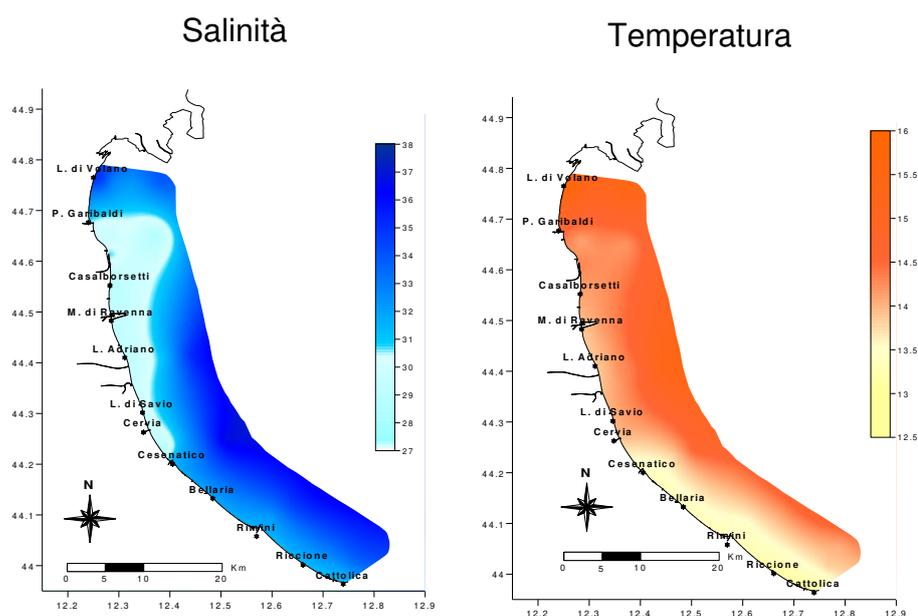


Figura 26 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della temperatura (°C) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 18-22 novembre

La tendenza al decremento delle temperature delle acque marine è continuata anche a dicembre conseguentemente all'abbassarsi delle temperature atmosferiche che hanno portato, nell'ultimo controllo del 13 e 14 dicembre, a registrare una media intorno a valori di 10°C nelle stazioni più vicine alla costa (Figura 27).

La trasparenza è rimasta sempre molto limitata per la presenza di materiale inorganico risospeso dal fondo dopo giornate di mare mosso, andando a incrementare la torbidità lungo tutta la colonna.

A fine anno si è confermata lungo tutta la costa una buona qualità ambientale dell'ecosistema marino con valori di clorofilla "a" bassi e concentrazioni dell'ossigeno disciolto nella norma da superficie al fondo della colonna d'acqua (Figura 28).

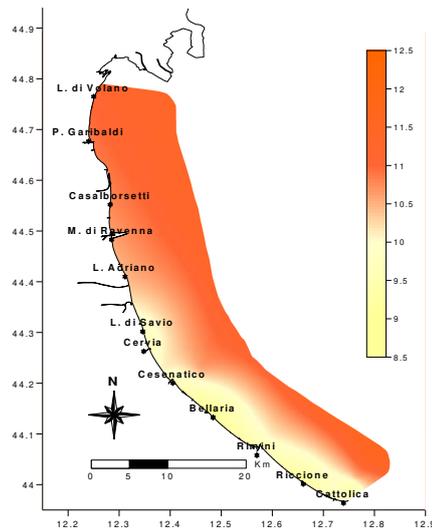


Figura 27 – Mappa di distribuzione della temperatura (°C) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 13-14 dicembre

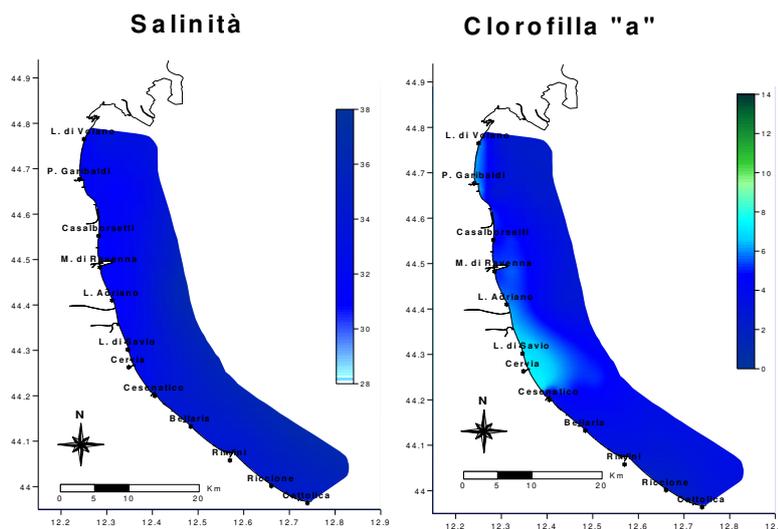


Figura 28 - Mappe di distribuzione della salinità (°C) e della clorofilla ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa a 10 km al largo durante i controlli del 13-14 dicembre

4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

Le informazioni acquisite a conclusione di ogni monitoraggio durante i controlli settimanali/quindicinali oltre ad alimentare la banca dati, vengono utilizzate anche per la realizzazione del Bollettino (Figura 29) pubblicato in Internet e disponibile al seguente indirizzo per la consultazione:

<https://www.arpae.it/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 su tutta la costa dei parametri temperatura, salinità, trasparenza e clorofilla "a" nelle acque di superficie e ossigeno disciolto sul fondo;
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto (in superficie e sul fondo), trasparenza e clorofilla "a";
- profili di ossigeno, salinità e trasparenza in tre stazioni a 6 km rappresentative di ciascuna zona (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica);
- versione bollettino stampabile in pdf (Figura 29).

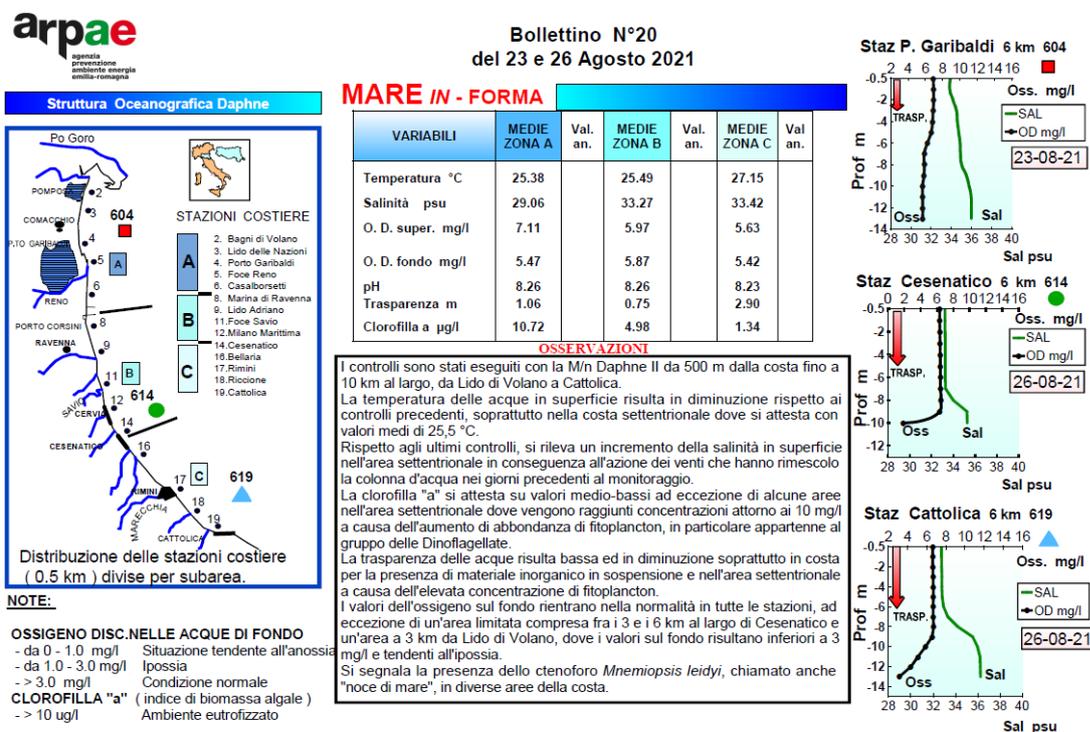


Figura 29 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio versione pdf

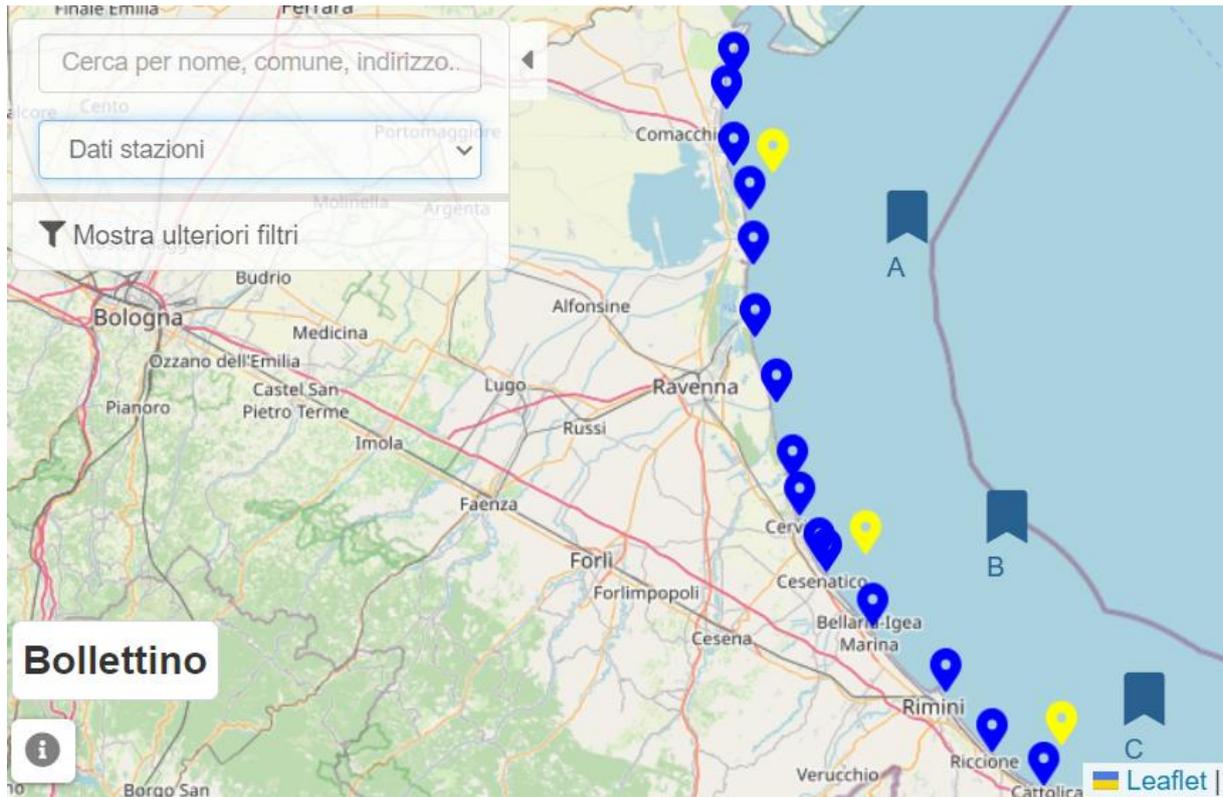


Figura 30- Esempio di rappresentazione dati consultabili sul sito

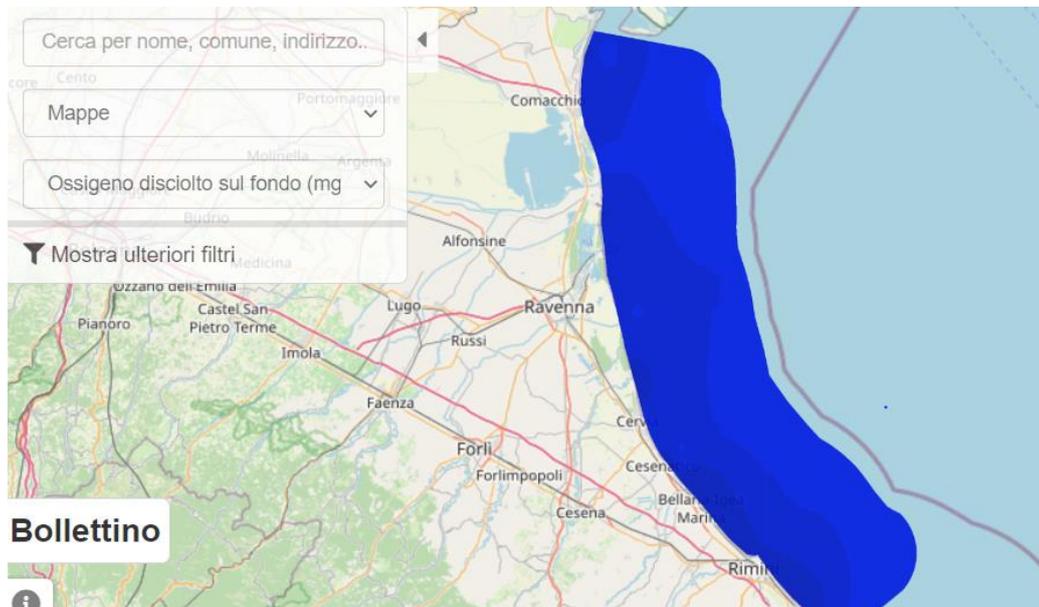


Figura 31 – Esempio di mappe tematiche allegato al bollettino realizzate a conclusione di un monitoraggio

4.3.1 Parametri idrologici

4.3.1.a Temperatura

L'andamento della temperatura anche nel 2021 mostra la tipica tendenza sinusoidale con i minimi in inverno e autunno e i massimi nel corso della stagione estiva (Figura 32).

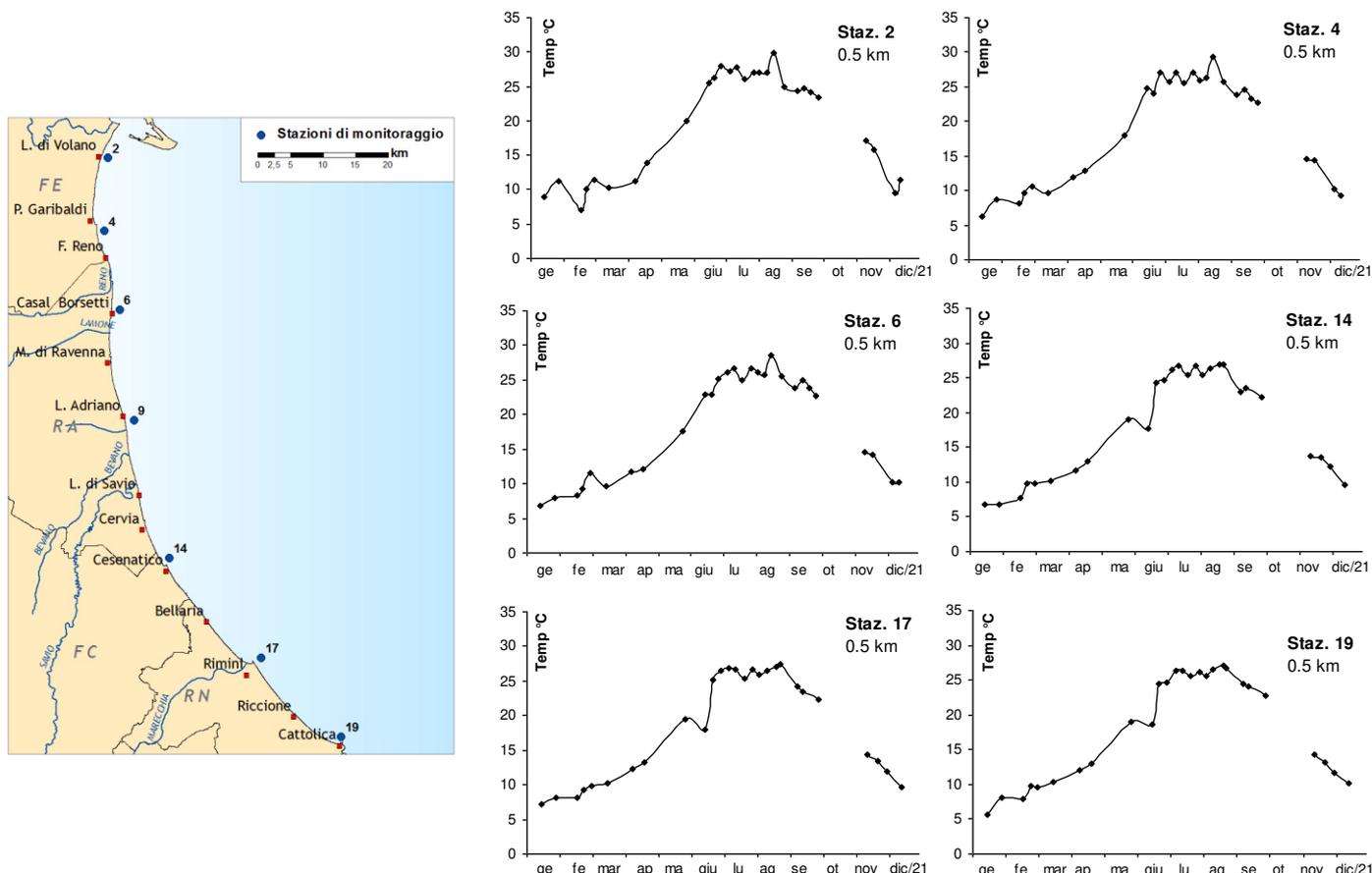


Figura 32- Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Il valore più elevato in superficie rilevato durante i controlli è stato di 29.8 °C nella stazione 2 a 0.5 km antistante Lido di Volano localizzata nell'area più settentrionale della costa il 16 agosto mentre il valore minimo assoluto pari a 5.7 °C nella stazione 19, a 0.5 km davanti a Cattolica a sud dell'area, durante il monitoraggio del 16 febbraio.

I valori della temperatura rilevati seguono la tendenza evidenziata negli ultimi anni caratterizzata da temperature elevate in estate e miti nelle stagioni invernali e soprattutto autunnali. Nella Figura 33 gli istogrammi rappresentano bene questa situazione sia nelle stazioni a 0.5 km dalla costa sia in quelle posizionate a 3 km.

Il confronto con i dati dell'anno precedente sottolinea una diminuzione delle medie più evidente in inverno in particolare nelle stazioni più settentrionali della costa: ad esempio il valore medio nella stazione a 0.5 km davanti a Lido di Volano nel 2021 è

stato pari a 9.83°C inferiore ai 11.29°C calcolati nell'inverno del 2020. Il confronto delle medie calcolate nell'estate 2020 con quelle del 2021 confermato invece valori pressoché simili.

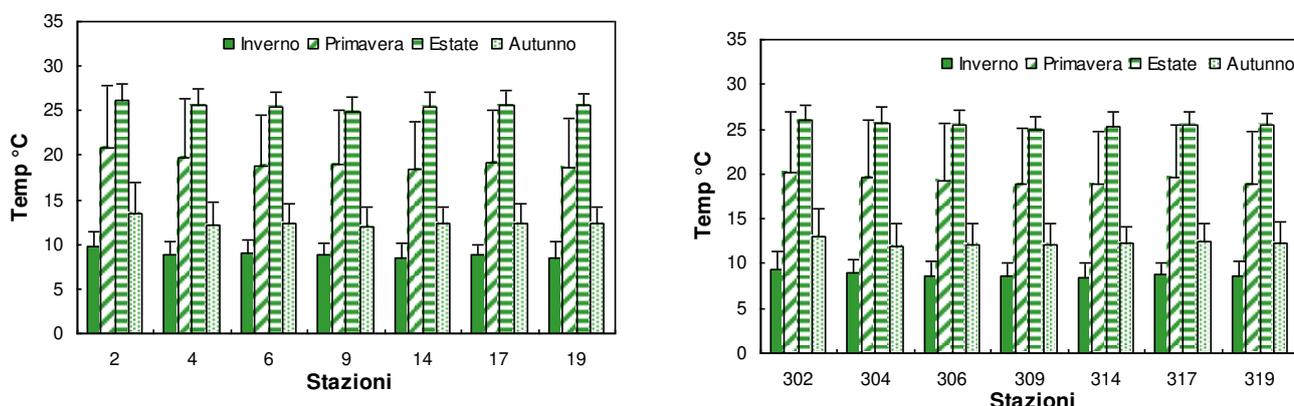


Figura 33 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura calcolate nelle acque superficiali in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Il confronto delle medie annuali conferma la tendenza ad essere molto simili le temperature da costa fino ai 10 km e più basse nelle stazioni posizionate più al largo (Figura 34), a 20 km. In costa le medie si sono mantenute tra i 18.1 e i 19.7°C; il transetto di Lido di Volano è quello con che ha evidenziato i valori medi più elevati in tutte le stazioni, superiori ai 19°C.

Il confronto con i dati dell'anno precedente evidenzia una lieve diminuzione delle temperature medie delle acque superficiali in quasi tutte le stazioni soprattutto in quelle localizzate più lontane dalla costa. Nella stazione 2004 la media annuale si è attestata su 16.7°C rispetto a 17.7°C calcolata nel 2020, più bassa di circa 1°C.

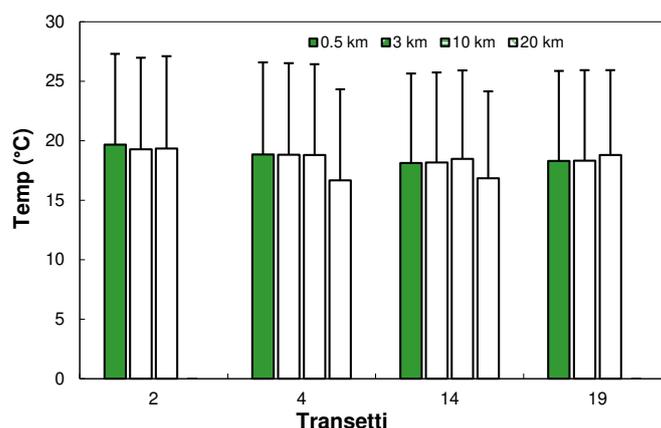


Figura 34 – Valori medi annuali della temperatura lungo i transetti di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Anche le temperature sul fondo seguono lo stesso trend sinusoidale di quelle superficiali evidenziando però temperature leggermente superiori nei mesi più freddi e inferiori in particolare tra giugno ed agosto (Figura 35). Termoclini più marcati si formano nelle stazioni più lontane dalla costa. L'irraggiamento solare, interessando i

primi metri di acqua, riscalda solo una porzione della colonna d'acqua lasciando la restante parte con temperature più fredde come si evidenzia proprio a partire dal mese di giugno. Le stratificazioni termiche si instaurano soprattutto in estate e in inverno anche se meno marcate, mentre generalmente a inizio primavera e inizio autunno le masse d'acque rimangono in uno stato di piena circolazione e instabilità termica con omogeneizzazione dei parametri da superficie e fondo. I controlli di febbraio e marzo evidenziano temperature uguali tra superficie e fondo in conseguenza proprio di eventi di intenso mare mosso che hanno portato ad un completo rimescolamento della colonna d'acqua.

Sul fondo le temperature più alte si sono registrate in particolare durante i controlli di fine agosto e inizio settembre con valori superiori ai 24°C fino a 10 km al largo.

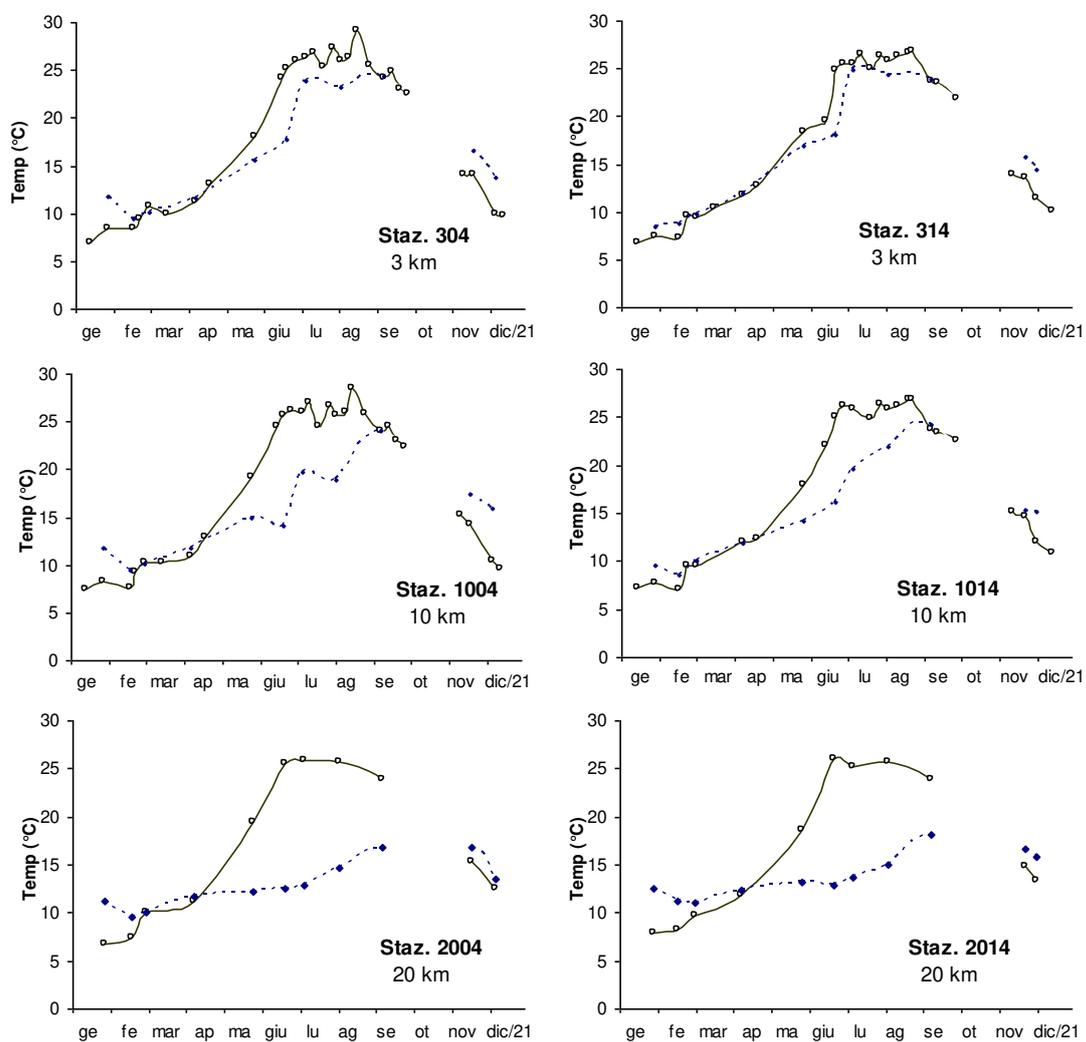


Figura 35 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

Le figure seguenti mostrano il comportamento del parametro lungo la colonna nelle stazioni a 10 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica e in

quelle più esterne localizzate a 20 km (Figura 36). Le isolinee evidenziano meglio le stratificazioni, più marcate, nelle stazioni a 20 km anche se rispetto agli anni precedenti la differenza di temperatura tra superficie e fondo rimane meno netta e soprattutto in estate la colonna d'acqua risulta più calda anche a profondità elevate.

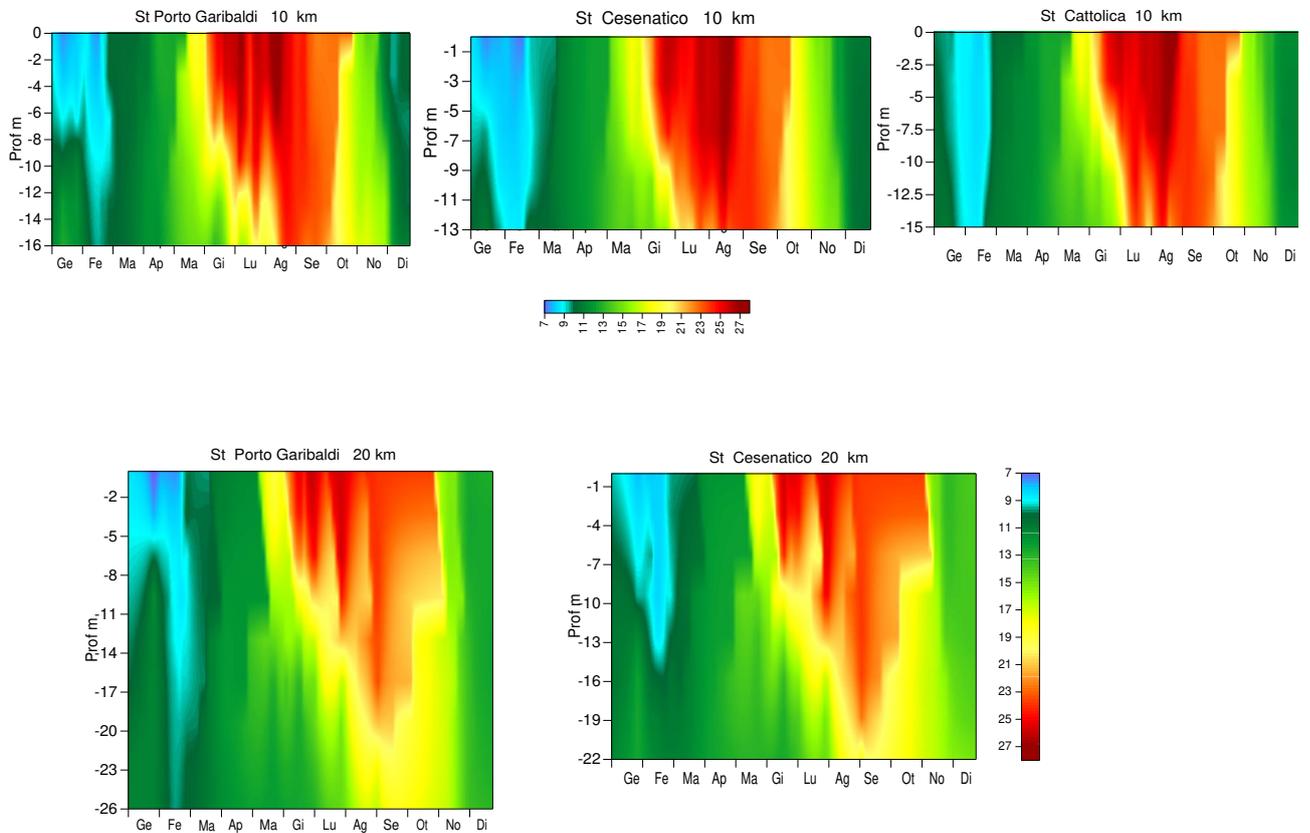


Figura 36 - Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 e 20 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

I profili di Figura 37 eseguiti con la sonda nella stazione 2014 a inizio agosto e inizio settembre evidenziano l'aumento della temperature delle acque lungo la colonna in corrispondenza al perdurare di alte temperature atmosferiche e condizioni meteo marine di stabilità e basso idrodinamismo. Un incremento che si è registrato anche nelle acque sul fondo di circa 3°C.

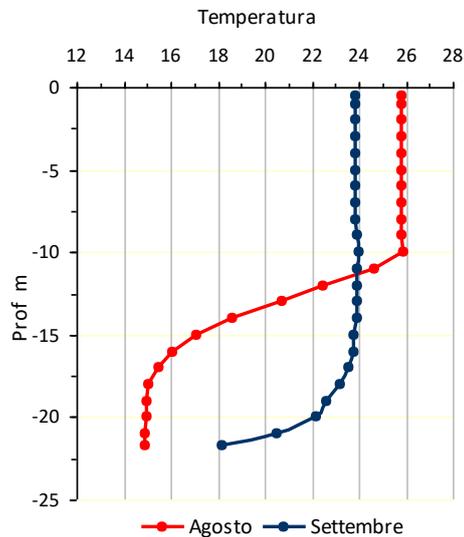


Figura 37 – Profilo della temperatura (°C) eseguito nella stazione 2014

Anche in alcuni controlli durante la stagione più fredda si sono rilevate differenze di temperature tra superficie e fondo ma meno nette e principalmente nelle stazioni più lontane dalla costa; a titolo di esempio si riporta il profilo eseguito durante i controlli del 16 febbraio nelle stazioni a 10 e 20 km lungo il transetto di Cesenatico (Figura 38). Il termoclino più marcato si presentava a 15 metri di profondità nella stazione più al largo con una differenza di temperatura di circa 3°C.

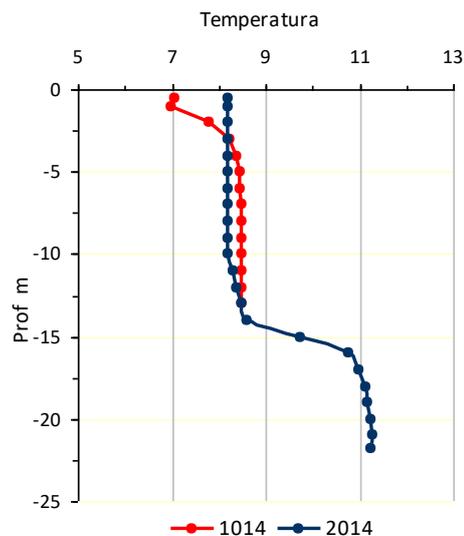


Figura 38 - Profilo della temperatura (°C) eseguito nelle stazioni 1014 e 2014 durante i controlli del 16 febbraio

Osservando il grafico degli andamenti durante il 2021 (Figura 32), si osserva un generale aumento delle temperature di superficie da marzo a luglio. Fanno eccezione la stazione 14 e 17 che a giugno registrano temperature più basse. Durante i controlli eseguiti durante le giornate del 15-16 giugno si sono rilevate temperature diverse a seconda dell'area e della distanza da costa in conseguenza agli eventi di mare mosso delle settimane precedenti che hanno caratterizzato la colonna d'acqua e che in molti momenti dell'anno condizionano la qualità ambientale dell'ambiente marino. Le mappe di distribuzione della temperatura rilevate in

superficie lungo la costa durante i controlli del 15-16 giugno 2021 evidenziano questa situazione (Figura 39).

Anche i profili nelle stazioni 2, 16 e 17, a 0.5 km dalla costa, mostrano una diversa struttura della colonna d'acqua a Lido di Volano e Bellaria rispetto a Rimini.

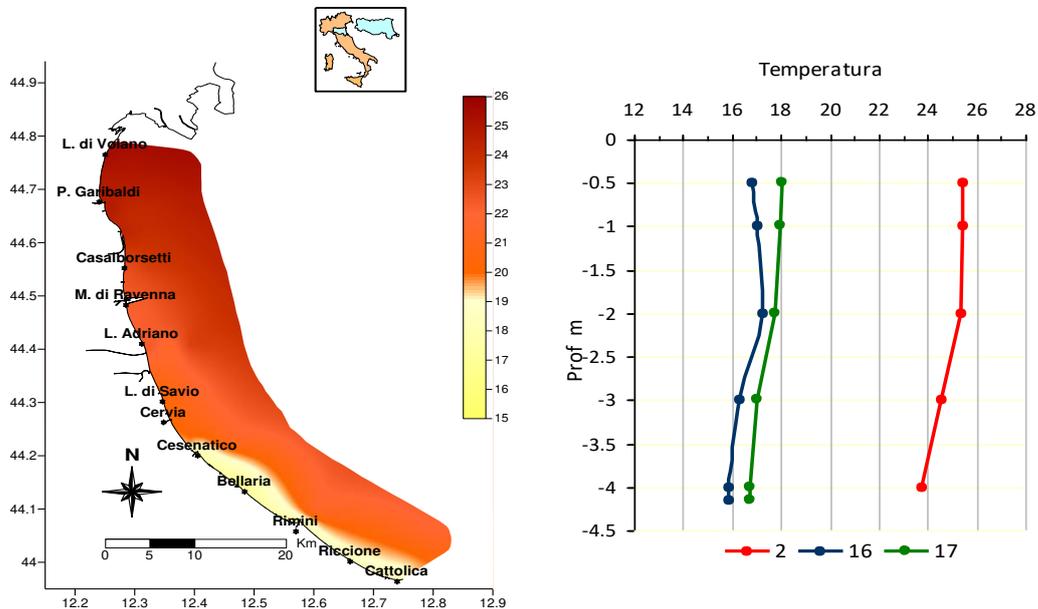


Figura 39 – A) Mappe di distribuzione della temperatura (°C) in superficie fino a 10 km al largo; B) Profili di temperatura nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano (2), Bellaria (16) e Rimini (17)

Durante i controlli eseguiti nelle giornate del 16 e 20 agosto si sono registrate le temperature più elevate del 2021. Il range di temperature da costa al largo si attestava tra valori di 26.2 °C a 10 km al largo (st. 1014) e i 29.8 °C in costa (st.2). Dalla mappa di Figura 40 si evidenzia una differenza di valori tra l'area compresa tra Marina di Ravenna e Lido di Volano con valori di $T > 28^{\circ}\text{C}$ e l'area più a sud con valori più bassi.

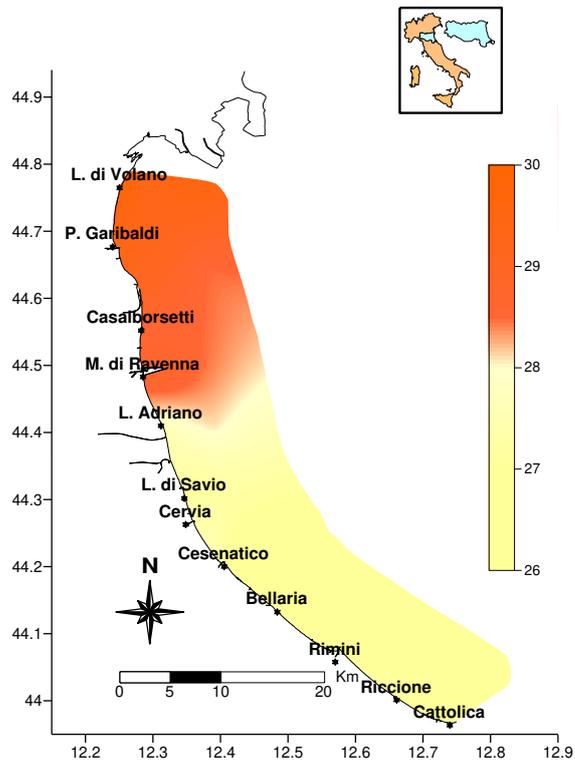


Figura 40 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) in superficie fino a 10 km al largo durante i controlli del 16-20 agosto

Lungo il transetto di Lido di Volano durante i controlli del 16 agosto, come accennato all'inizio del capitolo, si sono registrate le temperature più elevate, con il picco nella stazione più vicino alla costa. Le isolinee di Figura 41 mostrano l'andamento del parametro da costa fino ai 10 km lungo la colonna d'acqua.

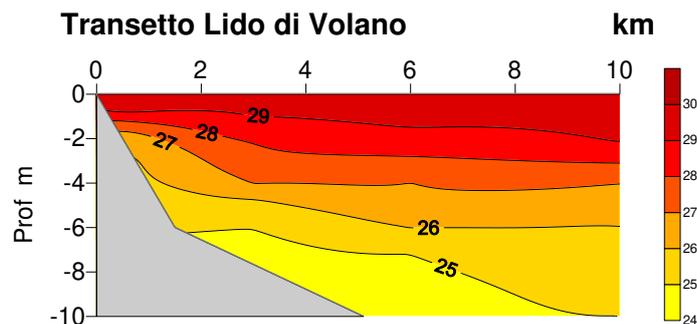


Figura 41 – Isolinee di temperatura °C lungo il transetto di Lido di Volano rilevate il 16 agosto

4.3.1.b Salinit 

Da sempre lungo la costa dell'Emilia Romagna i valori di salinit  nelle acque marine in superficie mostrano fluttuazioni e variazioni temporali strettamente correlate agli apporti di acque dolci immesse dai bacini costieri e in particolare da quello padano e a condizioni meteo marine di mare mosso che insieme condizionano e caratterizzano la qualit  ambientale dell'ecosistema marino. L'area pi  settentrionale della costa risulta la pi  sensibile a questa condizione perch  direttamente influenzata dagli apporti di acque dolci del Po soprattutto nei periodi dove gli apporti risultano pi  importanti.

L'andamento delle portate del Po rilevate nella stazione di Pontelagoscuro registra, nel 2021, una media annuale pari a 1154.4 mc/sec inferiore a quella dell'anno precedente (1385 mc/sec) con un andamento che ha visto picchi massimi a gennaio e picchi pi  modesti a febbraio, maggio e ottobre (Figura 42).

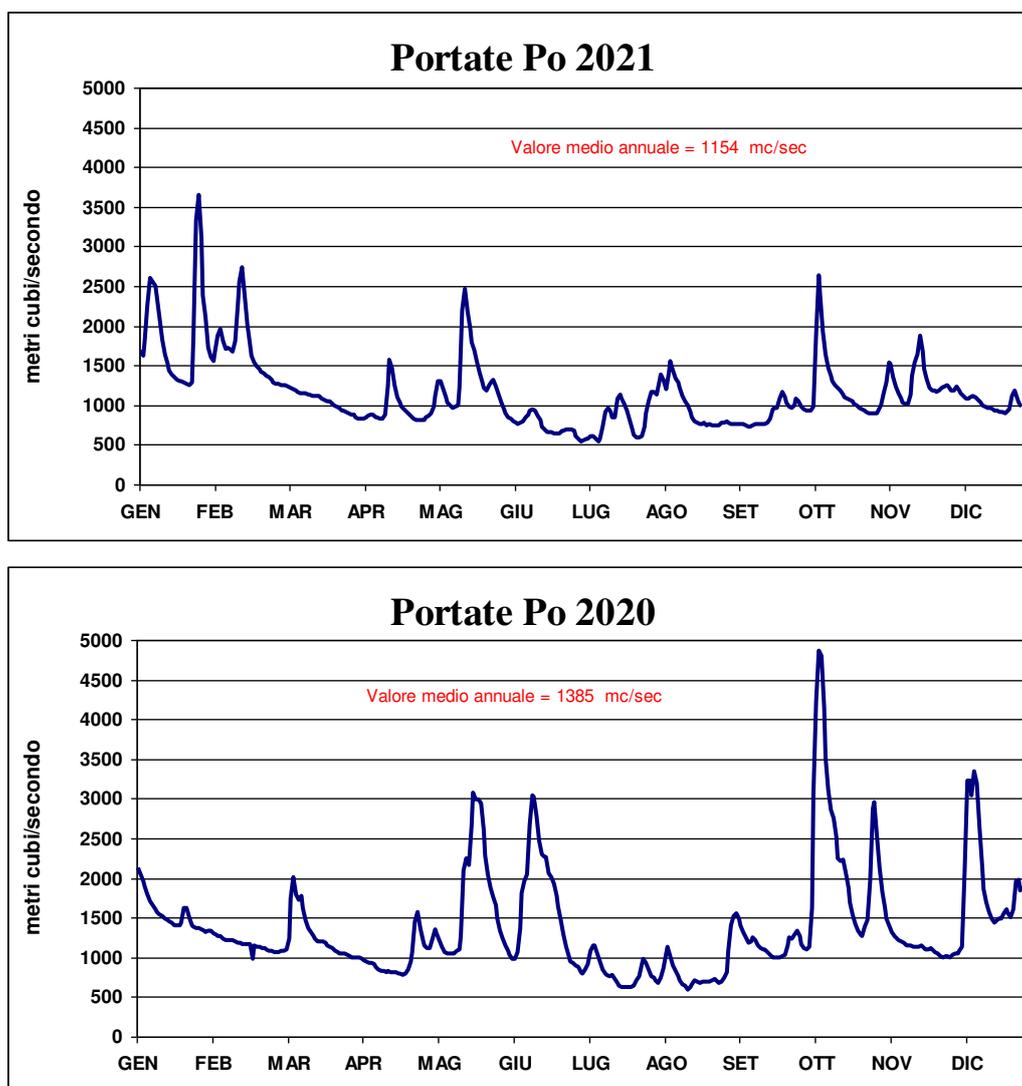


Figura 42 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2021 e 2020 (Fonte: ARPAE SIMC – i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

Il confronto delle medie mensili del 2021 con quelle calcolate nel periodo storico 1917-2021 evidenzia una diminuzione delle portate da marzo a luglio e da settembre a dicembre e uno scostamento in positivo invece nei primi mesi dell'anno, a gennaio e febbraio (Figura 43).

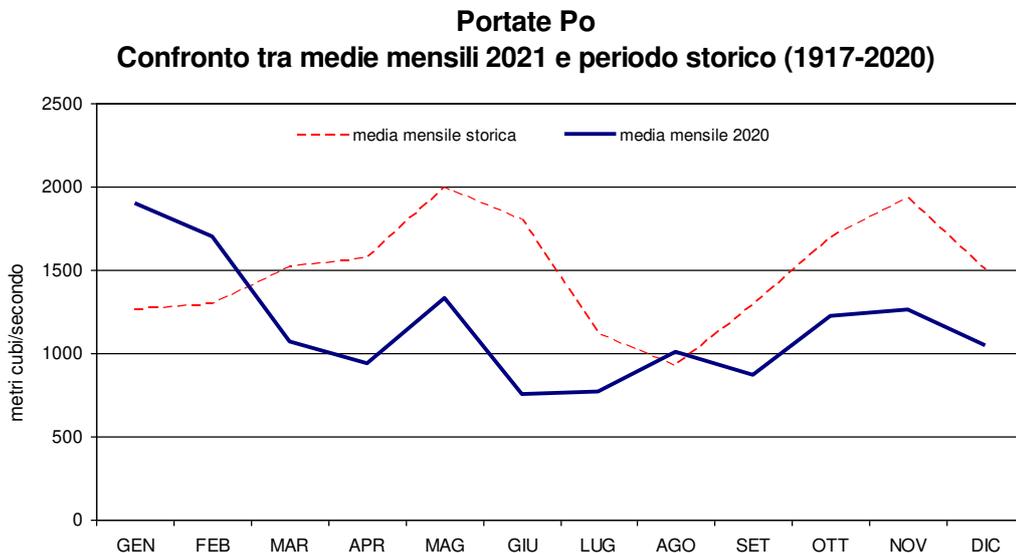


Figura 43 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2021 calcolate nel periodo storico 1917-2020 (Fonte: ARPAE SIMC – i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

L'andamento delle medie annuali in Figura 44 conferma un trend in diminuzione delle portate annue dal bacino padano e quindi una diminuzione delle immissioni di acque dolci in mare.

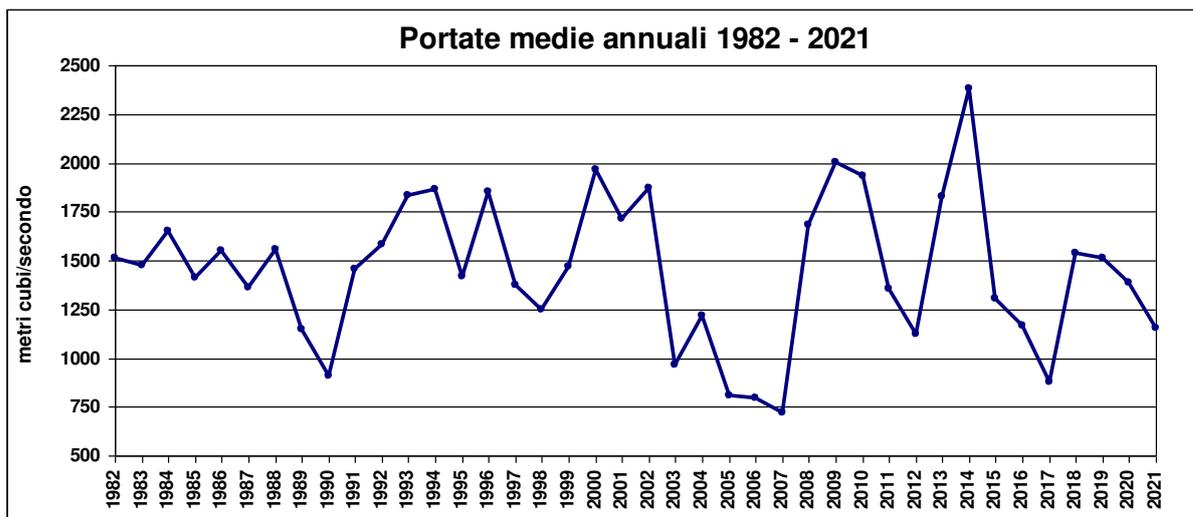


Figura 44 – Valori media annuali di portata del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) dal 1982 al 2021 (Fonte: ARPAE SIMC – i dati rappresentati nel grafico potrebbero aver subito variazioni in fase di validazione)

Il calcolo delle medie stagionali conferma l'andamento di valori di salinità più bassi in inverno correlati alle maggiori portate di acqua dolce immesse in ambiente marino dai bacini costieri e in particolare da quello padano (Figura 42) e valori più alti in primavera ed estate (Figura 45). Il grafico mette in evidenza anche un trend crescente dei valori nord sud sia nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa.

Il confronto delle medie stagionali calcolate nel 2020 e 2021 ha evidenziato una diminuzione dei valori nei primi mesi dell'anno in tutte le stazioni e un incremento a fine anno direttamente correlate alla portate di acque dolci immesse in mare. Nel 2020 la media calcolata nella stazione 2 in inverno è stata di 30 psu, nel 2021 invece pari a 26.85 psu, in autunno 26.4 psu contro i 33.9 psu del 2021. Stesso andamento anche per la stazione 19, localizzata nella parte più a sud della costa, dove i valori medi calcolati nel 2020 in inverno e autunno si attestavano pari a 29.6 e 30 psu più bassi a confronto con quelli calcolati nel 2021 uguali a 31.4 e 32.9 psu.

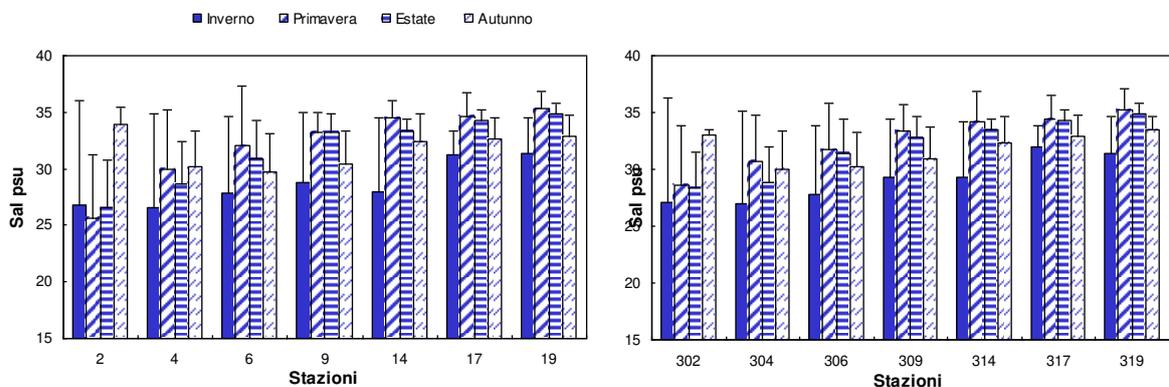


Figura 45 – Valori medi stagionali della salinità (psu) nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In Figura 46 è rappresentato l'andamento annuale dei valori di salinità rilevato in alcune stazioni posizionate a 0.5 km da riva lungo la costa, che evidenzia come quelle più settentrionali, come la stazione 2 (Lido di Volano) e la stazione 4 (Porto Garibaldi) abbiano fluttuazioni più ampie e una spiccata variabilità durante tutto l'anno se confrontate con le stazioni 17 e 19 (Rimini e Cattolica) posizionate più a sud della costa. A Lido di Volano (stazione 2) il valore più basso misurato è stato di 11.2 psu durante i controlli effettuati il 22 febbraio mentre a Cattolica (stazione 19) il minimo pari a 26 psu è stato rilevato il 14 gennaio.

La variabilità nell'area meridionale della costa è spesso correlata alle portate dei bacini costieri regionali che immettono direttamente in mare le acque dolci a seguito di precipitazioni più o meno intense o scioglimenti di neve che interessano prevalentemente i primi km dalla riva, mentre nell'area più settentrionale anche le stazioni più lontane da costa localizzate a 10, 20 km al largo sono interessate da variazioni di salinità nei primi metri della colonna d'acqua (Figura 48).

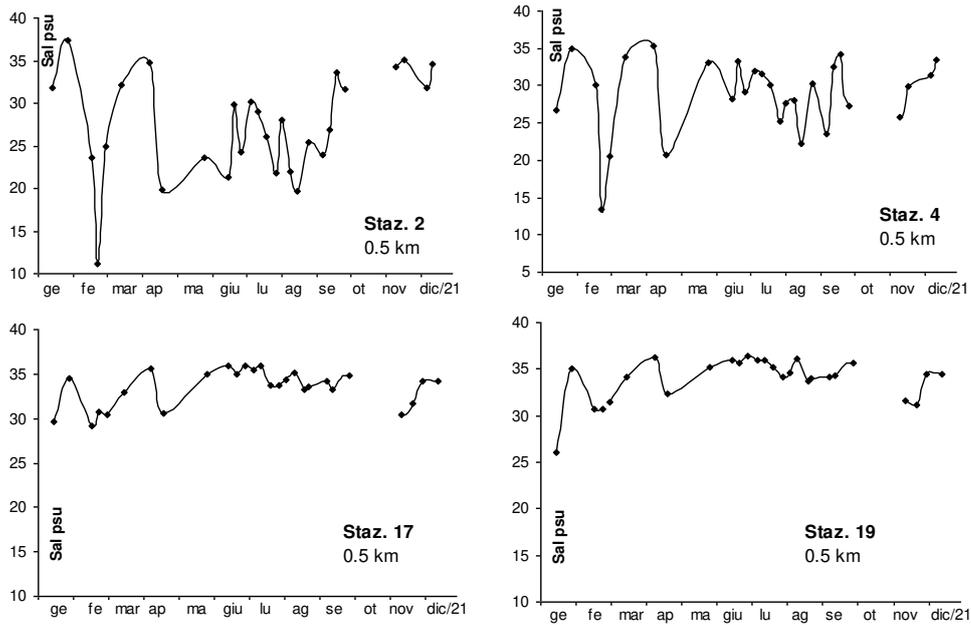


Figura 46 – Andamenti temporali della salinità in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa davanti a Lido di Volando, Porto Garibaldi, Rimini e Cattolica

L'elaborazione dei valori medi annuali della salinità evidenzia un marcato trend crescente nord sud, e un incremento anche da costa largo (Figura 47). Il transetto 2 posizionato nell'area più settentrionale della costa mostra un comportamento diverso con valori annuali inferiori a 30 psu anche nella stazione più esterna a conferma dell'influenza diretta delle acque dolci immesse dal Po in tutta l'area (Figura 48). Confrontando le medie in alcune stazioni più settentrionali con quelle calcolate nel 2020 si rileva un leggero incremento dei valori in particolare nelle stazioni più settentrionali a conferma di una diminuzione durante l'anno degli apporti di acque dolci proprio dal Po: nella stazione 302 il dato medio nel 2020 è stato di 26.3 psu mentre nel 2021 di 28.8 psu, a 10 km di 26.75 psu nel 2020 e di 28.9 psu nel 2021.

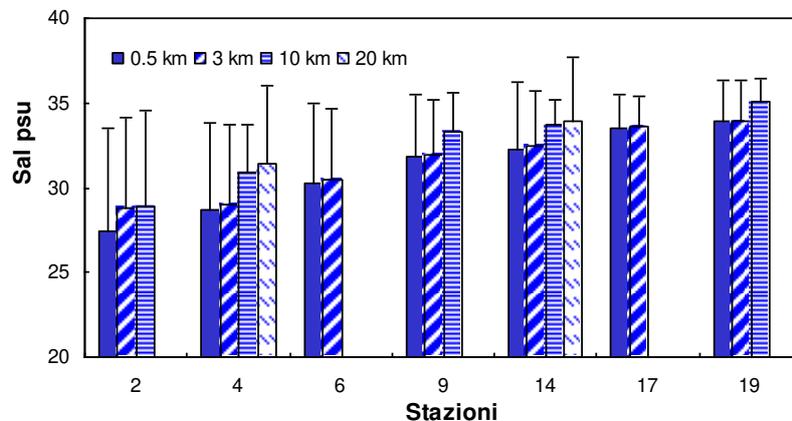


Figura 47 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità (psu) nelle acque superficiali calcolati nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

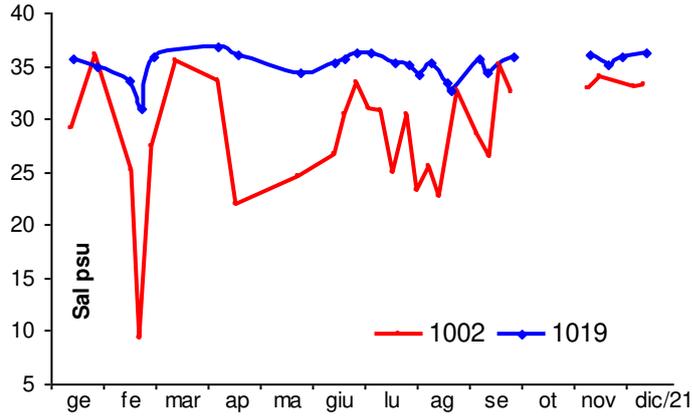


Figura 48 – Andamento temporale della salinità in superficie nelle stazioni a 10 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Cattolica

Nell'acque marine le fluttuazioni più ampie si rilevano nei primi metri della colonna mentre nelle acque più profonde lungo la colonna, si mantengono più lineari e contenute durante tutto l'anno. In Figura 49 sono rappresentati gli andamenti temporali dei valori misurati in superficie e sul fondo durante l'anno lungo il transetto di Porto Garibaldi nelle stazioni a 3, 10 e 20 km al largo che confermano questa condizione, evidenziando inoltre la presenza lungo la colonna d'acqua, in alcuni momenti, di stratificazioni ialine molto marcate.

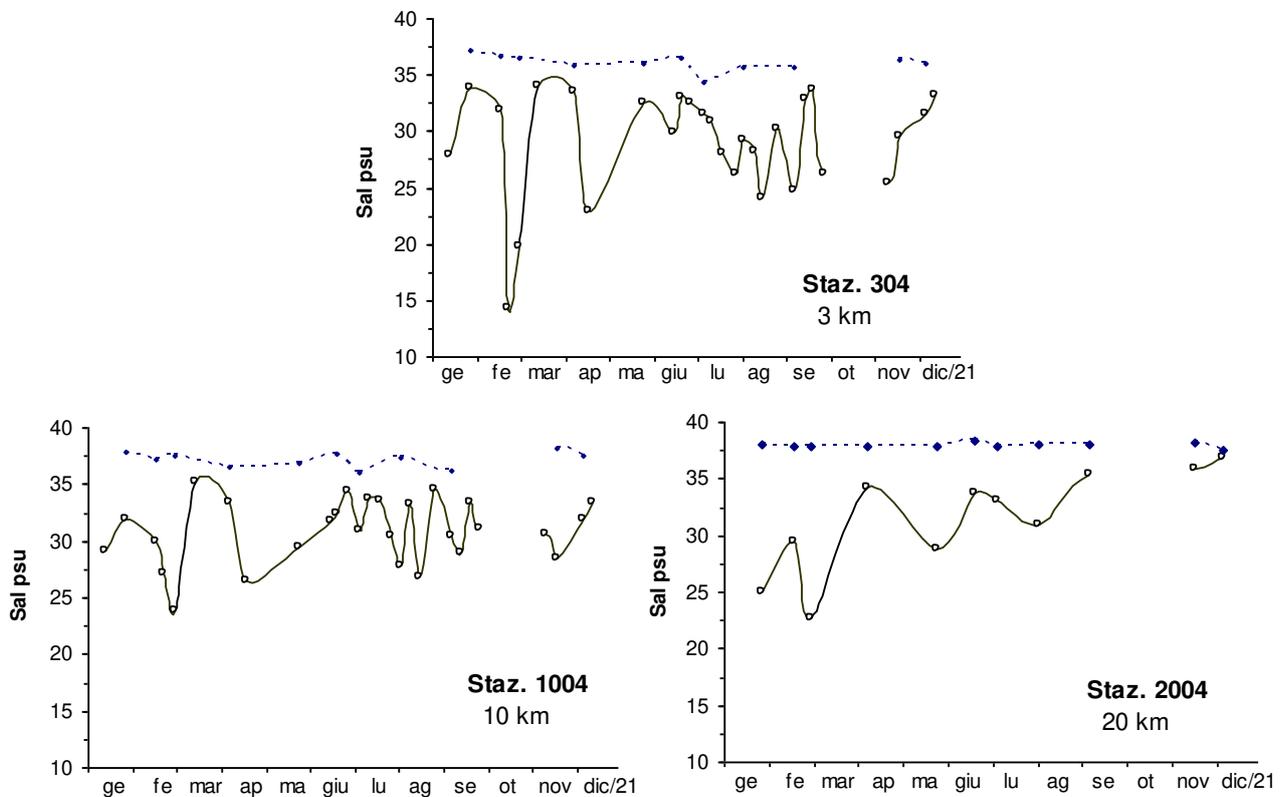


Figura 49 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Porto Garibaldi

Le isolinee di Figura 50 rappresentano bene il comportamento della salinità lungo la colonna nelle stazioni posizionate a 10 km dalla costa e la differenza tra quelle più settentrionali localizzate davanti a Lido di Volano e Porto Garibaldi a confronto con quelle più a sud, davanti a Cesenatico e Cattolica.

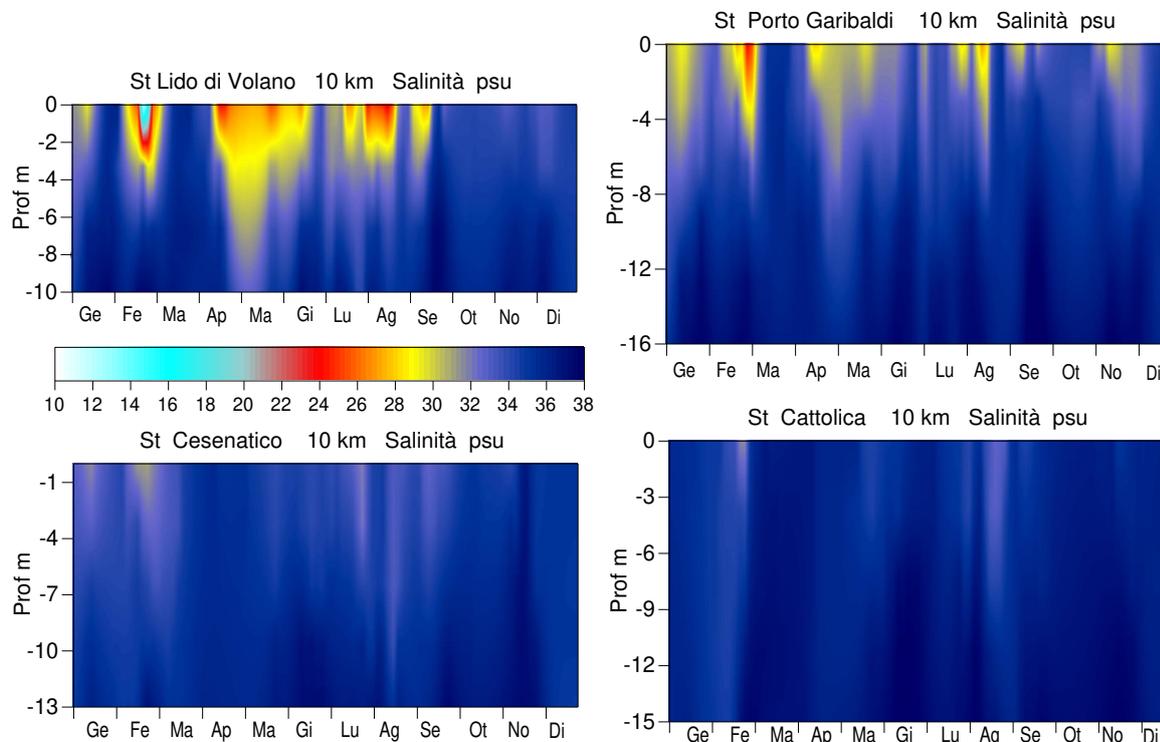


Figura 50 – Isolinee di distribuzione della salinità (psu) nelle stazioni a 10 km davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Di seguito viene rappresentato l'andamento dei valori di salinità, sempre nel 2021, nelle due stazioni più lontane da costa posizionate a 20 km al largo davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico; l'andamento presenta fluttuazioni simili ma valori più bassi nella stazione 2004 (Porto Garibaldi). Il grafico evidenzia valori bassi in entrambe le stazioni durante i controlli di febbraio con 22.74 psu nella stazione 2004 e 23.36 psu nella stazione 2014.

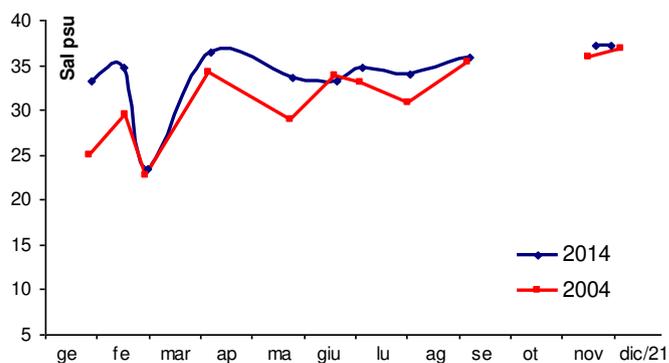


Figura 51 – Andamento temporale della salinità in superficie nelle stazioni a 20 km davanti a Cesenatico (linea blu) e Porto Garibaldi (linea rossa)

Il monitoraggio del 22-23 febbraio ha evidenziato i valori di salinità bassi lungo tutta la costa centro settentrionale. Lungo il transetto di Lido di Volano i dati registrati indicavano una forte diluizione delle acque di superficie con valori molto bassi, inferiori a 10 psu. Il valore più basso rilevato nel 2021 è stato proprio durante le attività di controllo eseguite in quelle giornate nella stazione 602 con 7.74 psu.

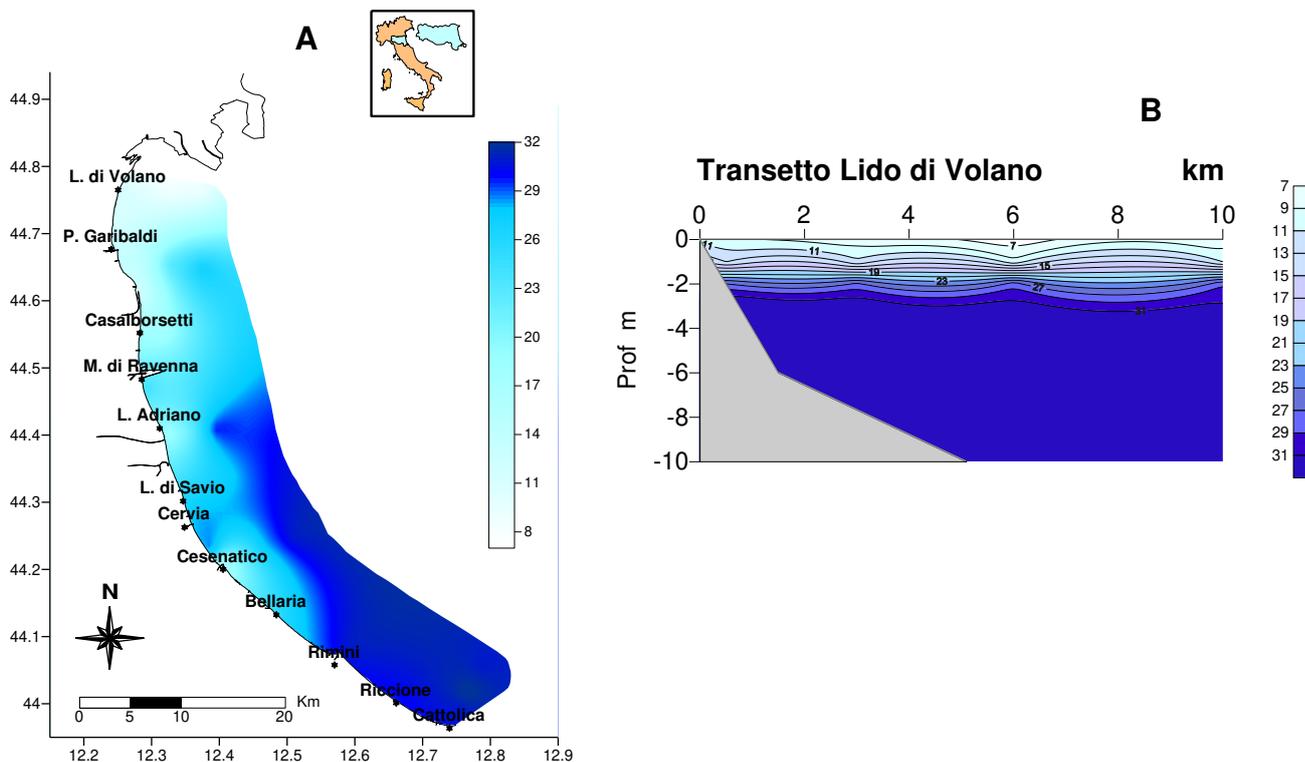


Figura 52 – A) Mappe di distribuzione della salinità in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 22-23 febbraio; B) Isolinee di salinità lungo il transetto di Lido di Volano (22 febbraio)

4.3.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto rappresenta un importante indicatore dello stato trofico e della qualità ambientale di un ecosistema marino ed è strettamente correlato alla presenza di biomassa autotrofa in sospensione, il fitoplancton.

Le acque marine davanti alla costa dell'Emilia Romagna da sempre sono classificate come acque molto produttive, conseguentemente lo sviluppo di eventi eutrofici, se prolungati nel tempo ed estesi lungo la costa, in concomitanza a condizioni meteo marine particolari, possono causare l'insorgenza di criticità soprattutto a livello del fondale. La biomassa fitoplanctonica a fine ciclo vitale si sedimenta sul fondo alimentando e sostenendo la componente eterotrofa che vive nei primi strati del 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'incremento dell'attività metabolica dei detritivori che decompongono la sostanza organica depositata sul fondo a fine ciclo di vita. La diminuzione delle concentrazioni di ossigeno disciolto negli ultimi strati della colonna d'acqua prolungata nel tempo, può portare ad una condizione di ipossia e anossia, destabilizzando le comunità bentoniche legate alla vita di fondo. Spesso situazioni critiche con poco ossigeno disciolto nelle acque di 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 forti mareggiate o forti venti.

Gli andamenti temporali dell'ossigeno disciolto nel corso del 2021 confermano una maggior variabilità del parametro in superficie rispetto al fondo.

In Figura 53 sono rappresentati gli andamenti annuali in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico che mostrano valori elevati del parametro in alcuni campionamenti strettamente correlati a concentrazioni alte di clorofilla "a" e fitoplancton; il grafico evidenzia inoltre variazioni più contenute sul fondo con concentrazioni prevalentemente più basse.

Anche l'elaborazione dei dati annuali alle due quote, superficie e fondo (Figura 54), conferma abbondanze più elevate in superficie dove si sviluppa al massimo l'attività fotosintetica ad opera della componente microalgale, rispetto a quelle calcolate negli ultimi strati della colonna d'acqua sia nelle stazioni a 0.5 km che a 3 km dalla riva.

Il 2021 si è contraddistinto per l'assenza di situazioni di anossia sia in costa che al largo. Il periodo più critico si è rilevato tra agosto e inizio settembre quando in alcune stazioni le concentrazioni sul fondo misurate rimanevano comprese tra 1 e 3 mg/l evidenziando una condizione di ipossia (Figura 21); ma in nessun caso si sono poi registrate situazioni di emergenza per la comunità bentonica che popola il fondo del mare.

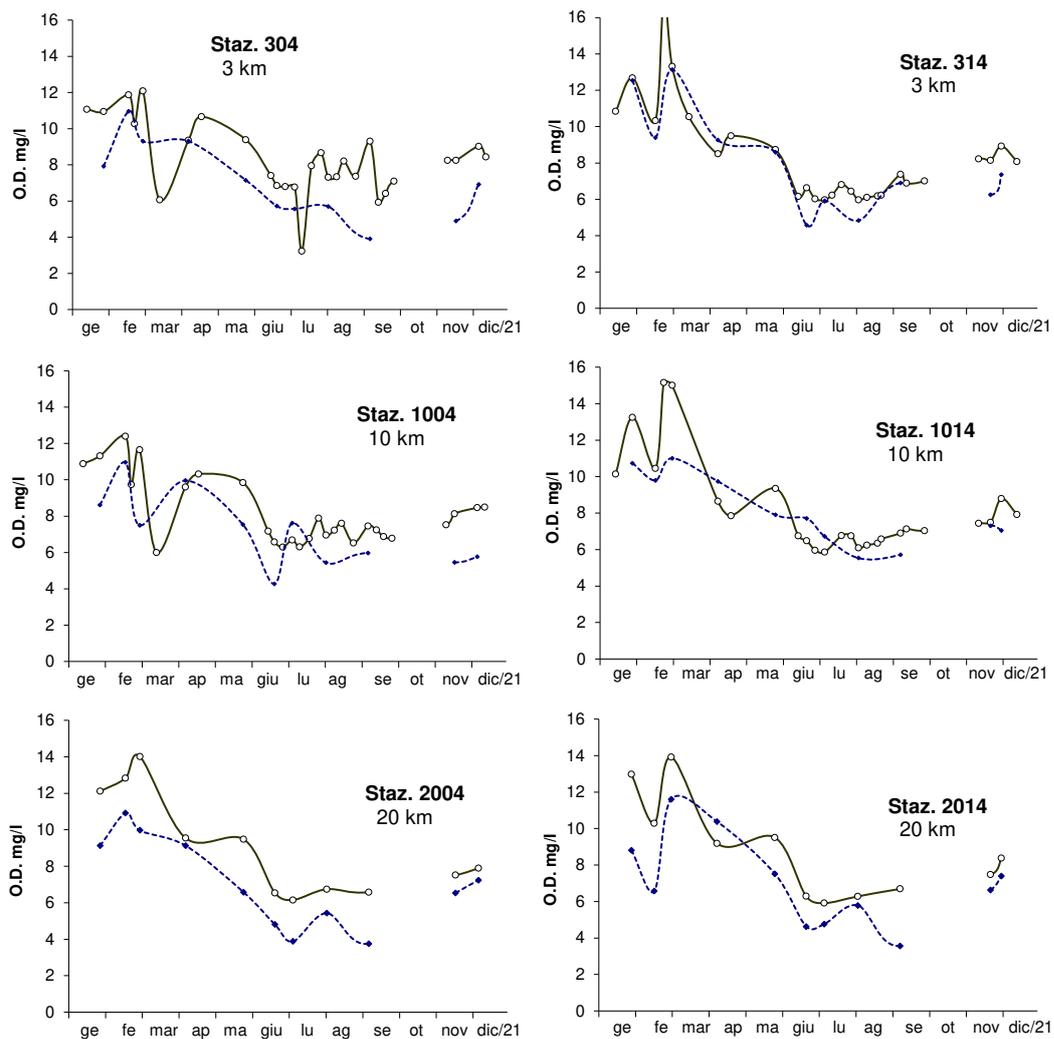


Figura 53 – Andamenti temporali dell'ossigeno disciolto nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

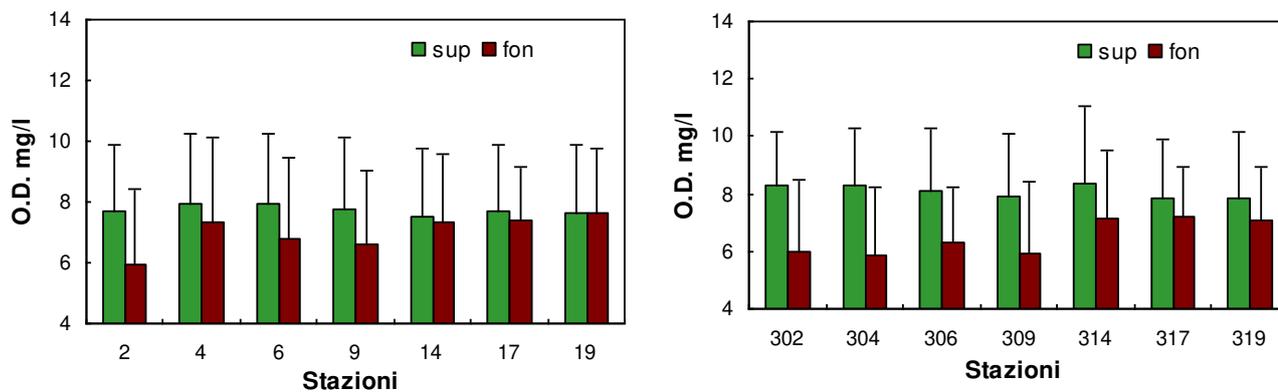


Figura 54 – Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e sul fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

La mappa di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo rappresentata in Figura 55 rappresenta la situazione rilevata durante i controlli nel mese di settembre. In questi giorni si sono rilevate le concentrazioni più basse del 2021 in un'area prettamente costiera che si estendeva da Lido di Volano a Cervia tendenti all'ipossia. Il valore più basso è stato registrato nella stazione 304, a 3 km davanti Porto Garibaldi con un valore pari a 1 mg/l (Figura 55 B).

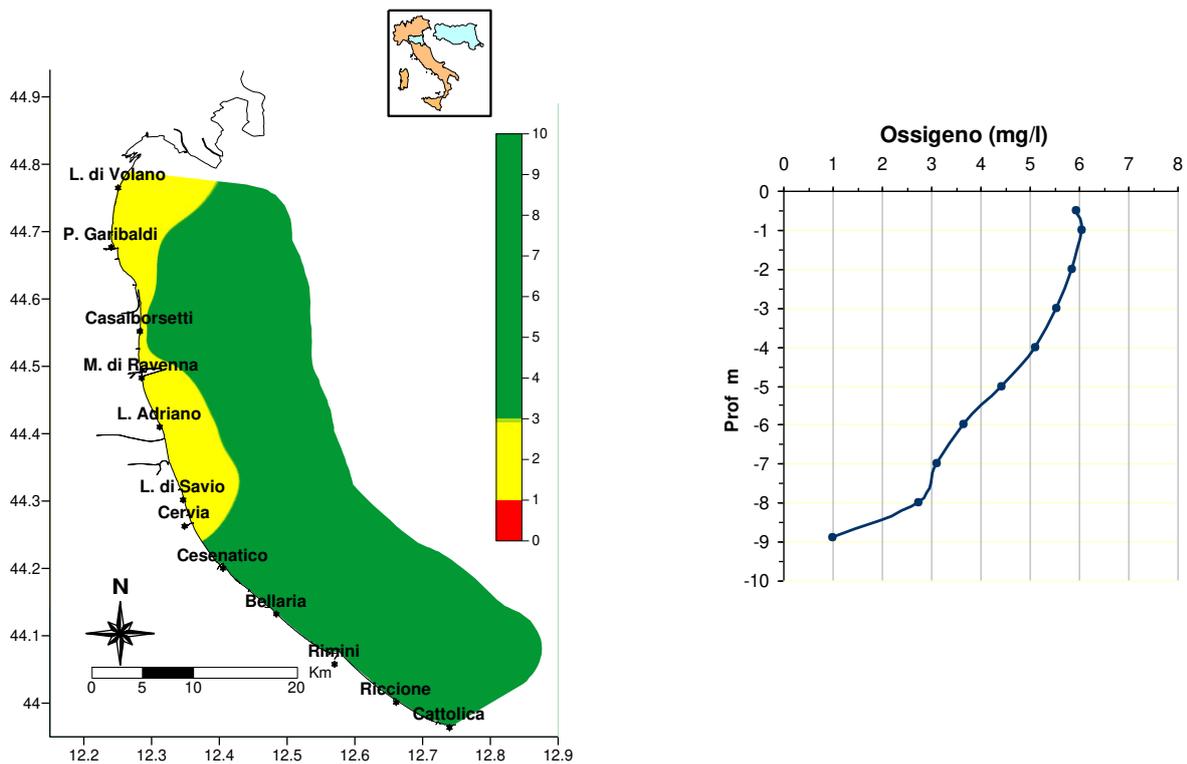


Figura 55 – A) Mappa di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) lungo la costa fino a 10 km al largo il 13-14 settembre; B) Profilo dell'ossigeno lungo la colonna nella stazione 304

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 56 si riportano gli andamenti della clorofilla “a” del 2021 nelle varie stazioni di campionamento. Osservando i grafici si nota che le stazioni ubicate più a nord sono caratterizzate in generale da concentrazioni più alte e da una variabilità maggiore rispetto a quelle più meridionali di clorofilla “a”. Anche questo parametro trova una stretta correlazione con le portate fluviali, in quanto gli apporti di acque dolci trasportano a mare sostanze nutritive (sali di N e P) che innescano e sostengono le fioriture microalgali.

In Figura 57 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla “a”.

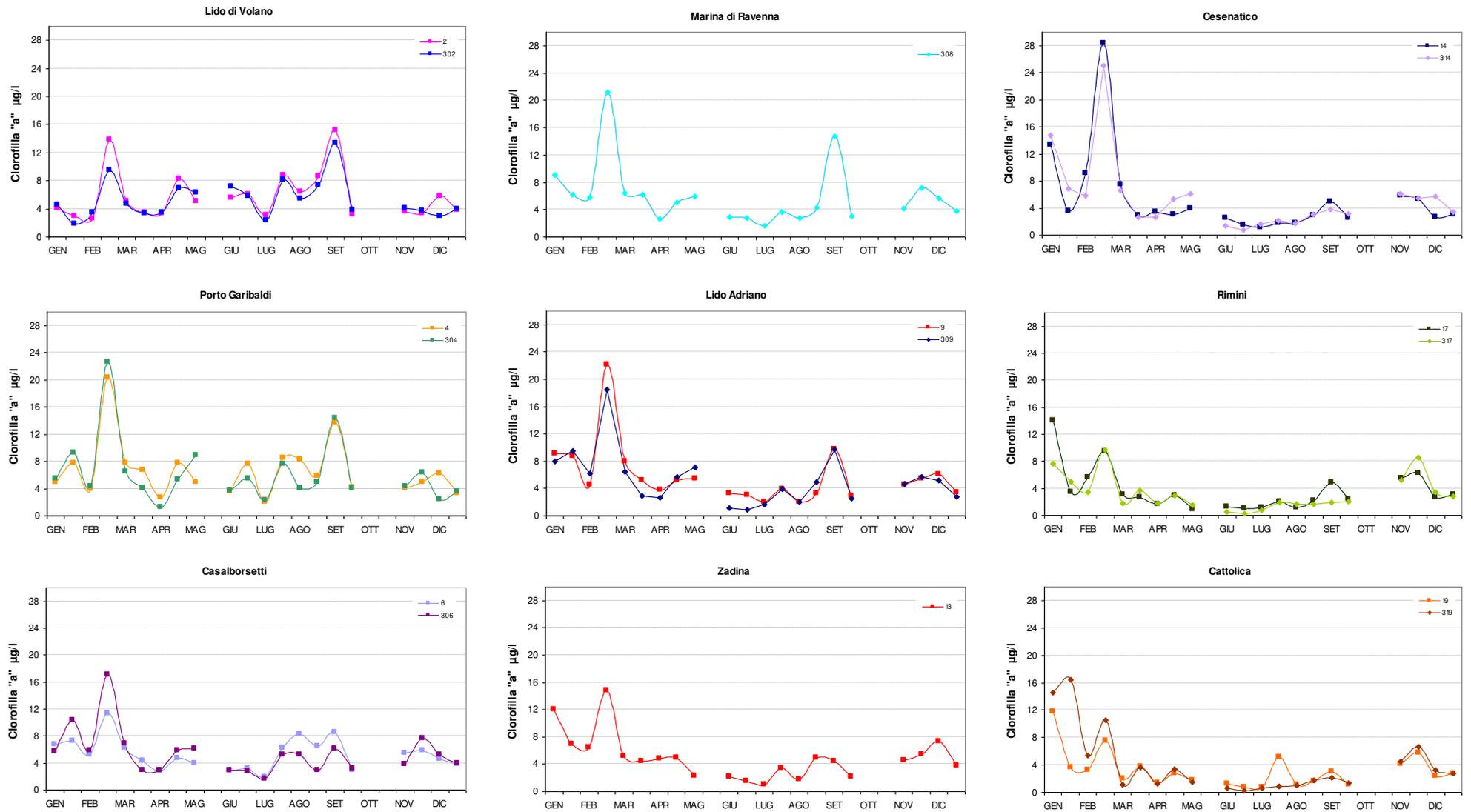


Figura 56 – Andamenti temporali della clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306, 308) e CD2 (stazioni 9, 309, 13, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2021

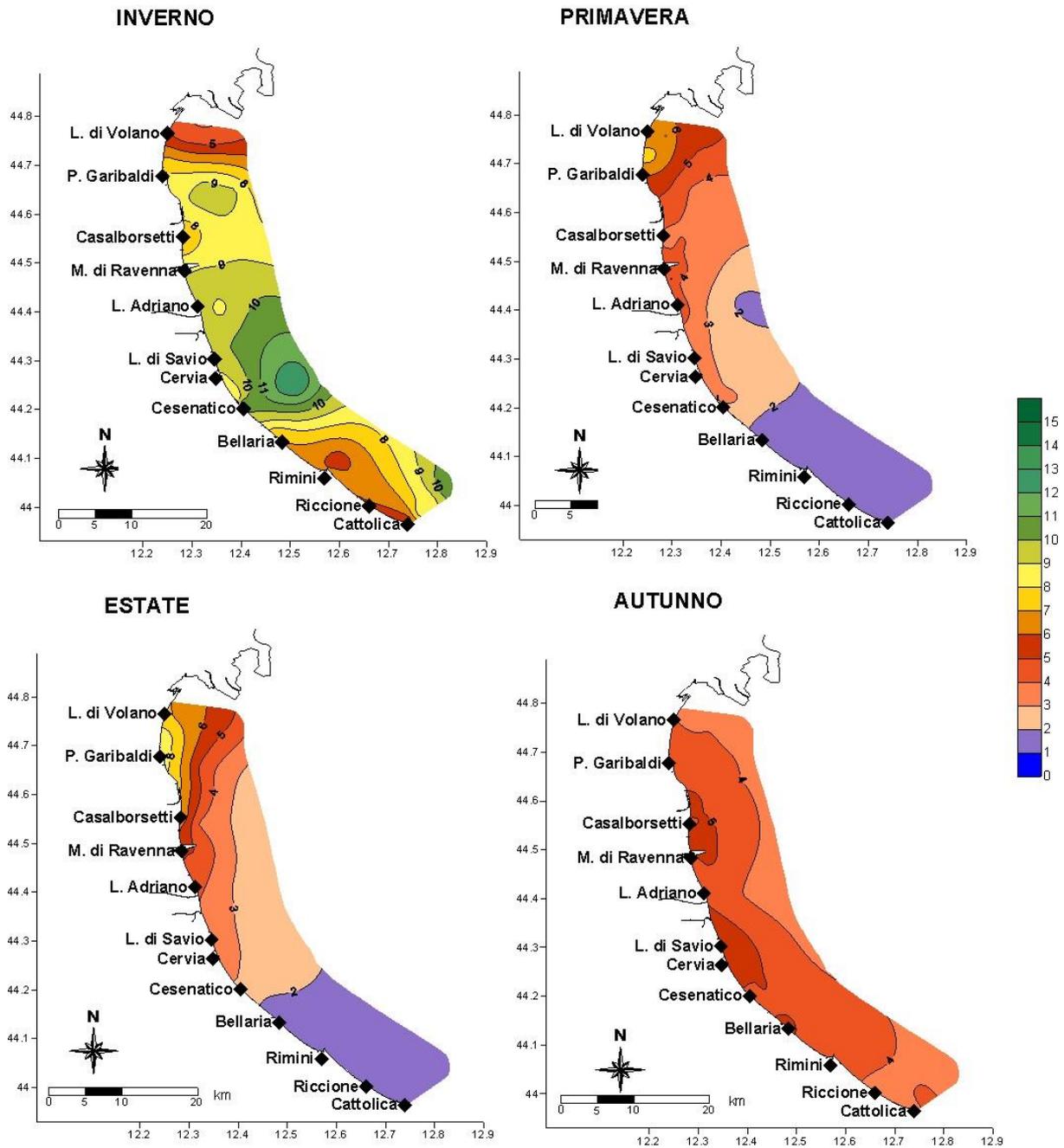


Figura 57 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

4.3.2 Elementi nutritivi

4.3.2.a Azoto nitrico (N-NO₃)

L'andamento annuale calcolato nelle stazioni in costa evidenzia anche nel 2021 una marcata tendenza a diminuire da nord sud lungo la costa, e da costa al largo ad eccezione delle stazioni lungo il transetto di Lido di Volano dove i valori calcolati rimangono molto simili fra loro compresi tra 315.2 µg/l nella stazione a 0.5 km a 341.5 µg/l in quella a 10 km. L'area a nord da sempre è direttamente influenzata dalle portate di acque dolci immesse in mare dal bacino padano condizionandone spesso la qualità ambientale. Anche se l'apporto di acque dolci, come accennato nei paragrafi precedenti, è in media in diminuzione, le grandi immissioni che si verificano in alcuni momenti comportano da una parte la diluizione delle acque di superficie e dall'altra l'immissione di concentrazioni maggiori di nutrienti.

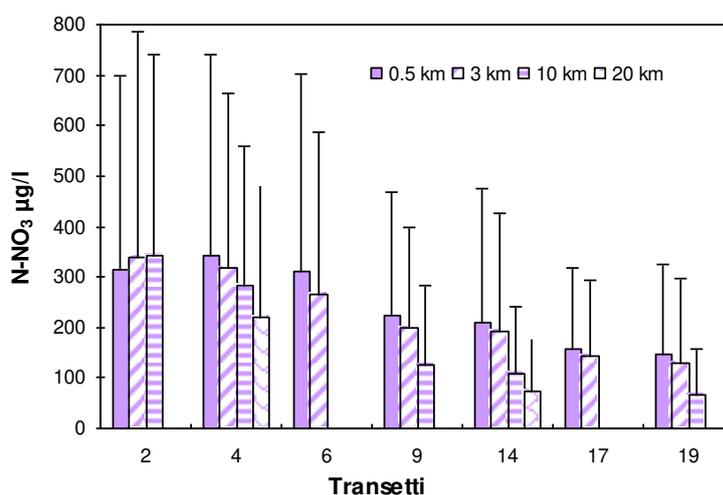


Figura 58 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico (µg/l) in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Confrontando i dati medi di N-NO₃ nel 2021 con quelli del 2020 si evidenzia una diminuzione in quasi tutte le stazioni più evidente nelle stazioni posizionate a 10 km dalla riva: nella stazione 1002 nel 2020 il dato calcolato è stato di 477 µg/l contro i 341.5 µg/l, nella stazione 1009 invece 190.7 µg/l nel 2020 e 126.5 µg/l nel 2021. Il transetto di Lido Adriano è quello che ha evidenziato una diminuzione più netta in tutte le stazioni.

L'andamento annuale rappresentato in Figura 59 evidenzia concentrazioni più alte e fluttuazioni più ampie nelle stazioni a nord della costa a confronto con quelle localizzate nella parte centro meridionale. In tutte le stazioni i valori più alti sono in corrispondenza di periodi con portate maggiori dai fiumi costieri e dal Po. Il grafico di Figura 60 mette a confronto le concentrazioni misurate nel 2021 nelle due stazioni

opposte lungo la costa, la stazione 2 posizionata più a nord e la stazione 19 più a sud, alla distanza di 0.5 km.

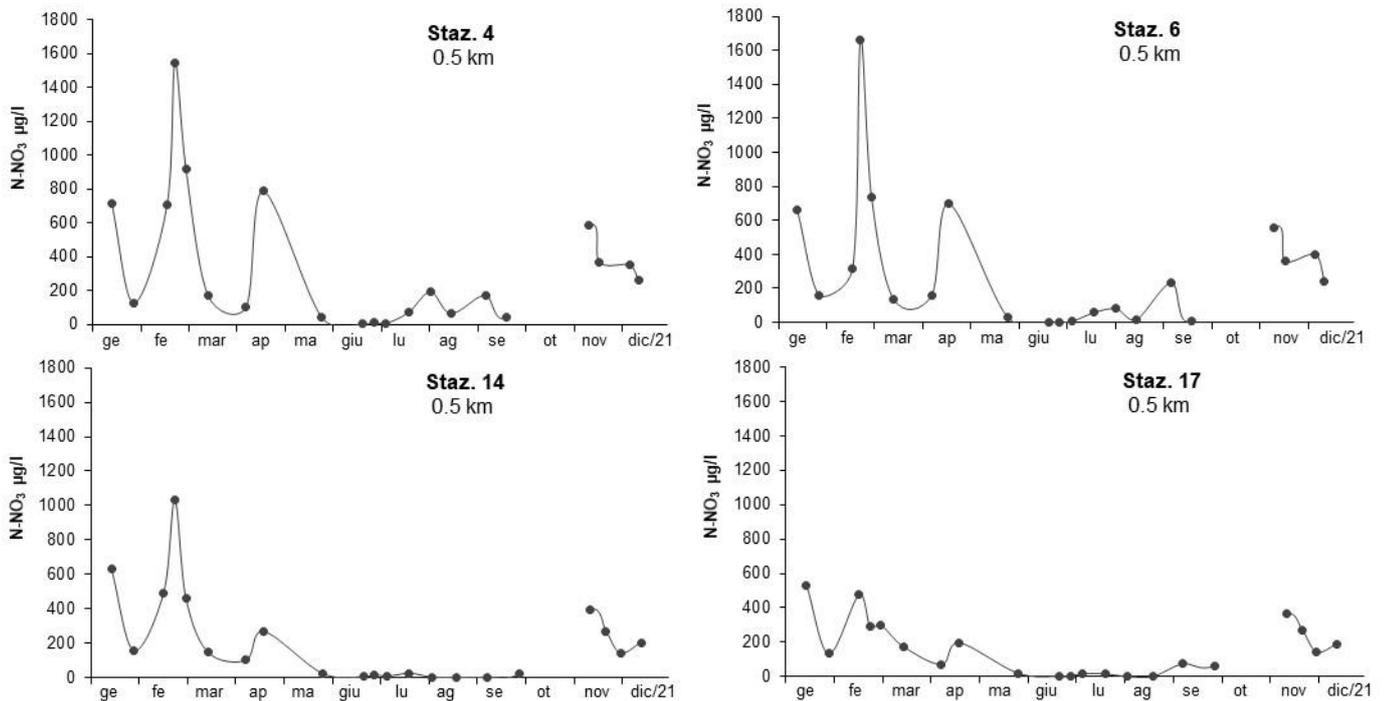


Figura 59 - Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie nelle stazioni a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi, Casalborsetti, Cesenatico e Rimini

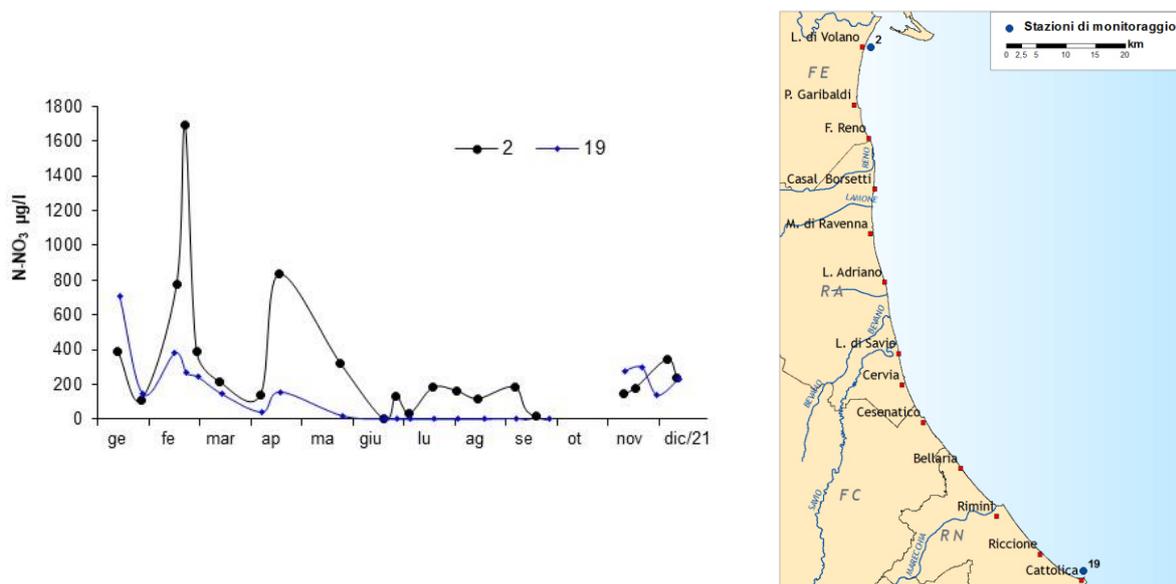


Figura 60 – Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

La concentrazione più alta di N-NO₃ misurata nel 2021 è stata di 1891 µg/l rilevata nella stazione 302, a 3 km davanti a Lido di Volano durante i controlli del 22 febbraio.

La mappa di distribuzione in Figura 61 mostra l'andamento del parametro in superficie durante il monitoraggio con concentrazioni elevate anche in alcune stazioni costiere più meridionali interessate dalle variazioni di portata dei fiumi regionali.

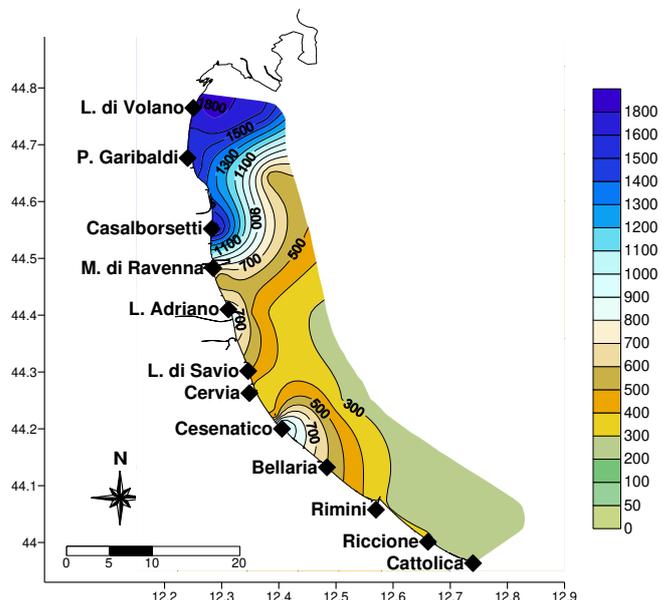


Figura 61 – Mappe di distribuzione dell'azoto nitrico µg/l in superficie lungo la costa fino a 10 km durante i controlli del 22-23 febbraio

L'elaborazione delle medie stagionali (Figura 62) conferma concentrazioni più elevate in inverno e autunno e minime in estate in corrispondenza di portate minime o assenti dai fiumi regionali e dal Po.

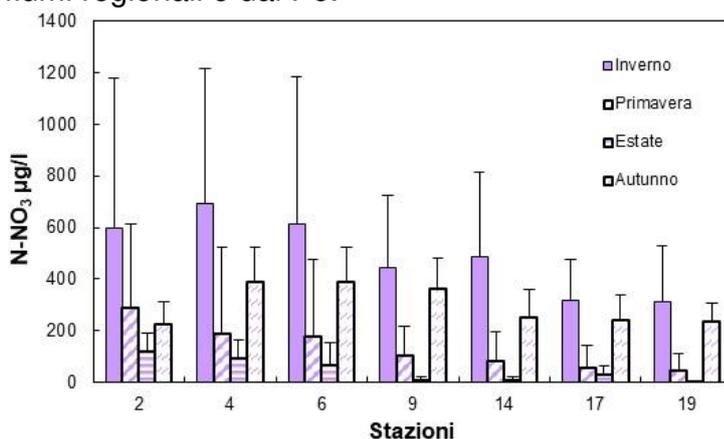


Figura 62 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'N-NO3 nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

L'andamento dell'azoto nitrico in superficie a confronto con quello misurato sul fondo mostra una variabilità maggiore, con fluttuazioni più accentuate nelle stazioni a nord della costa rispetto a quelle più meridionali.

L'andamento annuale alle due quote, superficie e fondo, rilevato lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico nelle stazioni a 3, 10 e 20 km conferma concentrazioni più alte in superficie perché direttamente influenzate dall'immissione delle acque dolci, e più basse sul fondo con variazioni più lineari e contenute che rilevano una maggior stabilità delle masse d'acqua negli ultimi metri della colonna.

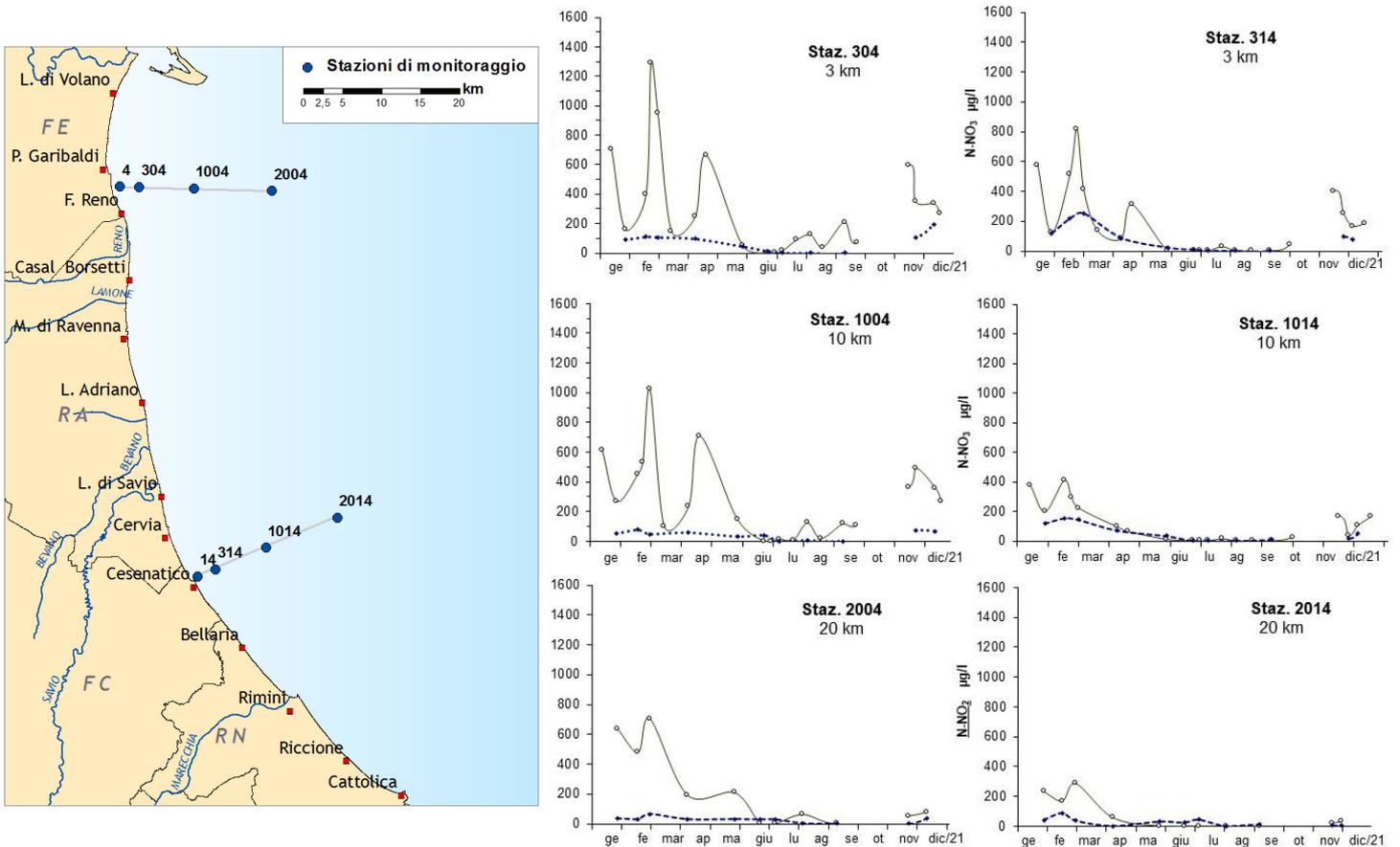


Figura 63 – Andamenti temporali dell’azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici Porto Garibaldi e Cesenatico

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

Il comportamento dell'azoto nitroso è molto simile a quello rilevato per l'azoto nitrico (Figura 64) in quanto entrambi strettamente correlati alle precipitazioni atmosferiche e di conseguenza alle variazioni delle portate dai fiumi. Gli andamenti durante il 2021 evidenziano maggiori concentrazioni in inverno in tutte le stazioni e minimi in estate in corrispondenza di minimi apporti di acque dolci dai fiumi costieri e da quello padano.

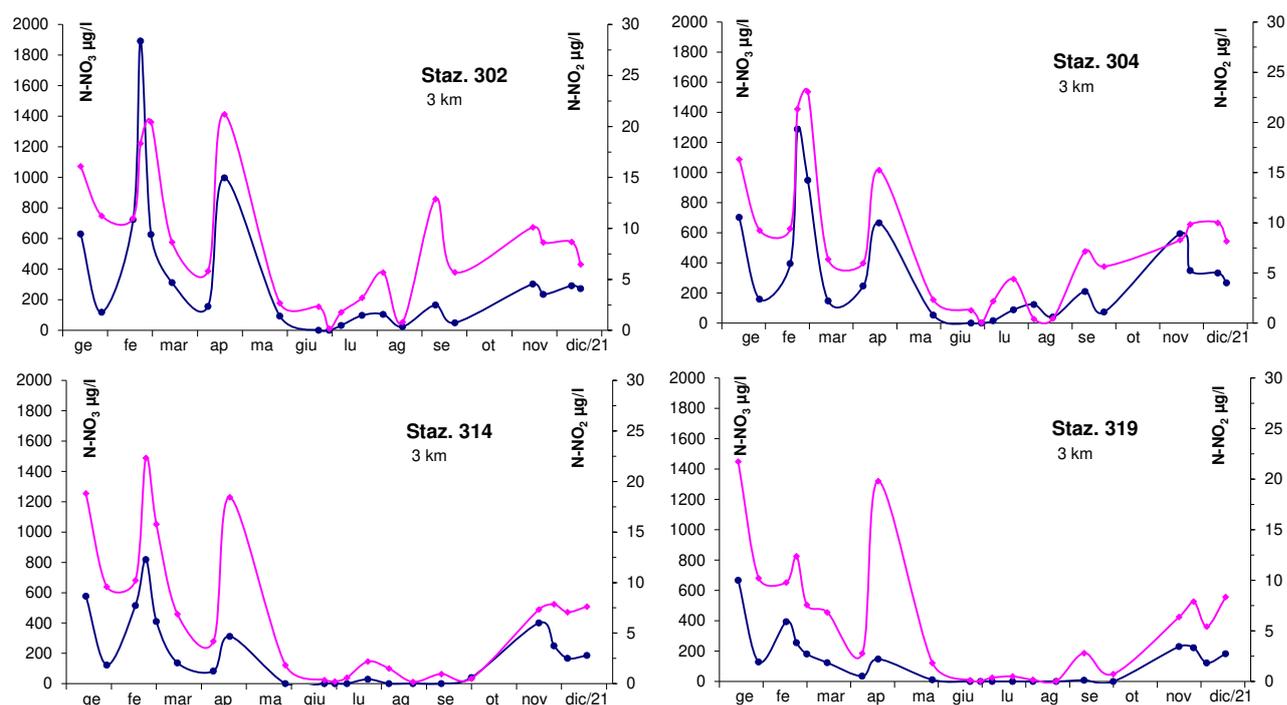


Figura 64 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (line blu) e nitroso (linea fucsia) nelle stazioni posizionate a 3 km dalla costa davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Le stazioni localizzate nell'area più a nord della costa anche per l' $N\text{-NO}_2$ evidenziano fluttuazioni più ampie rispetto a quelle localizzate nella parte più meridionale come evidenziato in Figura 65. Il valore più elevato misurato nel 2021 è stato di $35.9 \mu\text{g/l}$ nella stazione 2 davanti a Lido di Volano, durante i controlli del 11 novembre. I valori più alti rilevati a Cattolica a gennaio e aprile sono correlati all'incremento delle portate dei fiumi costieri in quel periodo a seguito di precipitazioni atmosferiche più abbondanti.

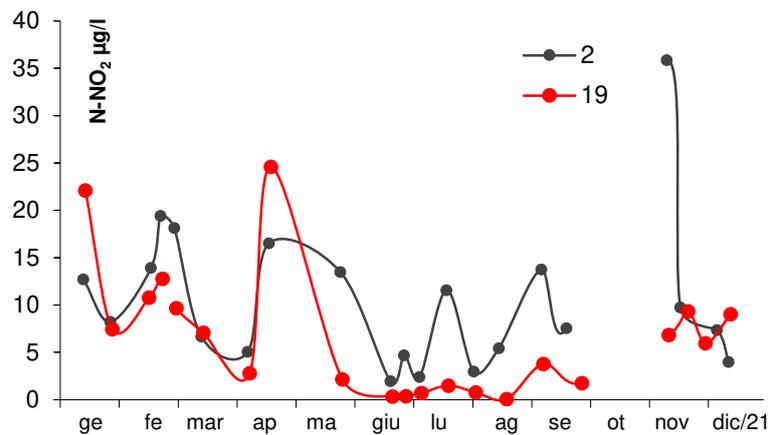


Figura 65 – Andamento temporale dell’N-NO2 nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

L’elaborazione delle medie annuali nelle stazioni lungo i transetti conferma anche per questo parametro un trend decrescente nord sud e costa largo (Figura 66). Il valore medio più alto pari a 10.5 µg/l di N-NO₂ è stato calcolato nella stazione 2, il più basso al largo di Cesenatico a 20 km di distanza, pari a 4.3 µg/l. Il confronto con i dati calcolati nel 2020 conferma una diminuzione di concentrazione nella maggior parte delle stazioni in particolare in quelle più settentrionali.

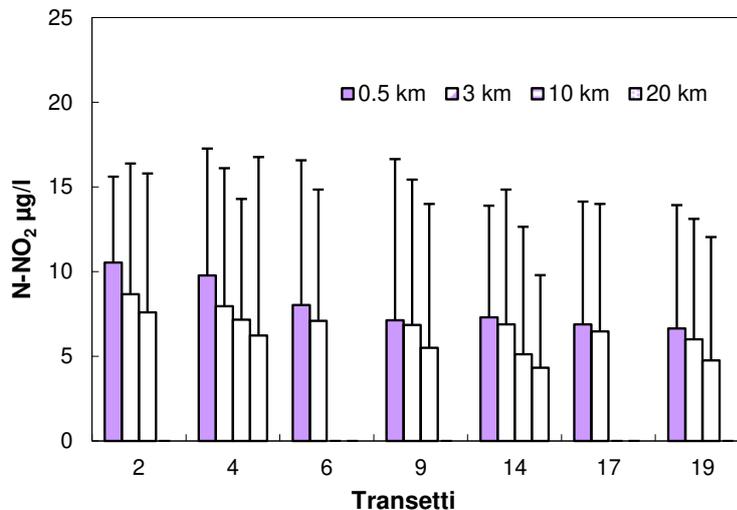


Figura 66 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L’elaborazione delle medie stagionali in superficie nelle stazioni più vicine alla costa conferma concentrazioni più elevate del parametro nei mesi più freddi e le minime in estate in tutti i punti di controllo monitorati (Figura 67).

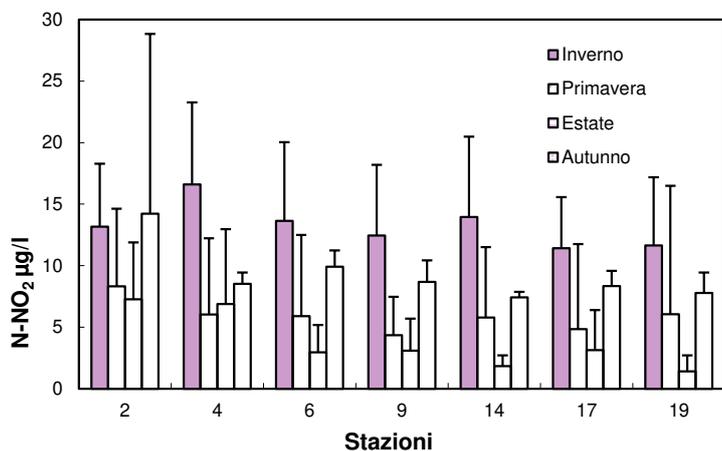


Figura 67 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

Il confronto delle concentrazioni misurate in superficie e sul fondo lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico conferma concentrazioni più alte e variabili in superficie rispetto a quelle del fondo che si mantengono in generale più lineari. In alcuni momenti dell'anno si evidenziano concentrazioni più alte sul fondo rispetto a quelle misurate in superficie (Figura 68) in concomitanza di una maggiore attività di mineralizzazione della sostanza organica da parte delle comunità detritivora che rimette in circolo i nutrienti.

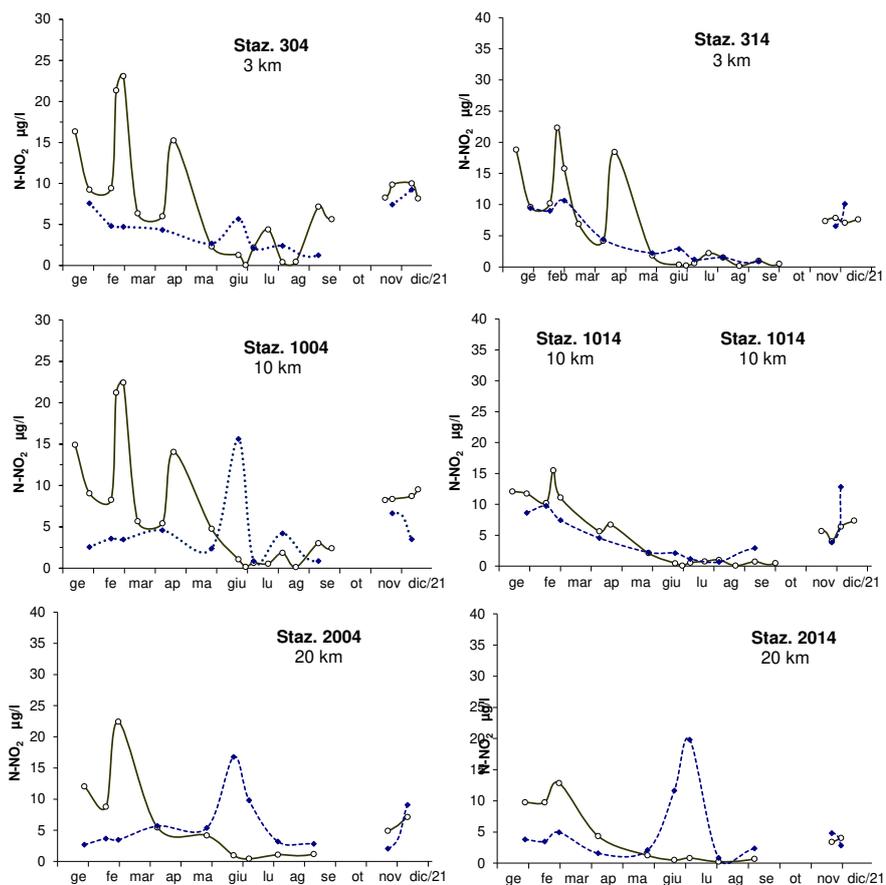


Figura 68 – Andamenti temporali dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

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

Anche le fluttuazioni dell'azoto ammoniacale come quelle commentate per le altre forme di azoto rimangono correlate strettamente agli apporti dei fiumi e in particolare alle immissioni in ambiente marino dei reflui generati dagli insediamenti urbani. I valori sono sempre più alti nelle stazioni più vicine a costa rispetto a quelle posizionate al largo: l'elaborazione delle medie annuali di Figura 69 evidenzia questo trend decrescente costa largo che si presenta molto marcato. Le stazioni 17 e 19 localizzate nella parte più meridionale della costa confermano concentrazioni medie annue minori rispetto alle altre.

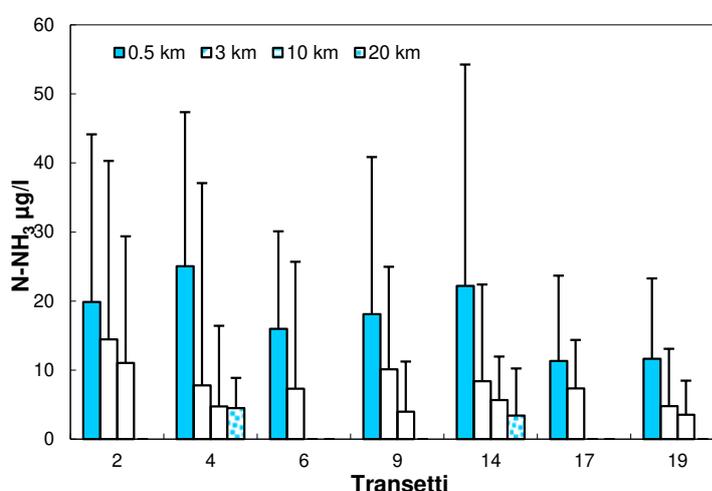


Figura 69 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'andamento dell'azoto ammoniacale in superficie nel 2021 mostra ampie fluttuazioni con picchi a febbraio e a settembre nelle stazioni più costiere.

Il massimo rilevato è stato di 213.2 $\mu\text{g/l}$ davanti a Porto Garibaldi durante i controlli del 17 febbraio; un altro picco, sempre nella stazione 4, è stato registrato a settembre (Figura 70).

Le due stazioni a confronto mostrano un andamento a volte simile, a volte opposto con una media annua paragonabile, pari a 25 $\mu\text{g/l}$ nella stazione 4 e di 22 $\mu\text{g/l}$ a Cesenatico. Il confronto con i dati del 2020 rileva un incremento dei valori nel 2021 a Porto Garibaldi (media 2020=15.4 $\mu\text{g/l}$) mentre a Cesenatico una diminuzione (media 2020=32.8 $\mu\text{g/l}$).

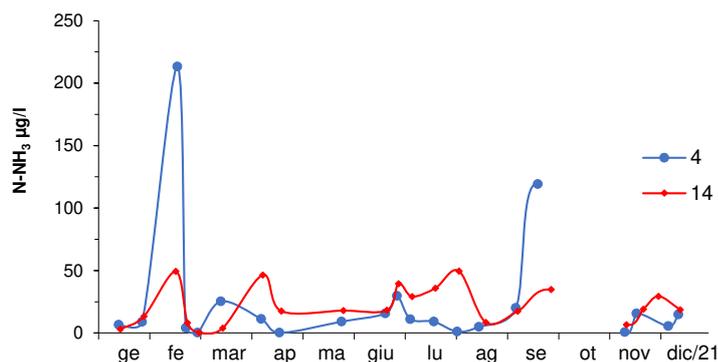


Figura 70 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico

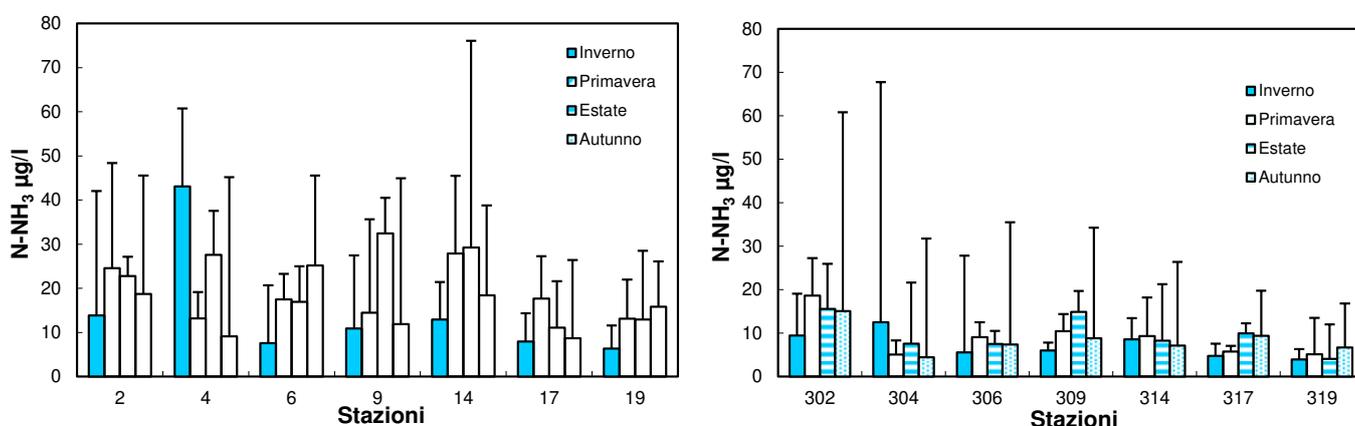


Figura 71 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

L’elaborazione delle medie stagionali (Figura 71) evidenzia situazioni diverse nelle stazioni localizzate più in costa rispetto a quelle elaborate per le stazioni a 3 km confermando l’influenza diretta dei fiumi costieri sulle acque marine prossime alle foci.

Il grafico evidenzia concentrazioni elevate in estate nelle stazioni 4 e 9. Il confronto con l’anno precedente evidenzia un aumento in entrambi i punti di controlli più marcato davanti a Lido Adriano con un valore medio estivo di 32.46 g/l contro gli 8.00 µg/l calcolati il 2020. Anche la stazione 14, davanti a Cesenatico evidenzia concentrazioni maggiori in primavera ed estate ma rispetto al 2020 si rileva una diminuzione dei valori medi. La mappa di Figura 72 illustra la situazione rilevata durante la stagione estiva lungo la costa dell’Emilia Romagna.

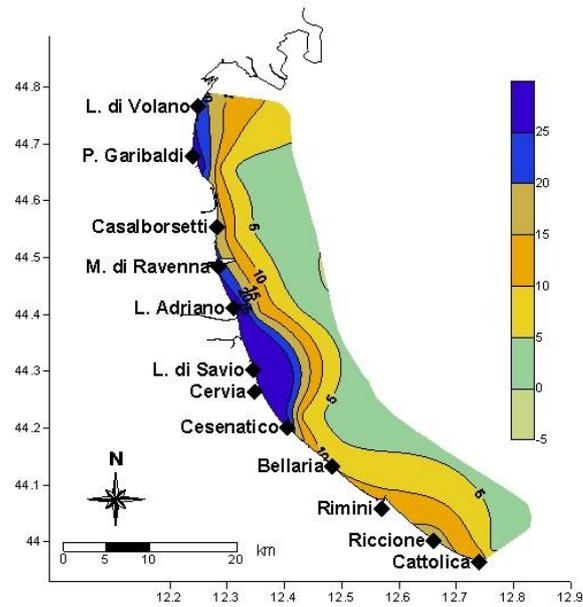


Figura 72 - Mappa di distribuzione dei valori medi durante l'estate dell'azoto ammoniacale ($\mu\text{g/l}$) in superficie lungo la costa fino a 10 km

L'andamento delle concentrazioni dell' N-NH_3 rilevati in superficie e sul fondo lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico evidenziano in alcuni momenti dell'anno concentrazioni più elevate sul fondo a confronto con quelle di superficie (Figura 73). Questa condizione si rileva in concomitanza a condizioni sul fondo caratterizzate dalla diminuzione di ossigeno per aumento dell'attività metabolica dei detritivori che mineralizzano la sostanza organica rendendo solubile l' N-NH_3 .

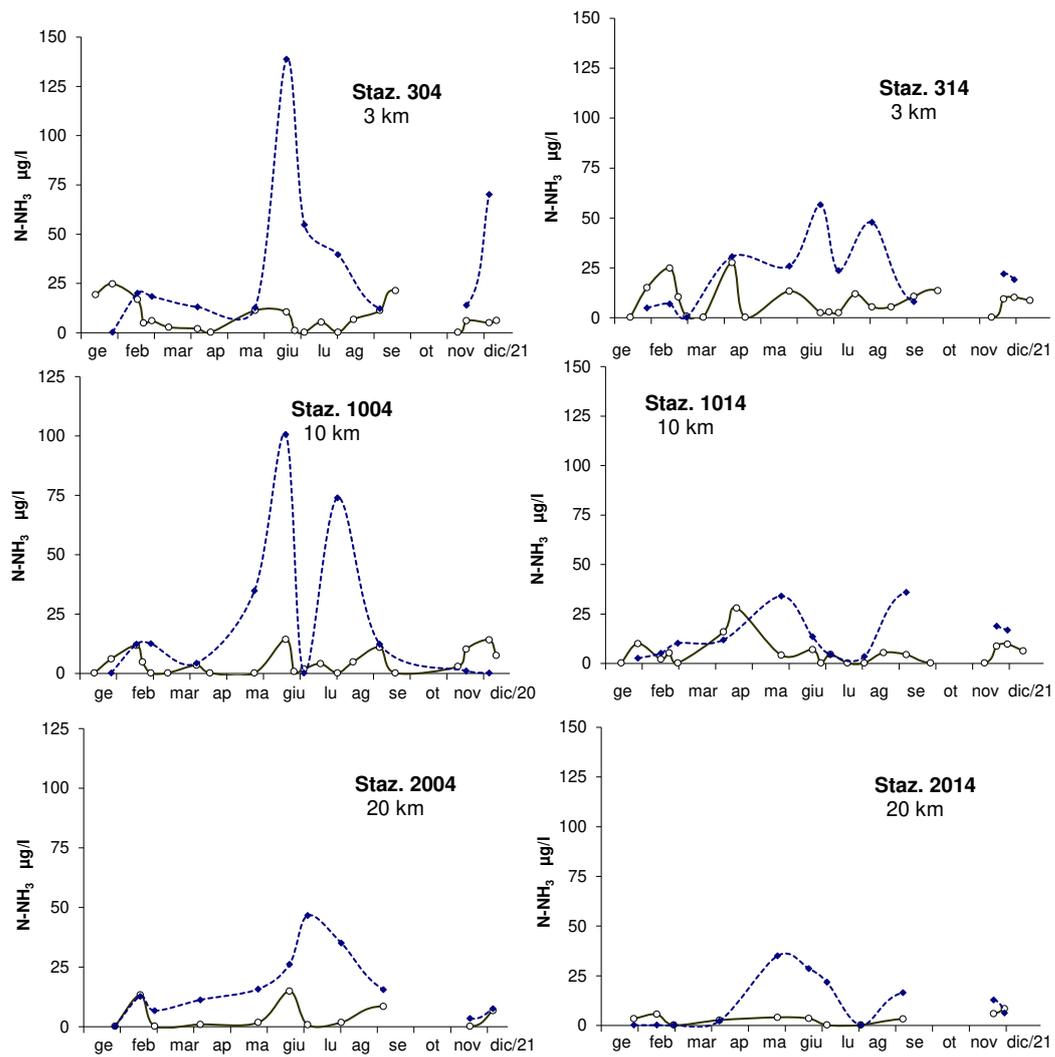


Figura 73 - Andamenti temporali dell'azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

4.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

Il DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) rappresenta l'azoto inorganico disciolto in mare ed è la somma delle tre componenti solubili dell'azoto: azoto nitroso, azoto nitrico ed azoto ammoniacale. Come visto per tutte le forme singole, anche il DIN mantiene, nel corso del 2021, un andamento strettamente correlato a quello delle portate dei fiumi dai bacini costieri e in particolare da quello padano.

Delle tre componenti l'azoto nitrico, $N-NO_3$, si conferma essere quello più rappresentativo in tutti i campionamenti (Figura 74) soprattutto in corrispondenza delle concentrazioni più elevate correlate ai periodi di maggior portata dei fiumi.

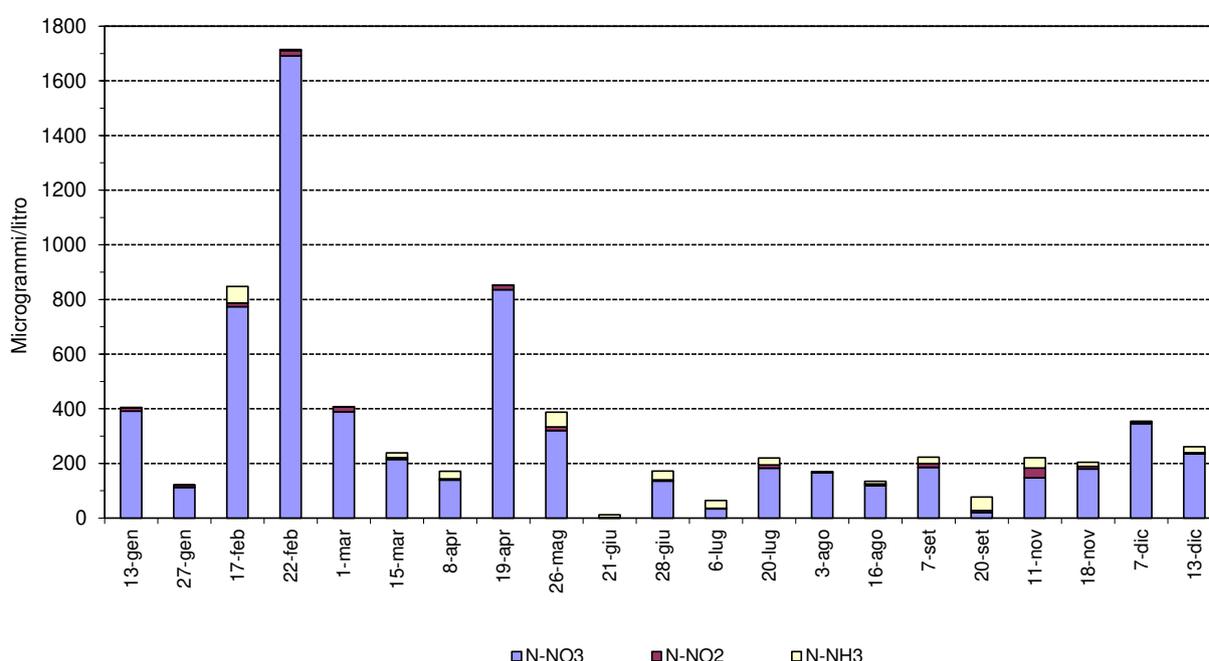


Figura 74 – Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione 2 (Lido di Volano)

L'analisi dei valori medi mensili in tre stazioni, localizzate alla distanza di 3 km dalla costa lungo l'area monitorata, messe a confronto con il valore medio mensile calcolato nel periodo 1993-2002 mostra una generale tendenza alla diminuzione. Questa tendenza rimane più netta nella stazione 319 posizionata più a sud lungo la costa. Nelle stazioni 304 e 314, davanti rispettivamente a Porto Garibaldi e Cesenatico, si rilevano scostamenti positivi rispetto ai valori di riferimento tra febbraio e aprile con il massimo durante il mese di febbraio strettamente correlato al periodo di maggior apporto dai bacini costieri e in particolare da quello padano, nel corso del 2021.

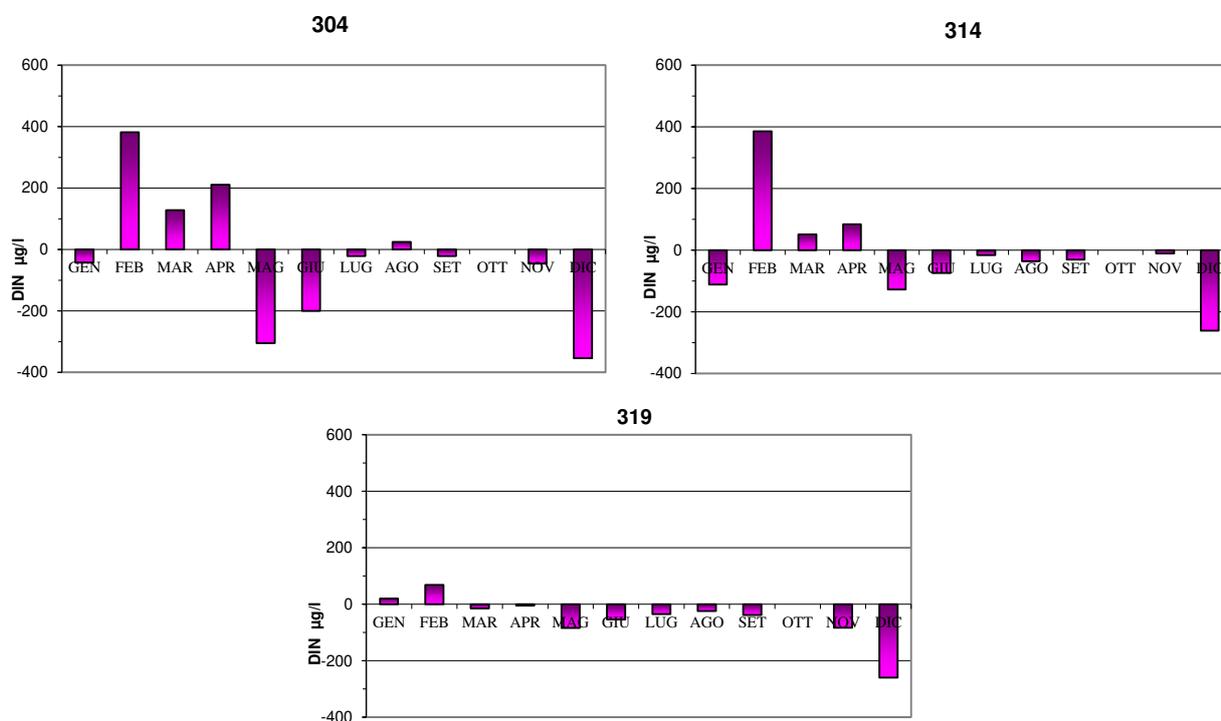


Figura 75 – Variazioni dei valori mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304- Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

In Figura 76 sono rappresentate le medie geometriche annuali nel lungo periodo, 1982-2021 in tre aree lungo la costa rappresentative dell'intera regione: un'area più settentrionale compresa tra Lido di Volano e Porto Garibaldi (stazioni 2, 3 e 4), una centrale tra Milano Marittima-Cervia e Cesenatico (stazioni 12 e 14) ed una più meridionale antistante a Cattolica in due stazioni posizionate a 0.5 e 3 km da costa. Nel grafico le linee tratteggiate indicano le linee di tendenza di tipo lineare che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva del sistema mentre le linee continue consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. Nel 2021, come nel 2020, si osserva una tendenza ad una diminuzione di concentrazione nell'area centrale ed in quella meridionale, mentre nell'area più a nord tendono ad aumentare.

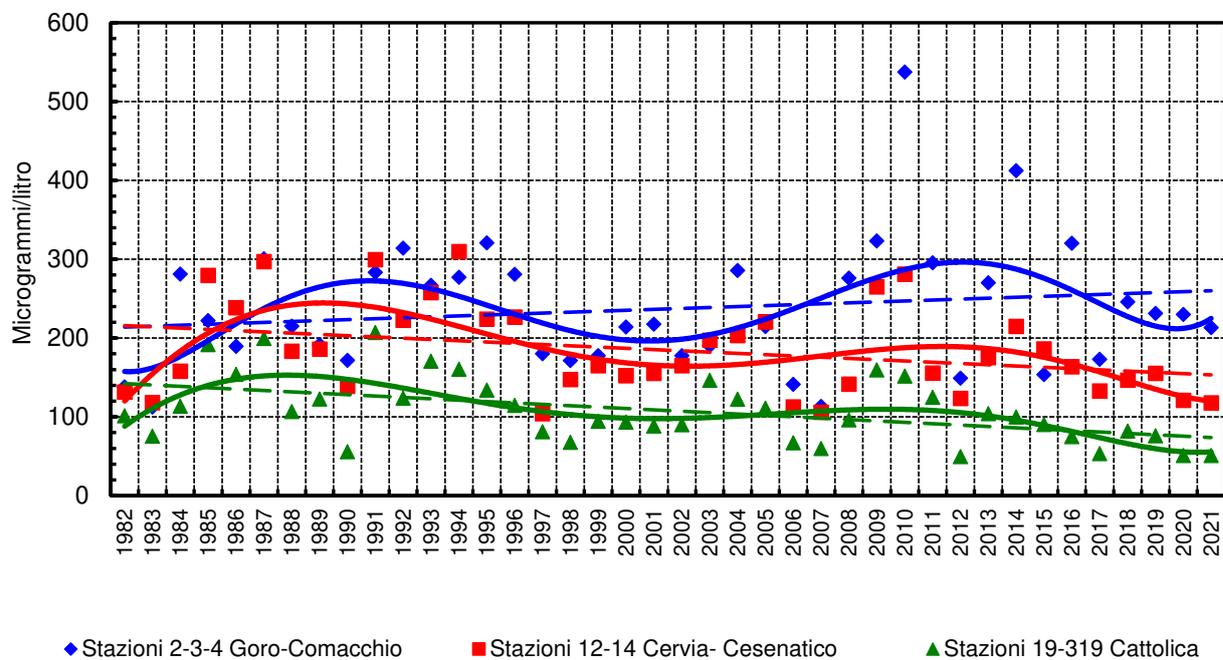


Figura 76 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2021)

4.3.2.e Azoto totale (N tot)

Anche per il 2021 l'elaborazione delle medie annuali dell'azoto totale, come per le altre forme di azoto solubile, evidenzia un gradiente nord sud e costa largo marcato nei transetti posizionati nell'area centro meridionale lungo la costa (Figura 77). Nei transetti più settentrionali il gradiente costa largo rimane più contenuto specialmente davanti a Lido di Volano; in quest'area, come visto per gli altri nutrienti, l'impatto diretto delle acque dolci immesse dal bacino padano influenza da costa al largo tutto l'anno.

Il confronto con i dati medi calcolati nel 2020 nelle stazioni più vicine alla costa, mostra valori più bassi nella stazione 2 (Lido di Volano) nel 2021 rispetto all'anno precedente (796.7 µg/l nel 2020 e 420 µg/l nel 2021) mentre nella stazione 19 (Cattolica) si rileva un aumento nel 2021 (339.5 µg/l nel 2020 e 454.5 µg/l nel 2021).

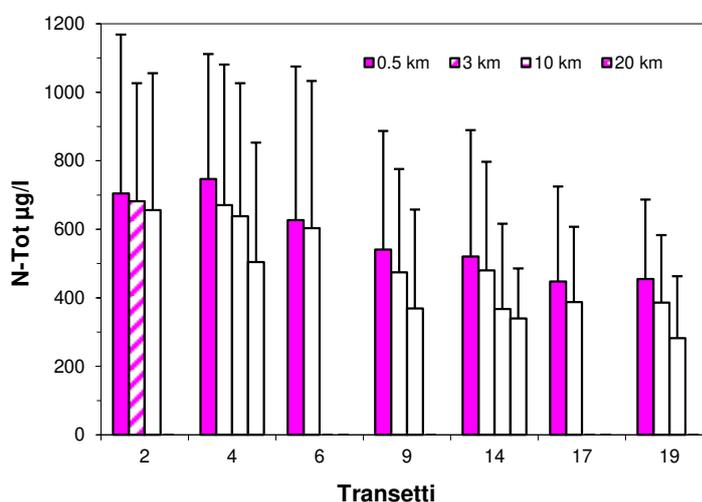


Figura 77 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Anche il confronto delle medie stagionali a 0.5 e 3 km dalla costa mostra una tendenza alla diminuzione nord sud più netta in inverno (Figura 78), stagione dove le concentrazioni di azoto totale sono risultate essere più elevate in tutte le stazioni in concomitanza ad immissioni più abbondanti di acque dolci in ambiente marino, provenienti sia dai bacini costieri che da quello padano.

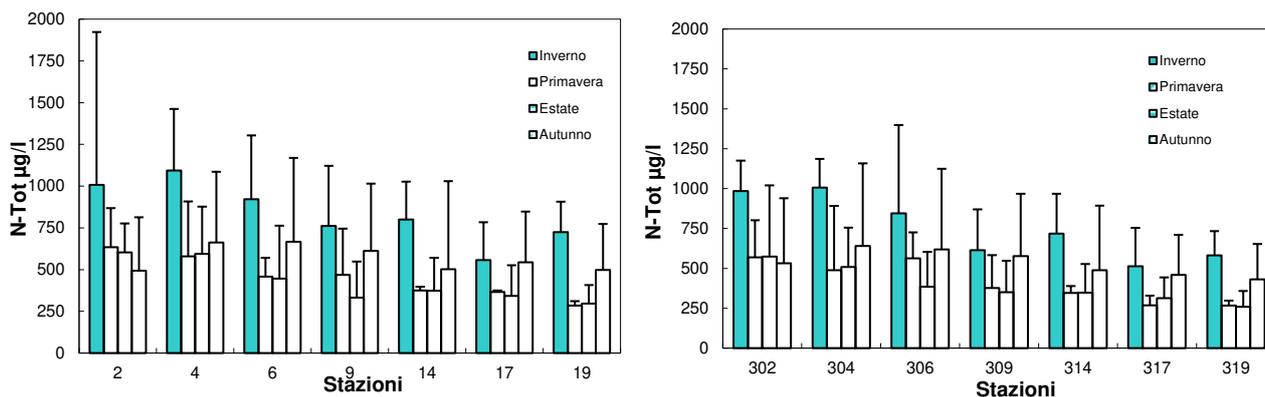


Figura 78 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Il confronto delle medie mensili calcolate nel 2021 nelle stazioni 304, 314 e 319 con i valori medi climatologici di riferimento calcolati nel periodo 1993-2002 (Figura 79) mostrano una tendenza all'aumento da febbraio ad aprile sia a Porto Garibaldi che a Cesenatico mentre a Cattolica valori positivi più evidenti si evidenziano a gennaio. Nella stazione 304 si evidenzia un valore positivo anche ad agosto ed a settembre per la stazione 314.

Valori negativi, rispetto ai valori climatologici di riferimento, si hanno in tutte le stazioni a maggio, giugno e dicembre. Negli altri periodi le concentrazioni si mantengono simili a quelle calcolate nel periodo di riferimento.

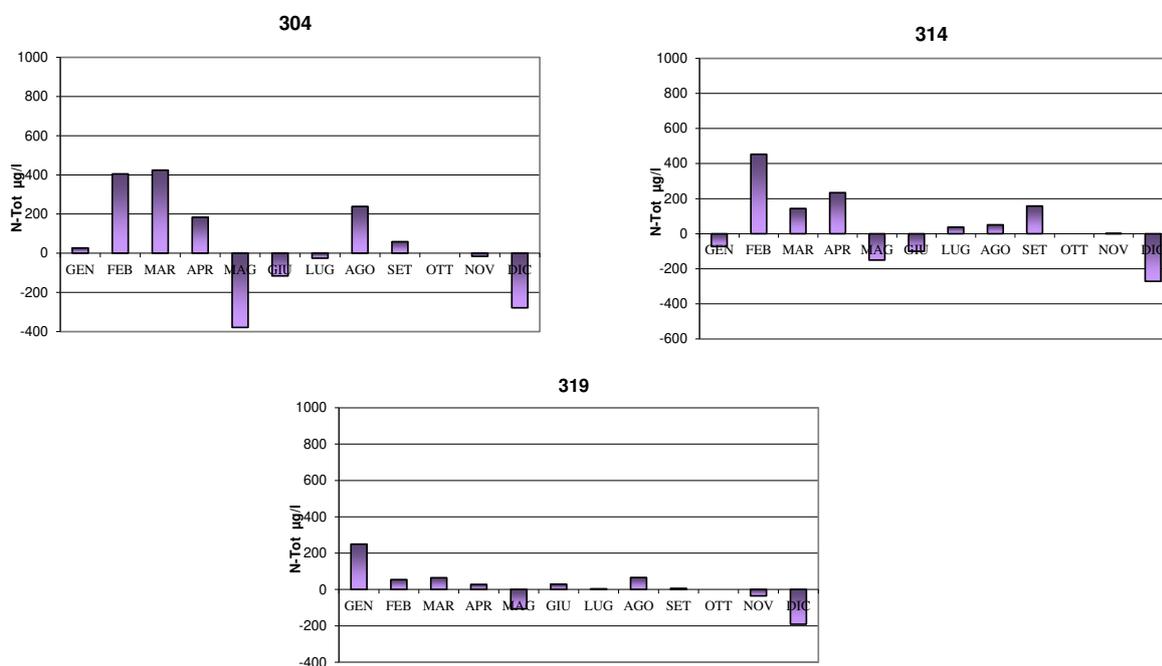


Figura 79 – Variazione dei valori medi mensili dell'azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica)

L'andamento dell'azoto totale nelle due stazioni opposte lungo la costa in Figura 80 conferma concentrazioni più alte e fluttuazioni più ampie in quella posizionata nell'area più settentrionale rispetto a quella meridionale. Il grafico mette in evidenza due picchi uno a Cattolica pari a 2004.4 $\mu\text{g/l}$ registrato durante i primi campionamenti del 2021 e il secondo a Lido di Volano a febbraio, pari a 2080.5 $\mu\text{g/l}$. Durante i controlli di febbraio si sono registrate le concentrazioni più elevate del 2021 in molte stazioni in particolare in quelle localizzate nell'area a nord della costa. I valori più alti pari a circa 2141 $\mu\text{g/l}$ si sono misurati il 22 febbraio nella stazione 4 a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi e nella 302, a 3 km davanti a Lido di Volano.

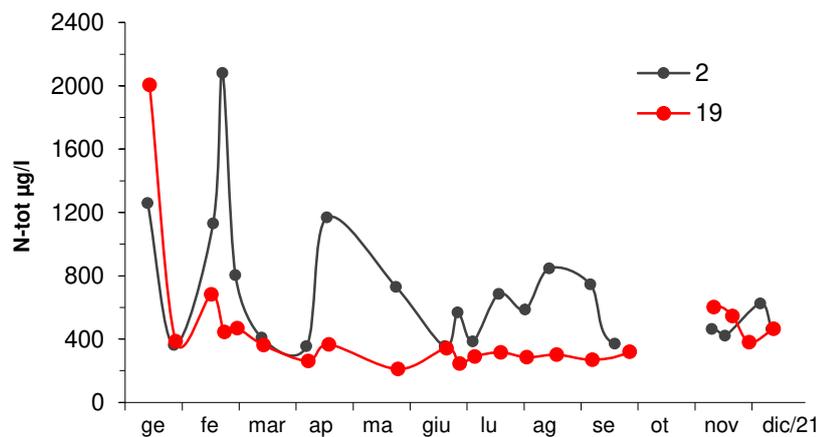


Figura 80 – Andamento temporale dell'azoto totale in superficie nelle stazioni a 0.5 km antistanti Lido di Volano e Cattolica

L'andamento dell'azoto totale analizzato nelle stazioni posizionate lungo il transetto di Porto Garibaldi sia in superficie che sul fondo conferma fluttuazioni più ampie e variabilità maggiori nelle acque dei primi metri della colonna rispetto a quelle prossime al fondo (Figura 81). Sul fondo le concentrazioni rimangono più contenute e lineari a conferma di una maggior stabilità delle masse d'acque negli ultimi strati della colonna d'acqua.

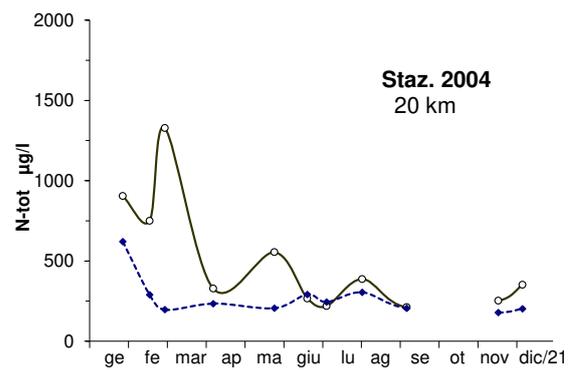
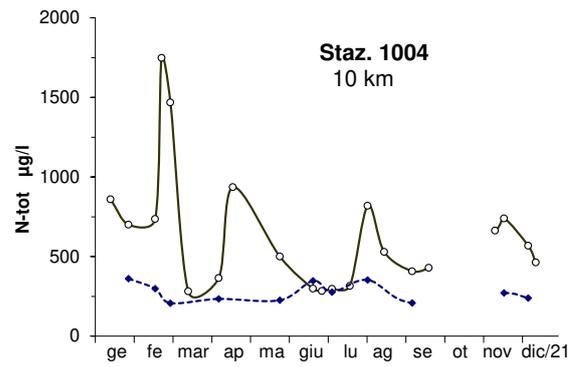
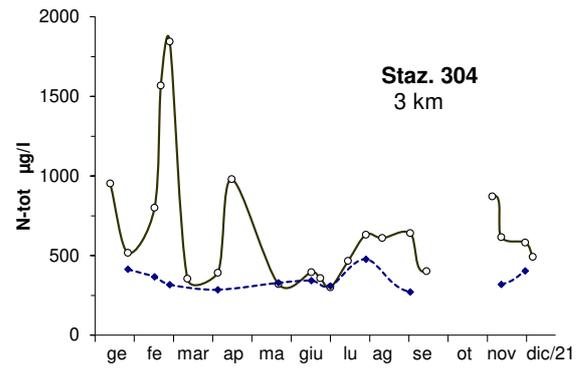


Figura 81 – Andamenti temporali dell’azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

4.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

L'andamento medio annuale del fosforo reattivo nel 2021 conferma, come anche per gli altri nutrienti, una tendenza alla diminuzione in direzione nord sud e costa largo (Figura 82). Il grafico mostra il valore medio più elevato nella stazione 6 a 0.5 km in quanto, proprio a Casalborsetti, durante i controlli del 26 maggio si è misurata la concentrazione puntuale più elevata del 2021 pari a 50 µg/l di molto superiore ai massimi misurati in tutte le altre stazioni che ha contribuito ad elevare la media annua. Il valore medio nella stazione 6 calcolato nel 2021 si è attestato intorno a 6.02 µg/l di poco inferiore al dato calcolato nel 2020 (6.64 µg/l).

Il confronto con i dati del 2020 evidenzia una diminuzione delle concentrazioni medie in tutte le stazioni in particolare in quelle più settentrionali davanti a Lido di Volano, sia in costa che al largo (stazione 1002 con 7.64 µg/l nel 2020 e 3.79 µg/l nel 2021).

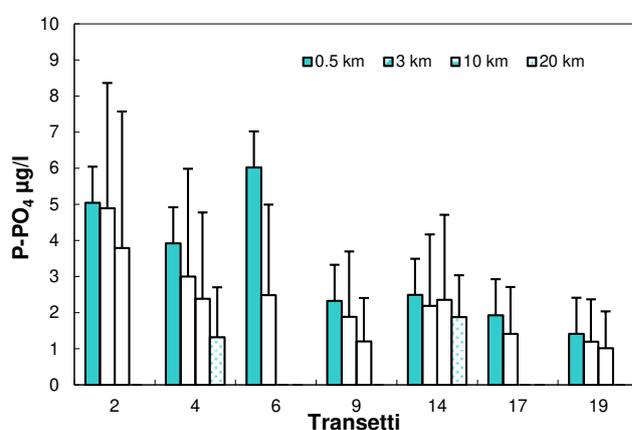


Figura 82 - Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

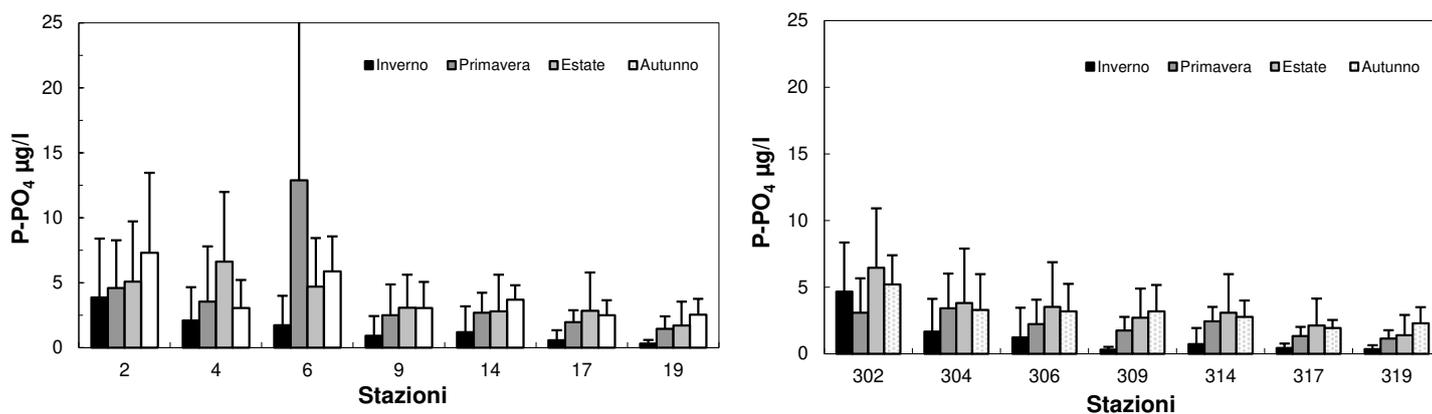


Figura 83 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Analizzando l'andamento temporale del fosforo reattivo nelle due stazioni a 0.5 km dalla costa opposte tra loro in direzione nord sud si conferma una maggior variabilità con fluttuazioni più ampie del parametro durante l'anno a Lido di Volano (stazione 2) a confronto con Cattolica (stazione 19) (Figura 84).

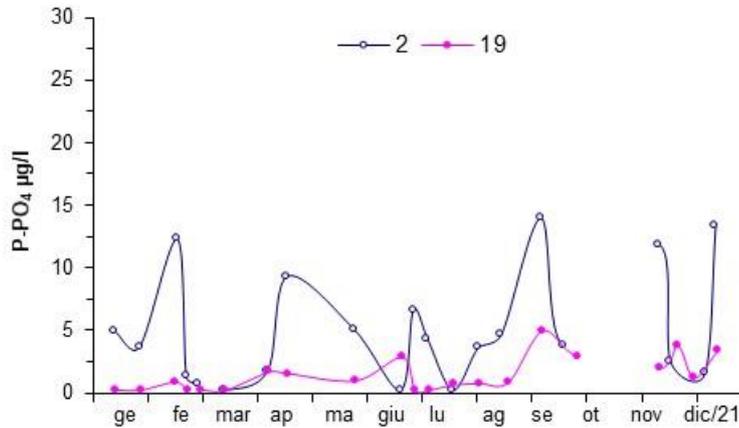


Figura 84 - Andamento temporale del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni a 0.5 km antistanti Lido di Volano e Cattolica

Se si valutano le medie stagionali, si può affermare che il fosforo reattivo si è mantenuto in generale più basso in inverno rispetto agli altri periodi dell'anno. L'andamento a 3 km è molto simile lungo tutta la costa mentre mostra una maggior variabilità nelle stazioni più vicine alla costa (Figura 83). Nelle stazioni localizzate nell'area più settentrionale le medie annuali sono più alte rispetto alle altre stazioni. La Figura 85 mette a confronto le medie mensili del fosforo reattivo calcolate nel 2021 con le medie climatologiche di riferimento calcolato su un lungo periodo 1993-2002 in tre stazioni posizionate alla distanza di 3 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica; da queste elaborazioni si rileva una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni del parametro durante tutto l'anno più marcato nei primi due mesi del 2021 e negli ultimi due. Valori positivi si evidenziano a maggio e settembre a Porto Garibaldi mentre nella stazione 314 solo a settembre.

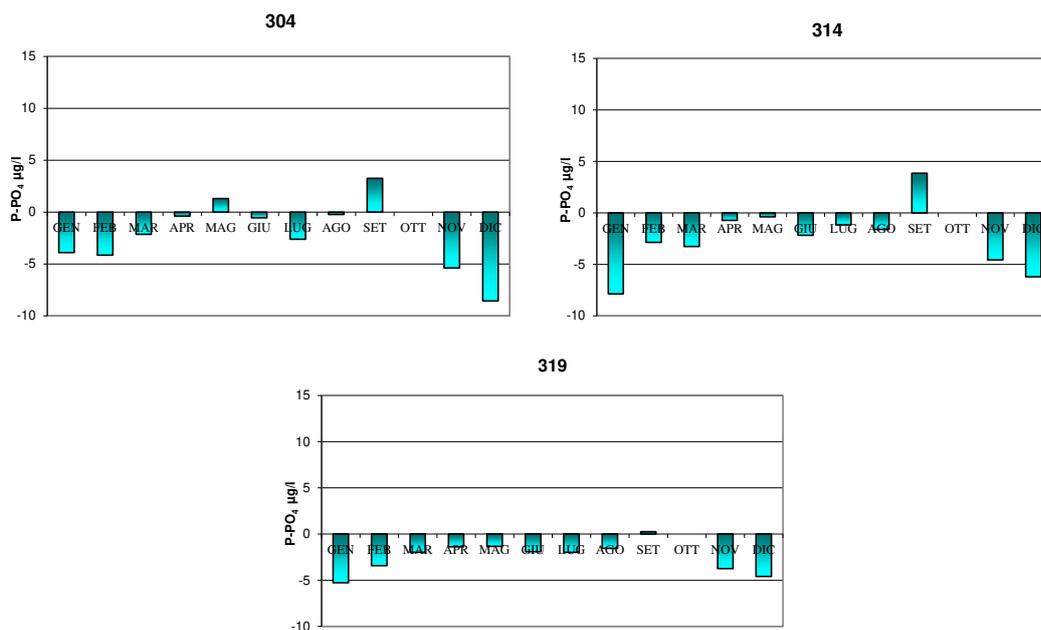


Figura 85 – Variazione dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica)

Gli andamenti temporali rappresentati in Figura 86 mostrano il comportamento del fosforo reattivo in superficie e sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi. Ancora una volta fluttuazioni più ampie si osservano nelle acque di superficie rispetto a quelle di fondo in alcuni momenti anche nelle stazioni più al largo. L'andamento del parametro nelle acque di fondo rimane più lineare e con valori inferiori a quelli di superficie ad eccezione di alcuni periodi dove le concentrazioni misurate sul fondo sono risultate maggiori, come ad esempio nella stazione 1004 durante i campionamenti del 26 maggio il fosforo reattivo negli ultimi strati della colonna misurava 8.22 µg/l.

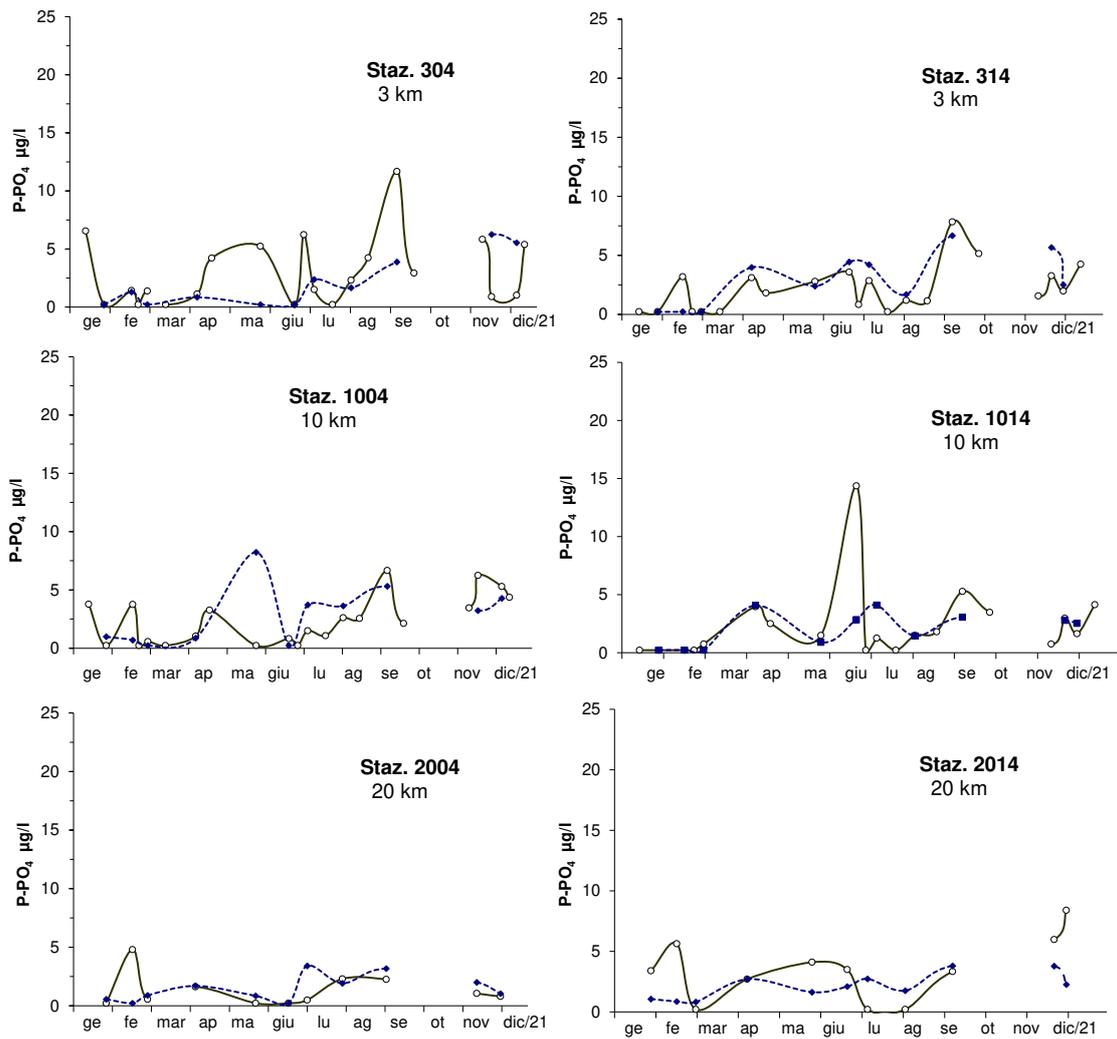


Figura 86 - Andamenti temporali del fosforo reattivo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

Il grafico di Figura 87 mostra il trend evolutivo dell'ortosolfato in tre aree rappresentative della fascia costiera dell'Emilia Romagna. Le linee tratteggiate mostrano l'evoluzione complessiva del sistema evidenziando una tendenza negativa con concentrazioni in diminuzione in tutte le aree.

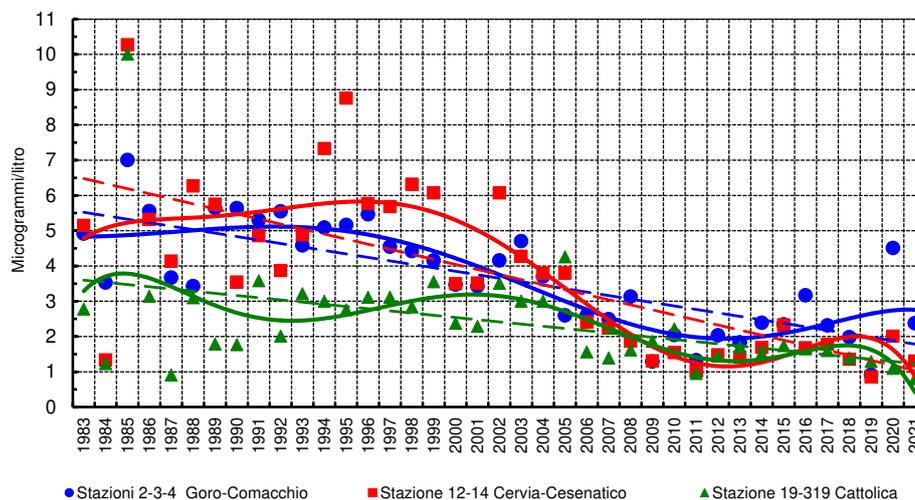


Figura 87 – Medie geometriche annuali per il trend evolutivo del fosforo reattivo in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2021)

4.3.2.g Fosforo totale (P tot)

Anche nel 2021 le medie annuali del fosforo totale, nelle acque marine di superficie, confermano un trend in diminuzione nord sud e costa largo. Il confronto con il 2020 rileva un aumento delle concentrazioni in quasi tutte le stazioni costiere più evidente a Cattolica (19) dove la media annuale nel 2021 è stata di 19.6 µg/l contro i 8.9 µg/l dell'anno precedente. Fa eccezione Lido di Volano, stazione 2, dove nel 2021 i valori medi sono risultati essere più bassi (25.79 µg/l valore medio del 2021 contro i 34.5 µg/l del 2020).

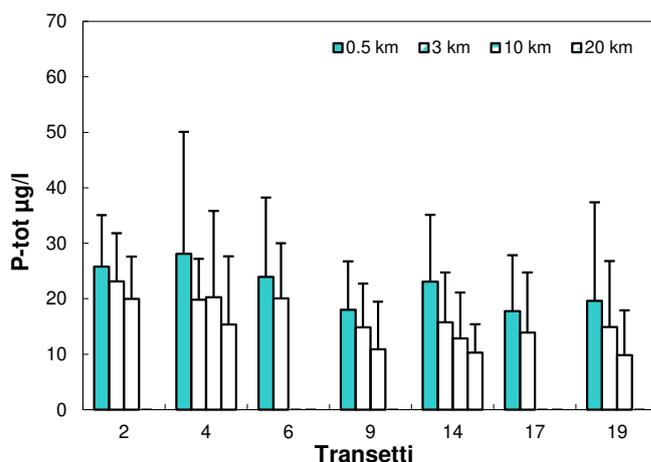


Figura 88 - Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

La concentrazione più alta di fosforo totale misurata durante l'anno è stata pari a 105 µg/l durante i controlli del 22 febbraio nella stazione 4 a 0.5 km di distanza dalla costa. Analizzando il parametro durante l'anno, nelle stazioni 2 e 19 posizionate lungo la costa una nella parte più a nord e l'altra in quella più a sud si conferma un andamento variabile in tutte le stazioni (Figura 89) con valori più elevati a Lido di Volano anche se a Cattolica si evidenziano i picchi più alti durante i controlli di gennaio (77.8 µg/l) e dicembre (60 µg/l).

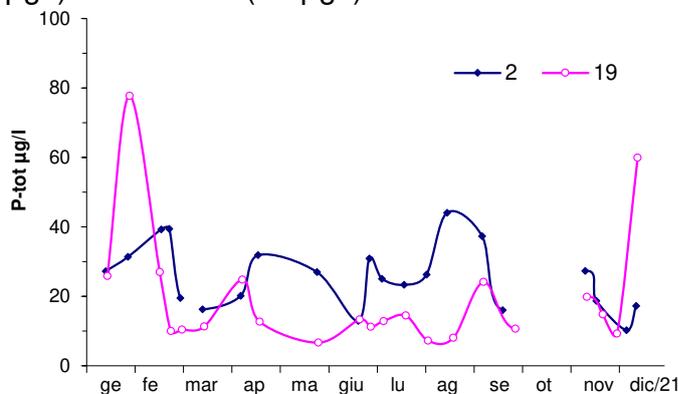


Figura 89 - Andamento temporale del fosforo totale in superficie nelle stazioni a 0.5 km antistanti Lido di Volano e Cattolica

L'elaborazione dei dati stagionali nelle stazioni vicine alla costa mostrano valori di fosforo totale più elevati durante la stagione invernale mentre nelle altre stagioni si evidenzia una certa variabilità (Figura 90). A Cattolica i valori si mantengono bassi in primavera ed estate e ritornano ad aumentare in autunno. I valori medi più alti nel 2021 si sono riscontrati nelle stazioni 4 e 6 davanti a Porto Garibaldi e Cattolica.

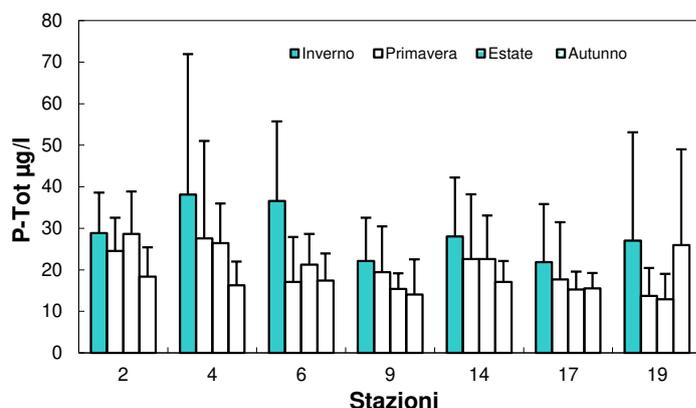


Figura 90 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

Le medie mensili del fosforo totale calcolate in tre stazioni lungo la costa alla distanza di 3 km, confrontate con la media climatologica calcolata su un dataset di lungo periodo (1983-2002) evidenzia in generale valori negativi in tutte le stazioni in molti momenti dell'anno. Valori positivi rispetto ai valori di riferimento si evidenziano in particolare nella stazione 314 (Cesenatico) a febbraio e aprile e nella stazione 319 a dicembre.

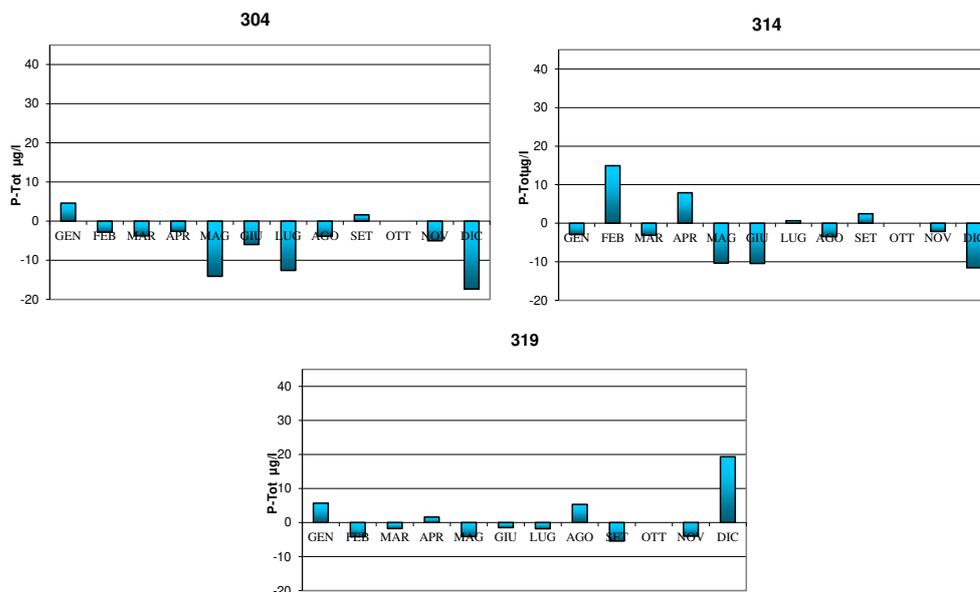


Figura 91 - Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica)

Lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico l'andamento del fosforo totale ha mostrato una variabilità maggiore e fluttuazioni più nette nelle acque di superficie rispetto a quelle di fondo (Figura 90). I valori negli ultimi strati della colonna d'acqua tendono a rimanere più bassi e più lineari ad eccezione di alcuni campionamenti dove le concentrazioni più elevate del parametro si sono registrate sul fondo in particolare nelle stazioni lungo il transetto di Cesenatico.

Gli istogrammi di Figura 94 mostrano i valori di fosforo totale a confronto con quello reattivo misurati durante il 2021 nella stazione 2 a Lido di Volano evidenziando la dominanza della prima componente in tutti i campionamenti eseguiti. Il fosforo reattivo è una componente immediatamente assimilabile alla biomassa fitoplanctonica presente in ambiente marino e per questo a volte è difficile da determinare.

L'analisi della tendenza del fosforo totale elaborata in Figura 93 in tre aree prese di riferimento lungo la costa mantiene il trend negativo evidenziato anche nel 2020 anche se i valori medi nelle due aree centro meridionali risultano più alte.

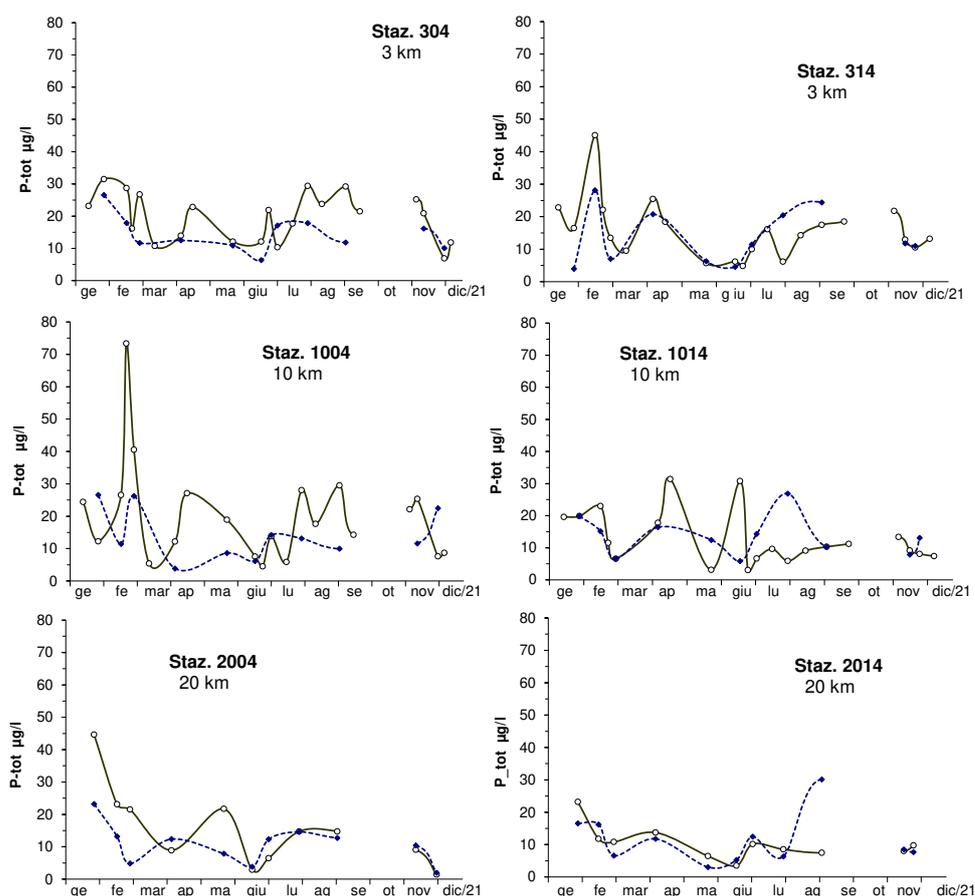


Figura 92 - Andamenti temporali del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

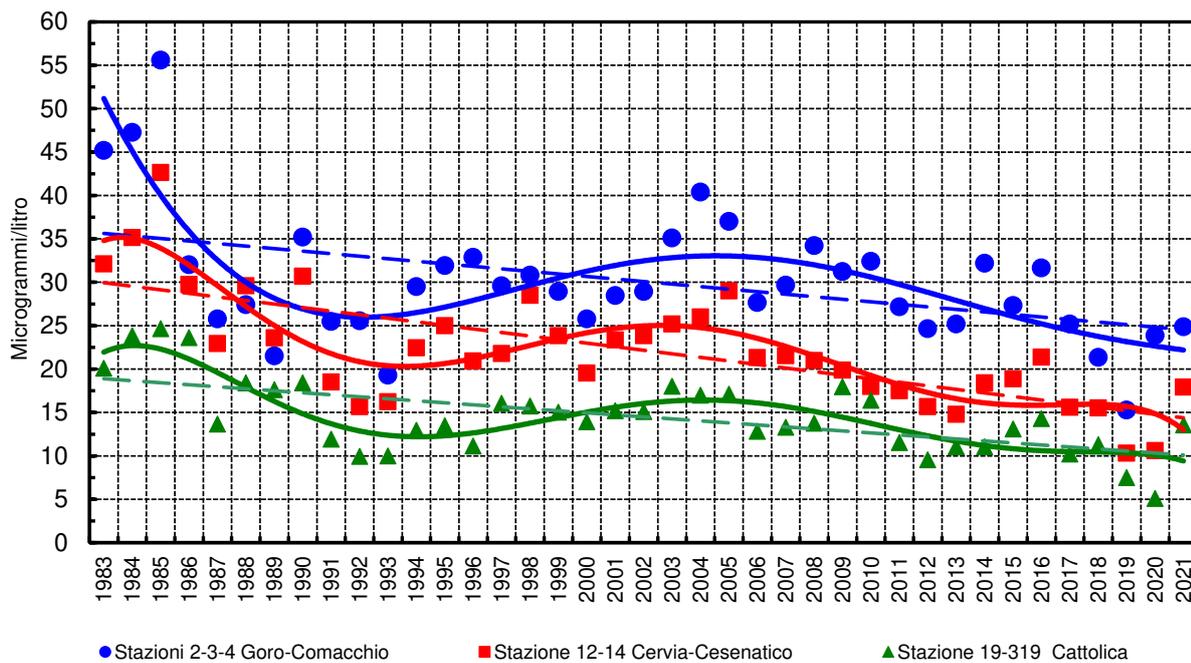


Figura 93 - Medie geometriche annuali per il trend evolutivo del fosforo totale in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2021)

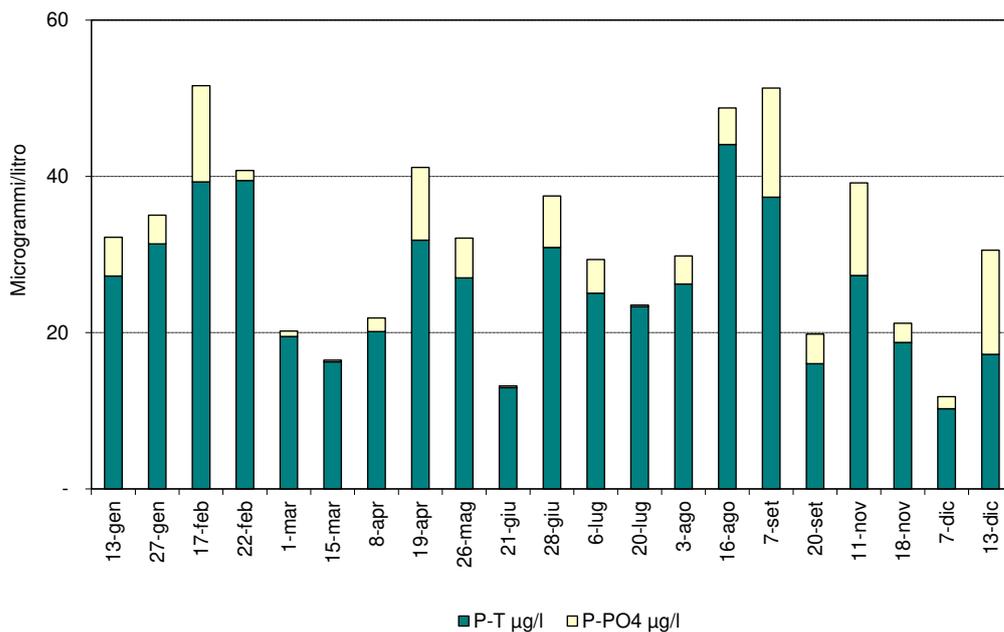


Figura 94 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali di fosforo totale e reattivo nella stazione 2 (Lido di Volano)

4.3.2.h Silice reattiva (Si-SiO₂)

Anche per i valori medi di silice calcolati nel 2021 nelle acque di superficie, si conferma una tendenza negativa in direzione nord sud lungo l'area controllata e costa largo. Fanno eccezione le stazioni lungo il transetto di Lido di Volano che mostrano valori medi molto simili e più elevati rispetto alle altre stazioni considerate (Figura 95).

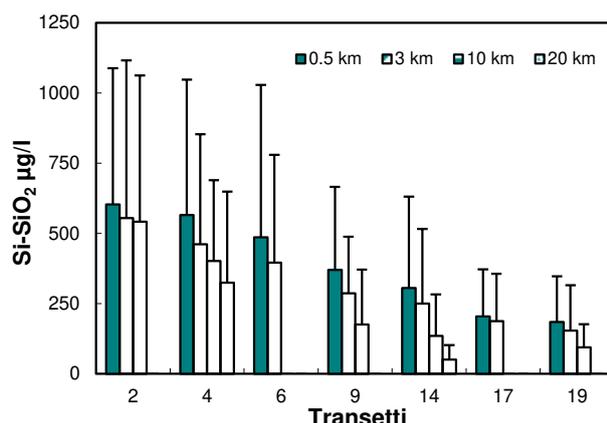


Figura 95 - Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Anche l'elaborazione dei dati per stagioni nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa (Figura 96) conferma un trend nord sud con valori più elevati comunque in inverno ed autunno rispetto alla primavera ed estate quando l'apporto di acque dolci dai fiumi in mare è minore.

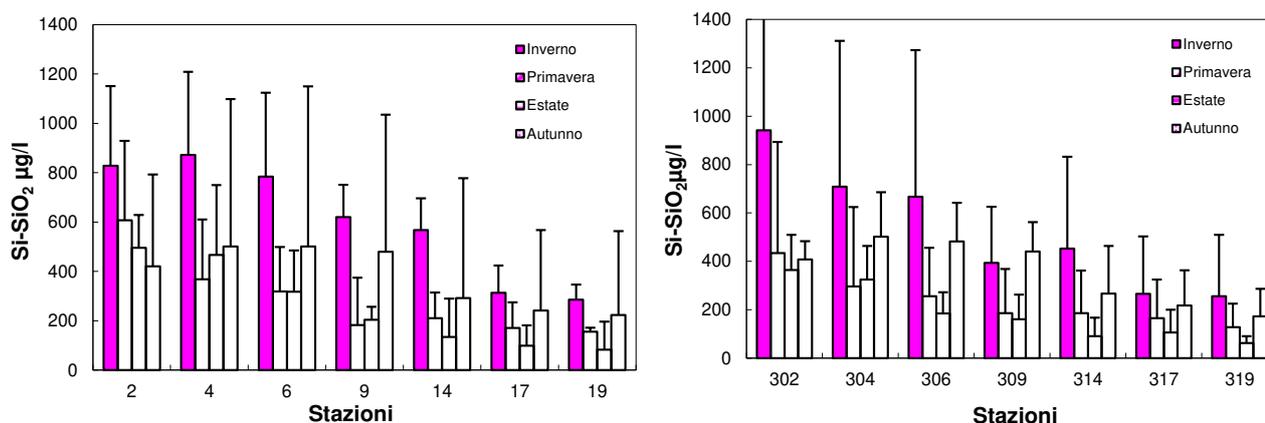


Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le mappe di Figura 97 fotografano la distribuzione della silice reattiva in superficie come medie stagionali calcolate nel 2021 lungo tutta costa fino a 10 km al largo confermando valori più elevati in inverno e autunno e nell'area più settentrionale rispetto a quella meridionale.

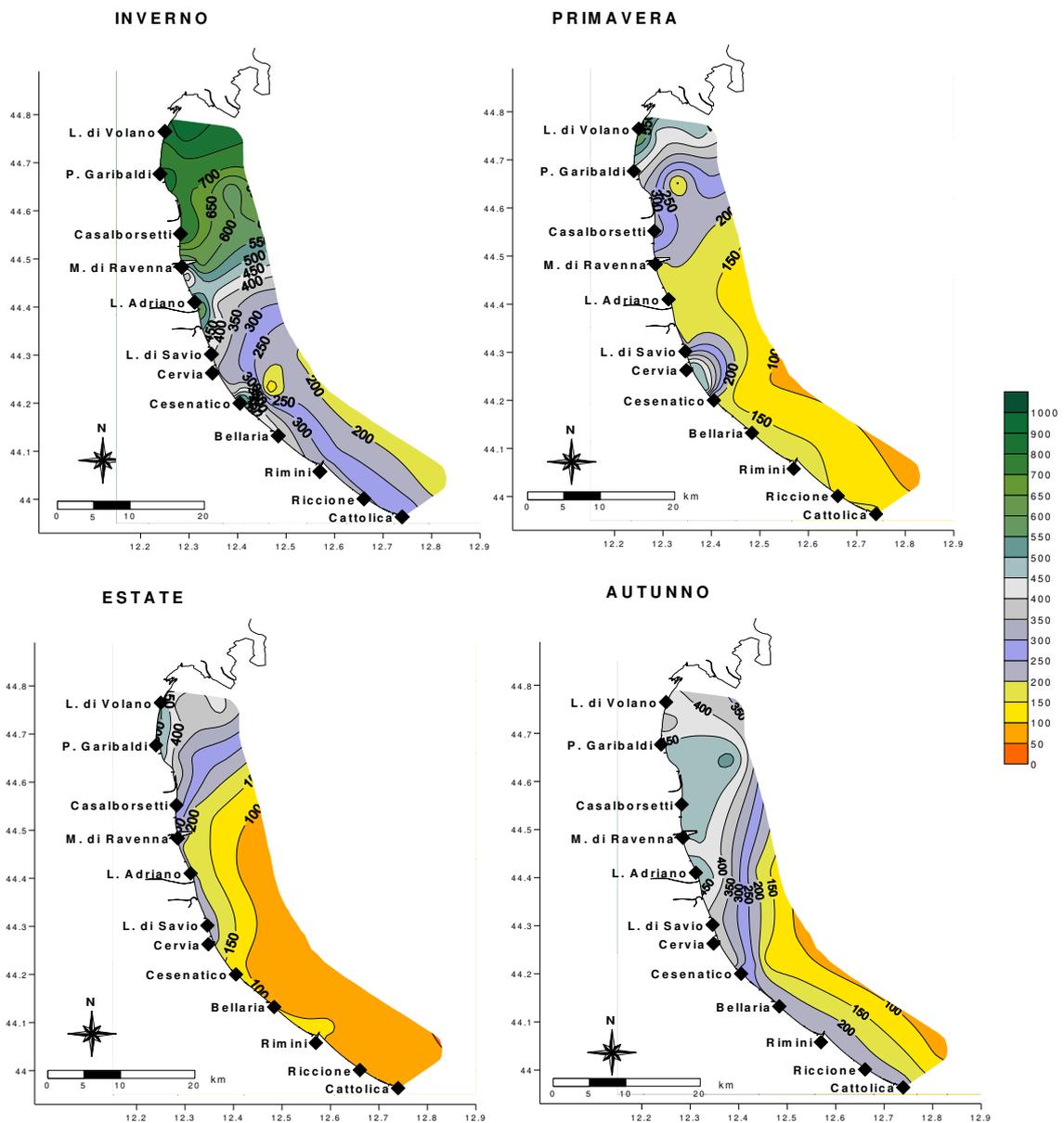


Figura 97 – Mappe di distribuzione della silice reattiva ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa fino a 10 km al largo (medie stagionali)

La rappresentazione, in Figura 98, degli andamenti della silice reattiva in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Cattolica, mette in evidenza concentrazioni simili lungo i transetti ma valori maggiori e con fluttuazioni più ampie nelle stazioni settentrionali (2-302) rispetto a quelle meridionali (19-319).

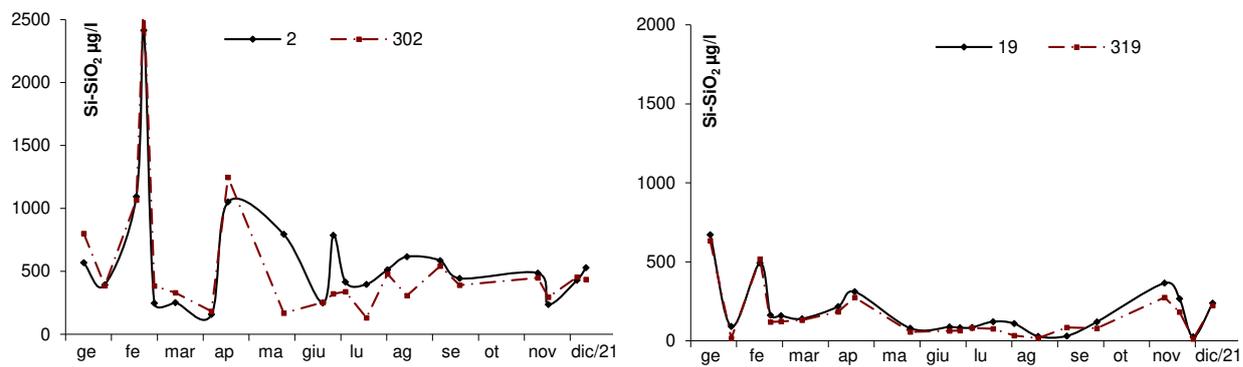


Figura 98 –Andamenti temporali della silice reattiva (µg/l) in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa antistante Lido di Volano e Cattolica

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 2021 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 anche in altri anni qualche eccezione a questa condizione si rileva durante la stagione estiva.

La distribuzione del rapporto N/P elaborato in alcune stazioni campione posizionate in un'area più settentrionale (Lido di Volano, stazioni 2-302), in una centrale (Cesenatico, stazioni 14-314) e una meridionale (Cattolica, stazioni 19-319) conferma un'elevata variabilità e valori più bassi durante i mesi più caldi più accentuata nelle stazioni a 3 km dalla costa (Figura 99).

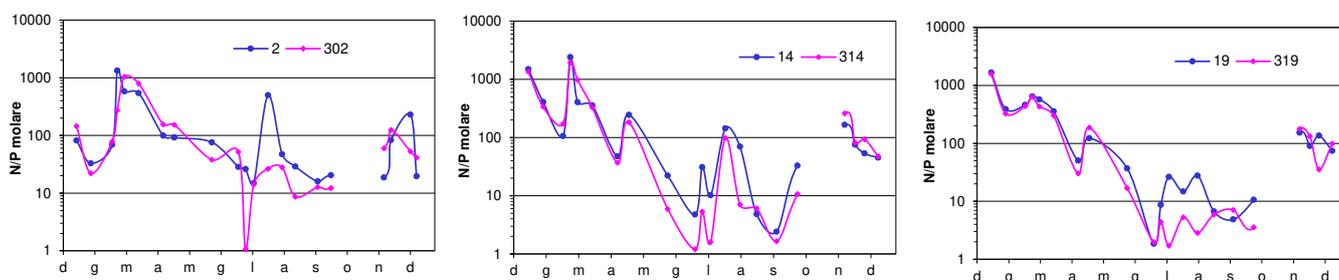


Figura 99 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per il rapporto N/P si è rappresentato il trend evolutivo considerando la media geometrica in tre aree considerate le più rappresentative lungo la costa. Il confronto con l'anno precedente evidenzia una stabilità nelle due aree centro settentrionale mentre registra un lieve aumento in quella più meridionale (Figura 100).

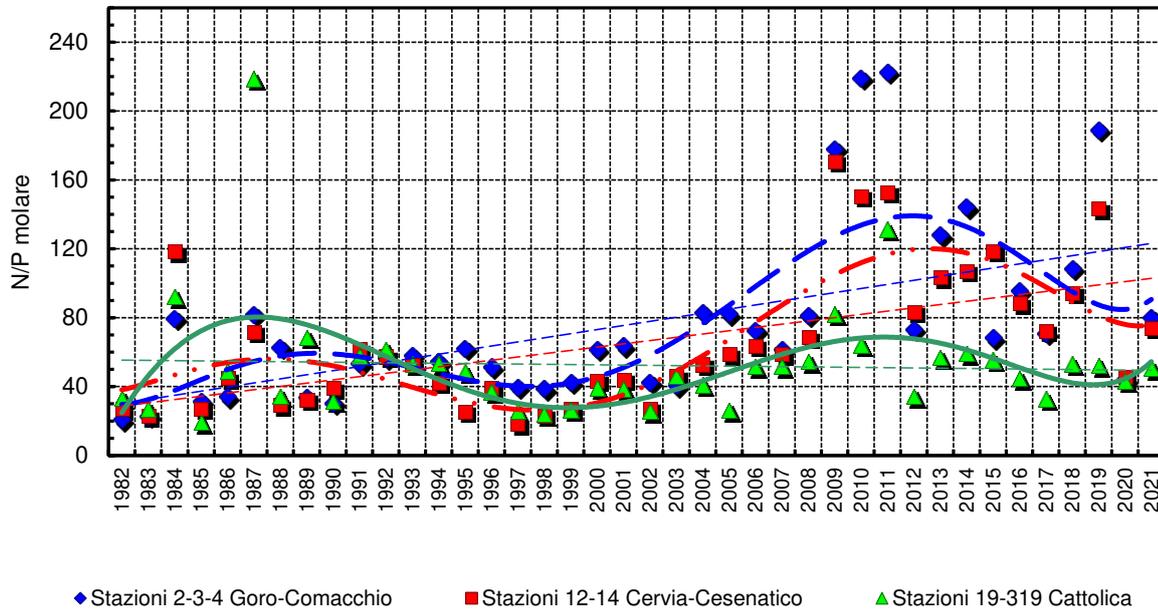


Figura 100 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2021)

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 limiti di classe) a supporto nella classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere. In base ai valori medi annui sono stati indicati i limiti di classe tra lo stato "Buono" e quello "Sufficiente" per ciascuno dei macrotipi individuati su base idrologica. Per il macrotipo "Alta stabilità" (in cui ricade l'area emiliano romagnola) il limite di classe TRIX, tra lo stato "Buono" e quello "Sufficiente", è 5.0.

L'andamento medio del TRIX nel 2021 mostra per le stazioni a 0.5 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 101) da Lido di Volano a Rimini (0.5 km). Nelle due stazioni davanti a Cattolica e a 3 km davanti a Rimini i valori medi rimangono inferiori a 5 attestando una qualità ambientale migliore.

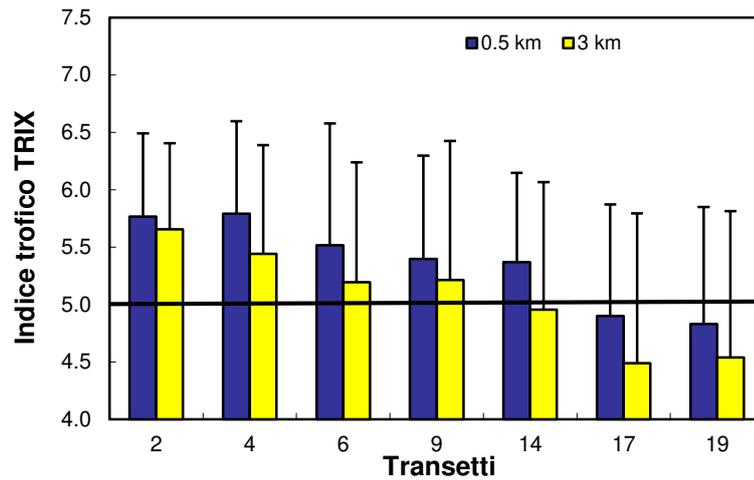


Figura 101 – Medie annuali del TRIX nel 2021 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, (Figura 102) nel 2021 sia il corpo idrico CD1 sia il corpo idrico CD2 presentano uno stato ambientale “Sufficiente” con valore TRIX superiore al limite di riferimento 5, anche se di poco, pari rispettivamente 5.56 nel CD1 e 5.01 nel CD2. Il confronto con i valori del 2020 evidenziano una tendenza al decremento in entrambi i corpi idrici.

Lo stato trofico “Sufficiente” caratterizza ambienti con acque molto produttive e livelli di eutrofia elevati, scarsa trasparenza ed ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono innescare stati di sofferenza nel comparto bentonico.

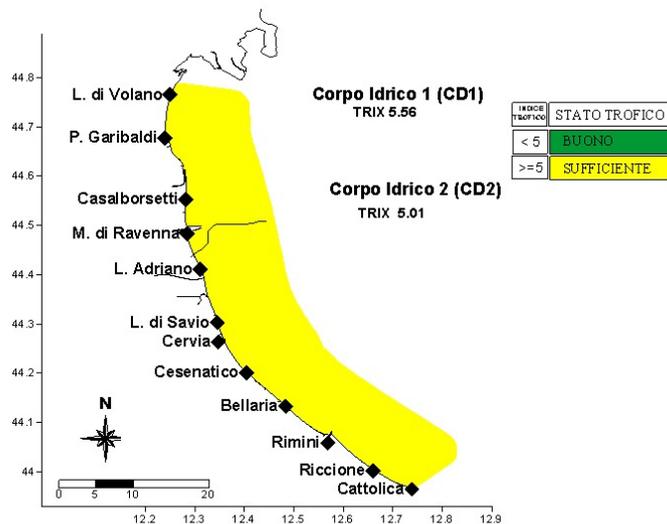


Figura 102 – Valori medi annuali 2020 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell’Indice Trofico nel periodo 2007-2021 (Figura 103) si osserva una diminuzione del TRIX nelle due stazioni 4 (Porto Garibaldi) e 19 (Cattolica) rispetto ai dati calcolati nel 2021, mentre si rileva un incremento nella stazione 14 davanti a Cesenatico (Figura 103).

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 e in estate invece solo l’area più settentrionale rimane in classe “Sufficiente” mentre nelle restanti aree i valori medi attestano una “Buona” condizione della qualità ambientale dell’ecosistema costiero (Figura 104).

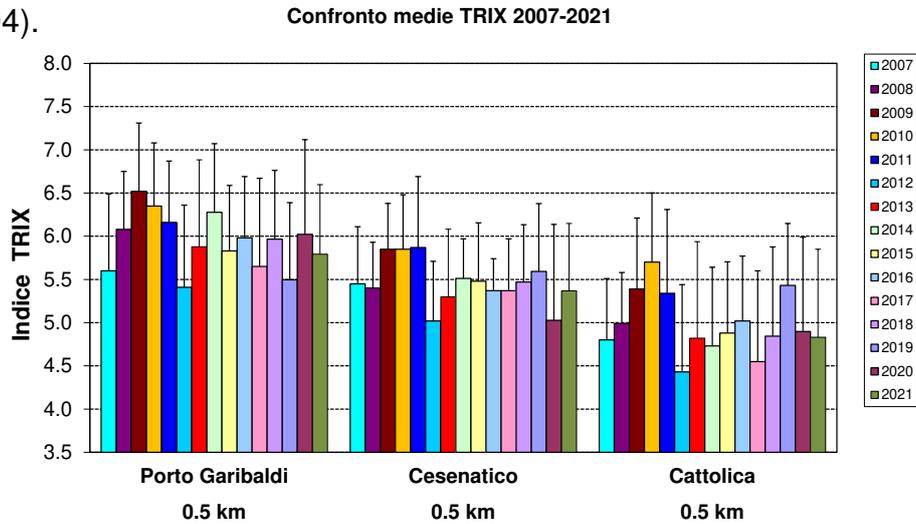


Figura 103 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2007 al 2021 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

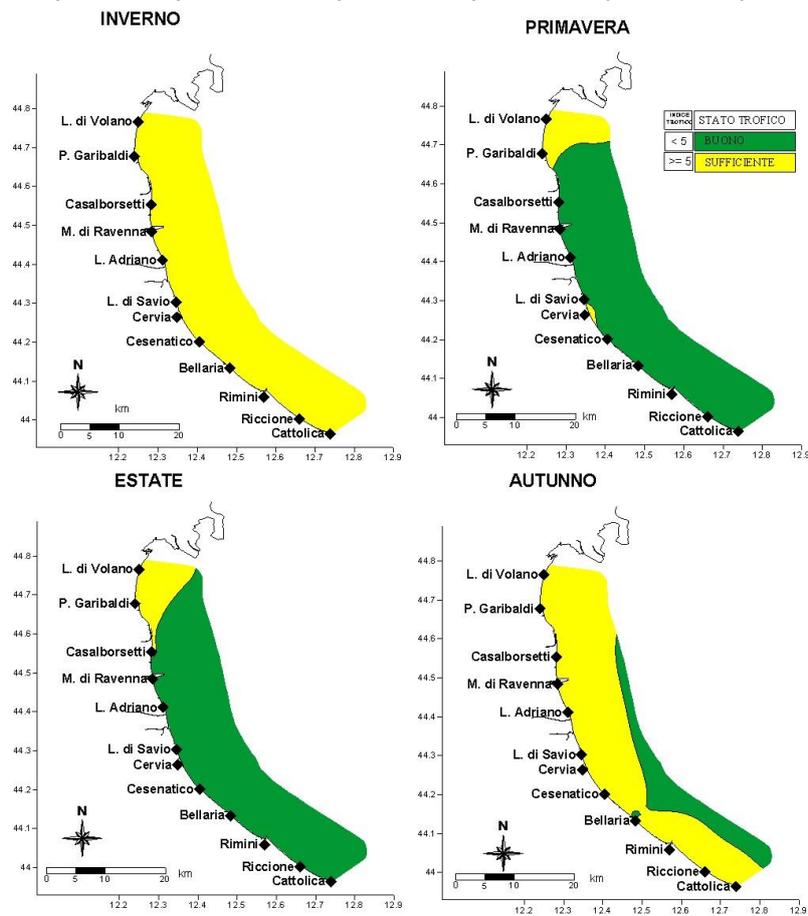


Figura 104 – Mappe di distribuzione dell’Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

4.4.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In Figura 105 sono riportati gli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX nella stazione settentrionale (4) a confronto con quella meridionale (19).

In generale valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX superiori a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a". Questo si evidenzia nei grafici sia nella stazione 4 sia nella stazione 19 dove ad alti valori di TRIX corrispondono valori più bassi di TRBIX.

Nel corso del 2021 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.

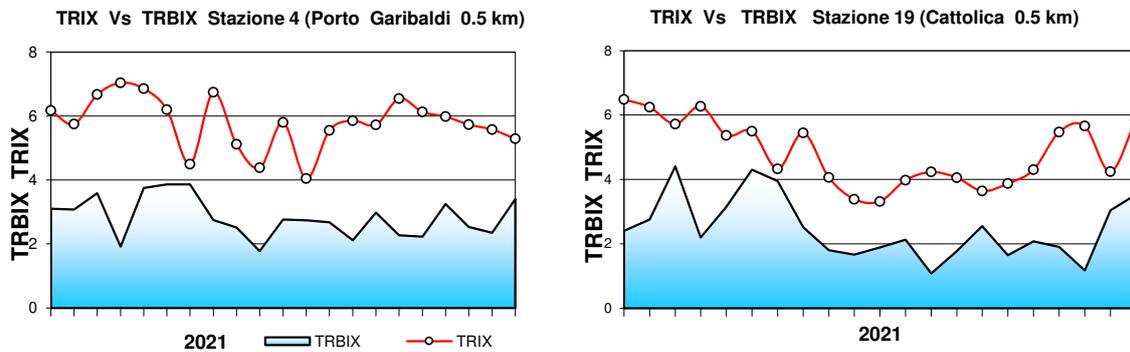
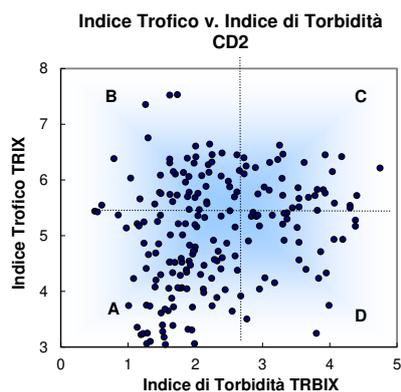
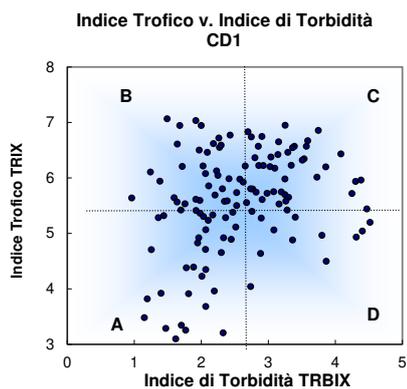


Figura 105 – Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 106 attraverso l'utilizzo di uno scatter plot calcolato utilizzando i dati del TRIX verso il TRBIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km all'interno del CD1 e del CD2; il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di TRIX e TRBIX rispettivamente.

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

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra che per il CD1, quindi nell'area compresa da Lido di Volano a Casalborgorsetti, la maggior parte dei valori si distribuisce nel quadrante C che identifica, in termini di TRBIX, acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; i restanti punti si dispongono nei quadranti B 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 106 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBIX 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 2021 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 di dati raccolti durante l'anno di monitoraggio operativo 2021 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 5 km). Nella Tabella 3 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento ed in Figura 107 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio programmata per il triennio 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

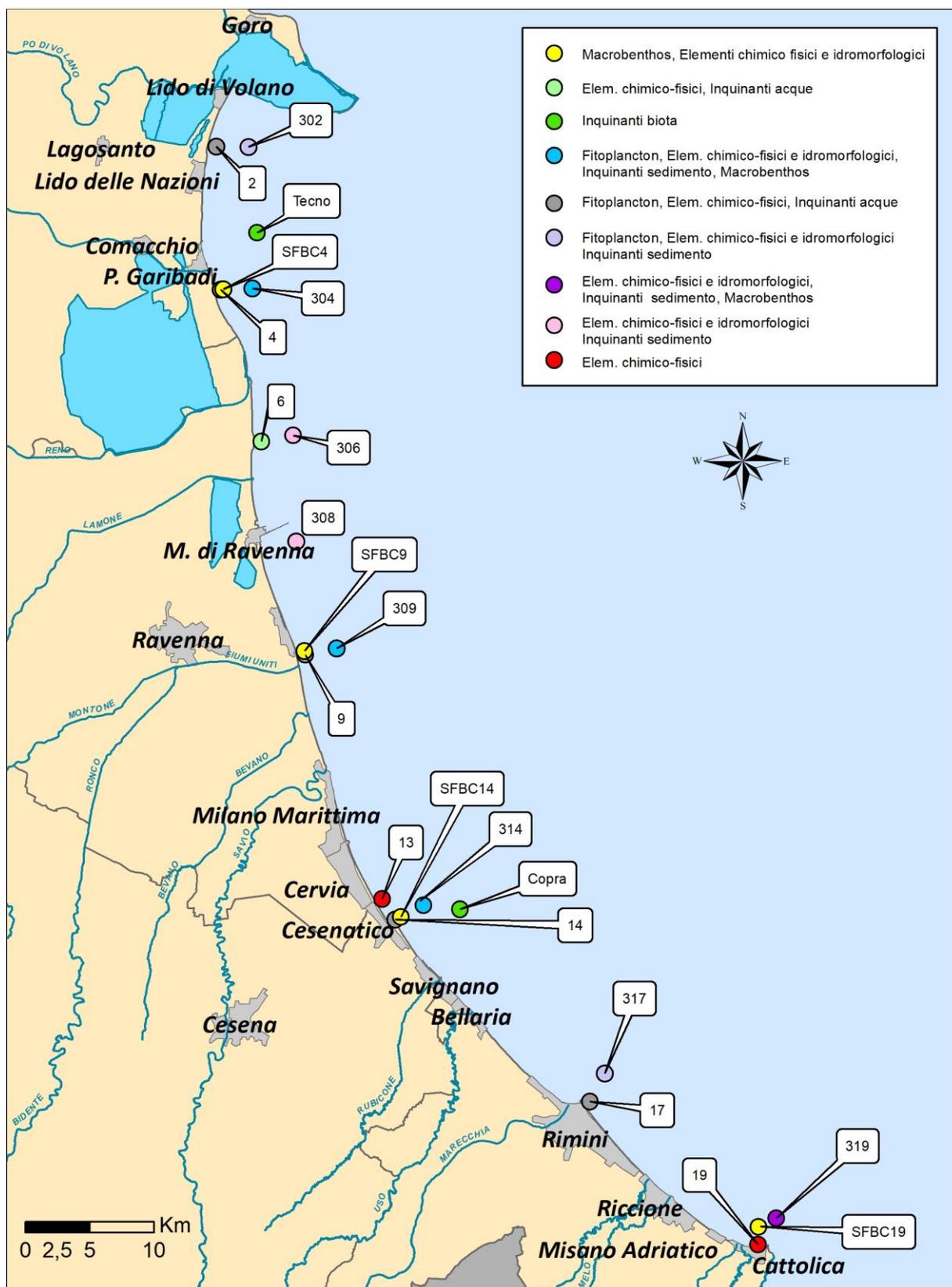


Figura 107 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06

Tabella 4 – Rappresentazione schematica dell’attività di monitoraggio operativo programmata ai sensi del D.Lgs. 152/06, D.M. 260/10 e D.Lgs. 172/15: triennio 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 riva. 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 (phylum Bacillariophyta) e Dinoficee (phylum Miozoa), 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 75% della biomassa del micro-fitoplancton in entrambi i corpi idrici. L'andamento annuale di questo gruppo nelle stazioni sottocosta (Figura 108) mostra abbondanze elevate in inverno (febbraio-marzo) in entrambi i corpi idrici, dovute alle fioriture tipiche del periodo in particolare di *Skeletonema* sp. Seguono fioriture tardo primaverili nel mese di Giugno nelle stazioni 2, 9 e 14 caratterizzate principalmente da specie del genere *Chaetoceros* spp., Quest'ultimo genere presenta abbondanze elevate anche nel mese di settembre. In entrambi i corpi idrici sono evidenti fluttuazioni stagionali di abbondanza, più marcate nel CD2.

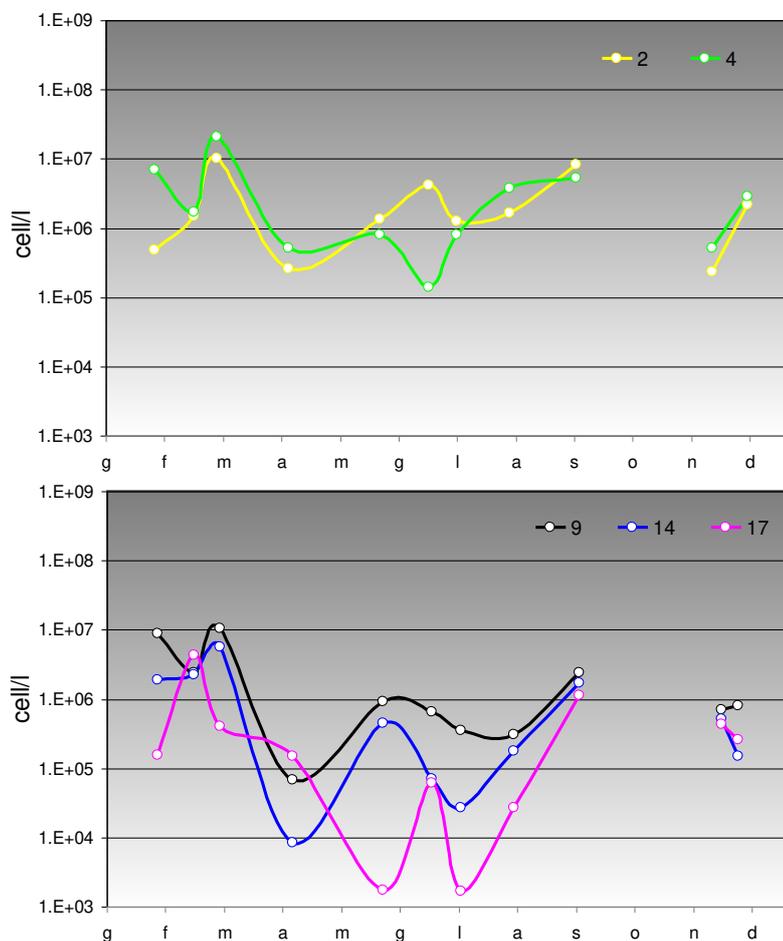


Figura 108 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

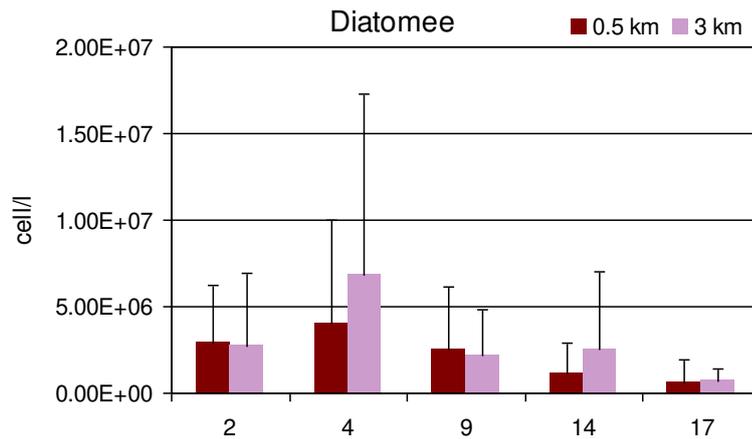


Figura 109 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 109 si riportano le medie annuali e le relative deviazioni standard per stazione a 0,5 km e 3 km di distanza dalla costa. Le abbondanze mostrano un gradiente negativo procedendo da nord verso sud, con l'eccezione della stazione 4 che presenta un numero maggiore di Diatomee rispetto alla stazione 2 situata più a nord, essendo direttamente sotto l'influenza degli apporti padani. Se confrontiamo le abbondanze registrate sottocosta e al largo notiamo come rimangono all'interno dello stesso ordine di grandezza ($1-7 \times 10^6$ cell/l), ad eccezione del transetto 17 che presenta abbondanze medie inferiori ($6-7 \times 10^5$ cell/l), mentre il valore più alto si registra lungo il transetto 4 ed in particolare a 3 km. Infatti nel transetto 4 gli apporti di acqua dolce si estendono oltre la zona prettamente costiera, riuscendo a mantenere elevati livelli eutrofici anche al largo.

In Figura 110 vengono riportate le medie stagionali e le relative deviazioni standard per corpo idrico. Il CD1 presenta sempre valori marcatamente più elevati rispetto al CD2, ed in particolare l'abbondanza media invernale ed estiva del CD1 raggiunge i valori maggiori per le fioriture di *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* sp..

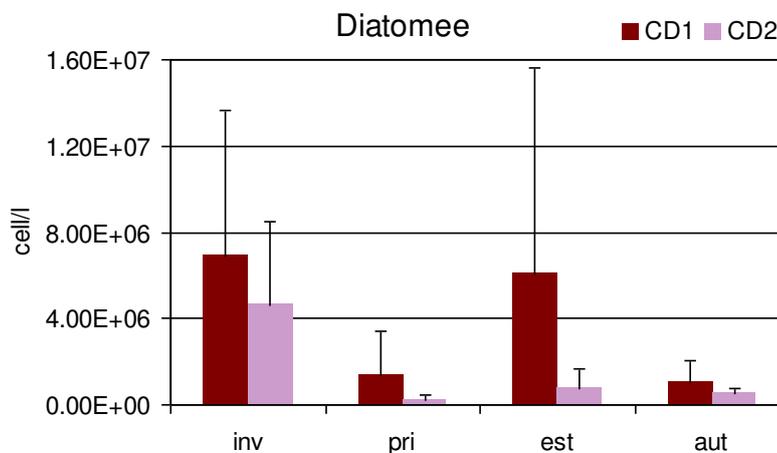


Figura 110 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

I taxa più rappresentativi in termini di frequenza di rilevamento (Figura 111) sono *Chaetoceros* spp. e *Skeletonema* spp., seguiti in misura minore da *Cylindrotheca closterium*. Anche considerando l'abbondanza media annuale sempre in Figura 106, i taxa più rappresentativi risultano essere *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* (*Chaetoceros socialis* e *Chaetoceros simplex*) che complessivamente quindi dominano sulle altre specie durante le abbondanti fioriture stagionali che caratterizzano la costa emiliano-romagnola.

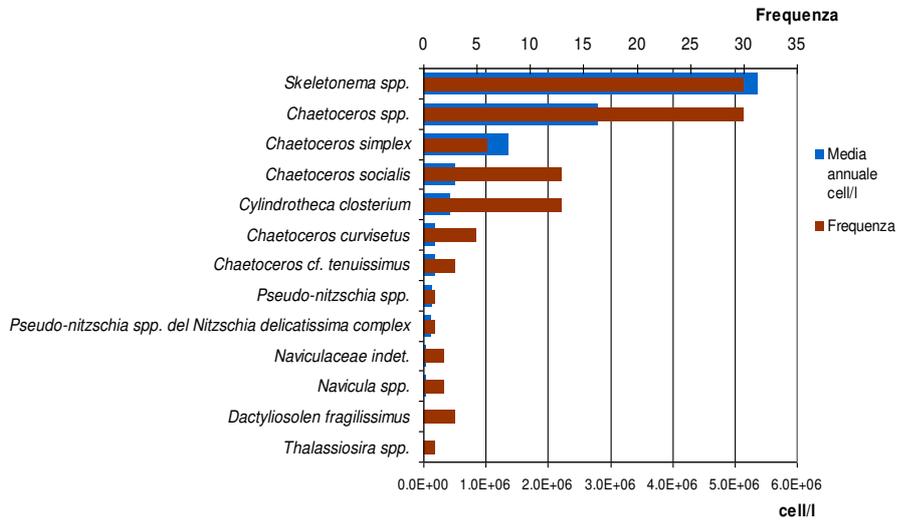


Figura 111 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

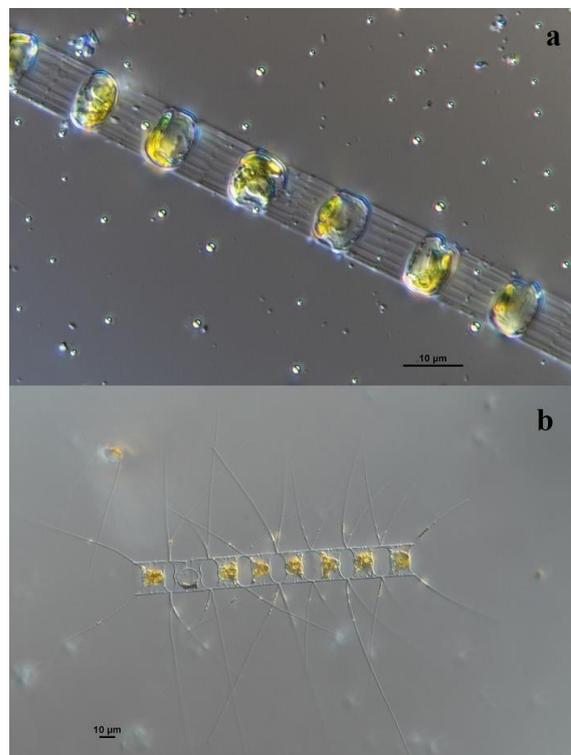


Figura 112 - Foto al microscopio ottico di a) *Skeletonema* sp. e b) *Chaetoceros* sp. (Archivio Daphne)

Le Dinoficee compongono solo circa il 1% dell'abbondanza totale del fitoplancton ed inoltre le loro abbondanze medie sono di diversi ordini di grandezza inferiori rispetto alle Diatomee. Per quanto riguarda le stazioni settentrionali a 500m dalla costa si nota un iniziale picco nel mese di gennaio (Figura 113) caratterizzato dalla fioritura di una piccola dinoflagellata tecata *Heterocapsa rotundata*. Si nota poi un aumento di abbondanza a partire da giugno e fino a settembre, periodo in cui troviamo maggior presenza di Dinoflagellate atecate (Gymnodiniales). Nelle stazioni meridionali si nota la fioritura invernale di *H. rotundata* nel mese di gennaio e un lieve aumento in tutte le stazioni fra giugno e luglio di Dinoflagellate atecate.

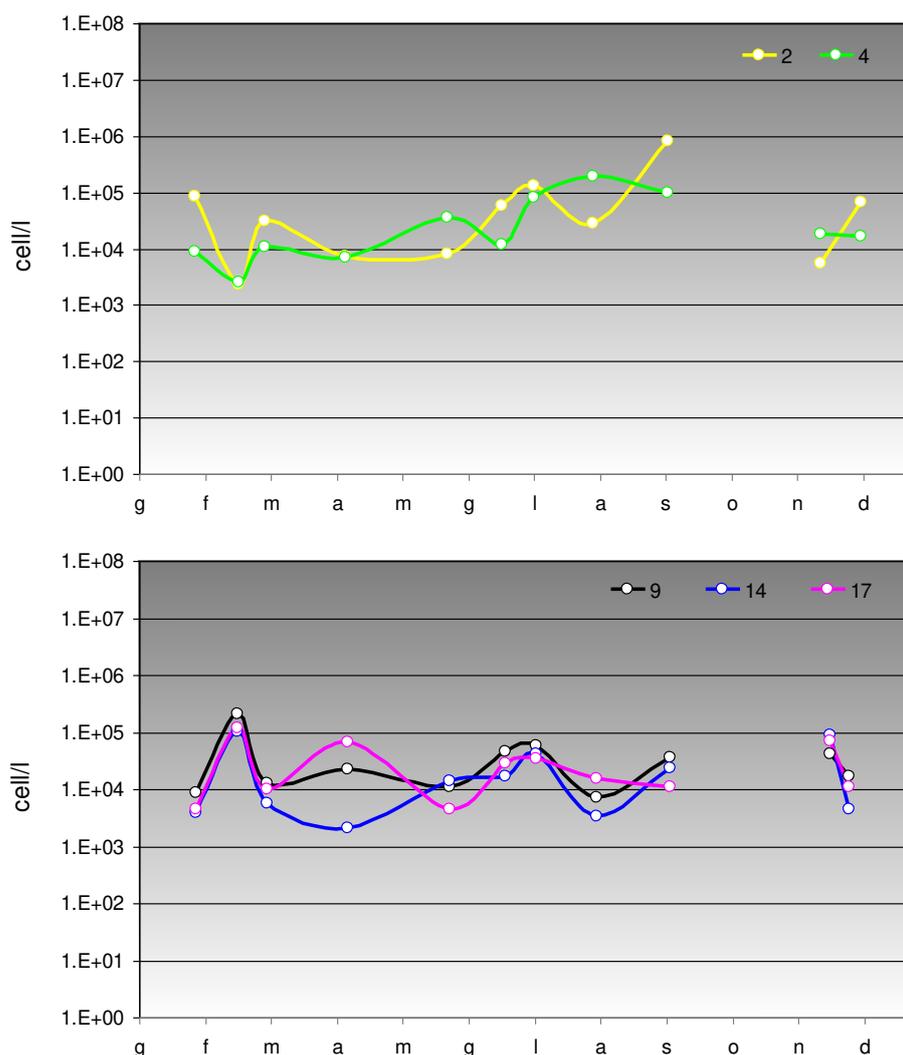


Figura 113 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni sottocosta

In Figura 114 le Dinoflagellate mostrano abbondanze medie annuali omogenee fra le diverse stazioni ad eccezione della stazione 2 sottocosta, che mediamente presenta un'abbondanza maggiore di circa un ordine di grandezza. La medesima stazione è caratterizzata inoltre da una elevata deviazione standard nell'arco dell'anno con un

range che va da un minimo invernale di 5×10^4 cell/l ad un massimo estivo di 7.9×10^5 cell/l.

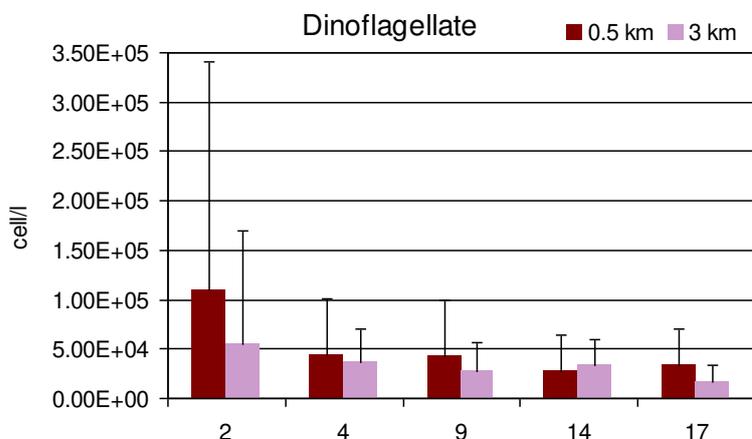


Figura 114 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni a 0.5 e 3 km

La stagionalità estiva delle Dinoflagellate è evidente nel CD1 (Figura 115), pur mostrando un'elevata variabilità, in quanto maggiormente influenzato dagli apporti provenienti dal delta padano.

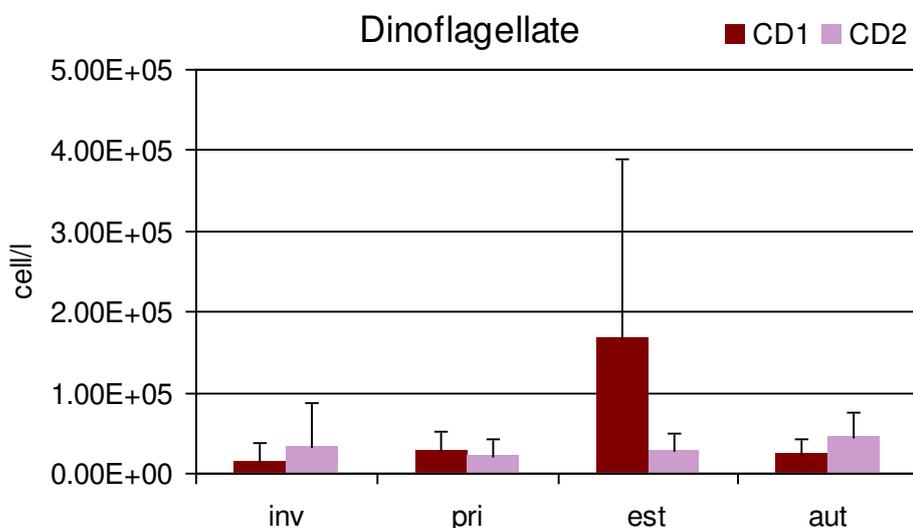


Figura 115 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nei corpi idrici CD1 e CD2

Per quanto riguarda la classe delle Dinoficee, i taxa più rappresentativi (Figura 116) in ordine di frequenza sono rispettivamente, *Gymnodiniales* indet. ed *Heterocapsa rotundata*. Il genere *Heterocapsa* risulta dominante anche se si considera l'abbondanza media annuale, seguito da *Gymnodinium* spp.

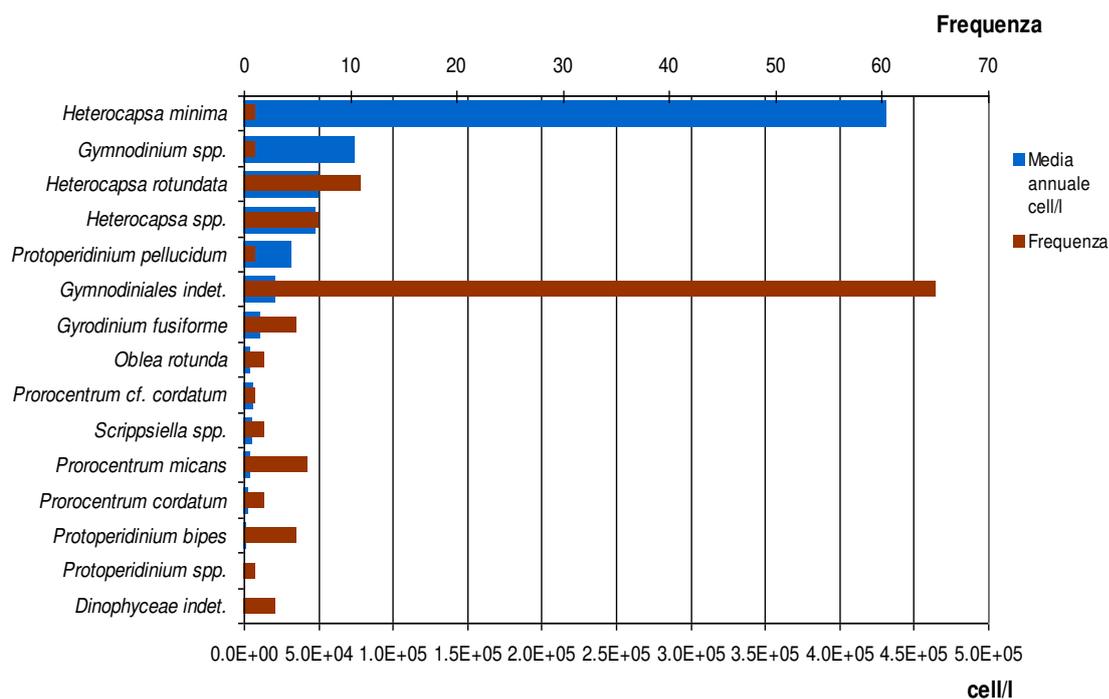


Figura 116 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinoflagellate)

In Figura 117 si riportano gli andamenti delle abbondanze dell'Altro fitoplancton (in particolare fitoflagellati del nano-fitoplancton) rilevate nelle singole stazioni sottocosta. Questo gruppo, essendo composto principalmente da fitoflagellati di acqua dolce, è strettamente legato agli apporti fluviali in mare, di conseguenza la zona più settentrionale (CD1) presenta in generale, abbondanze medie superiori rispetto a quella più meridionale (CD2). In particolare nel CD1 si osservano aumenti di abbondanza nei mesi di maggio e agosto, mentre l'andamento delle abbondanze nel CD2 è caratterizzato da una maggior variabilità tra le tre stazioni nel primo semestre dell'anno, che tende ad omogeneizzarsi nei mesi estivi.

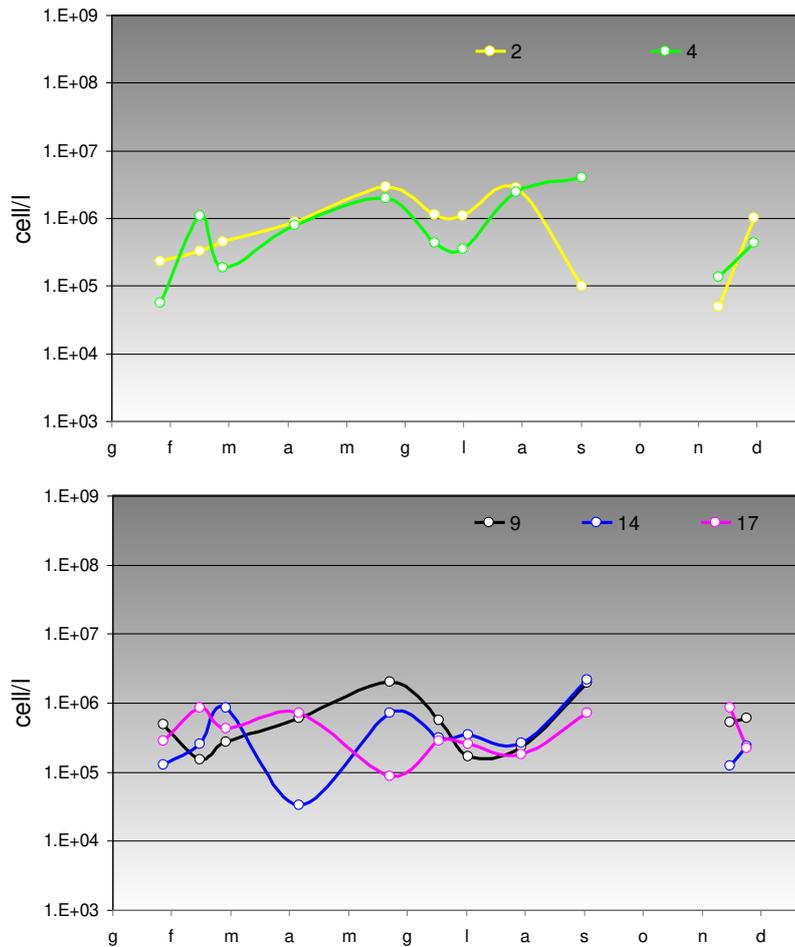


Figura 117 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km (Figura 118) evidenziano per l'anno 2021 valori di abbondanza omogenei nei due corpi idrici, con abbondanze medie maggiori nelle stazioni a nord.

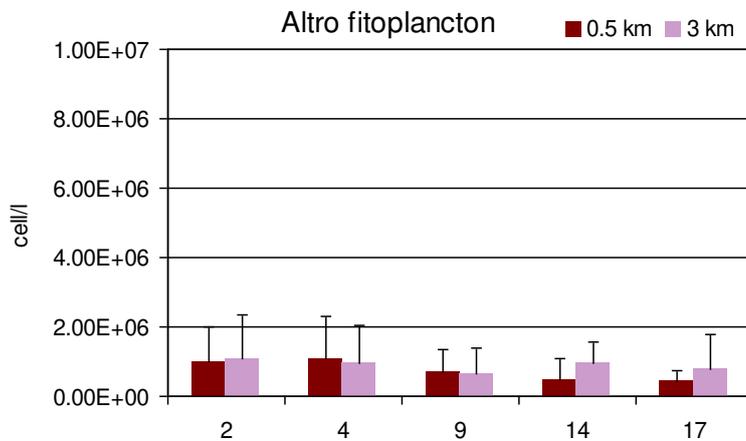


Figura 118 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 119 le medie stagionali e le loro relative deviazioni standard evidenziano abbondanze maggiori nel periodo primaverile ed estivo, più evidente nel CD1 rispetto al CD2.

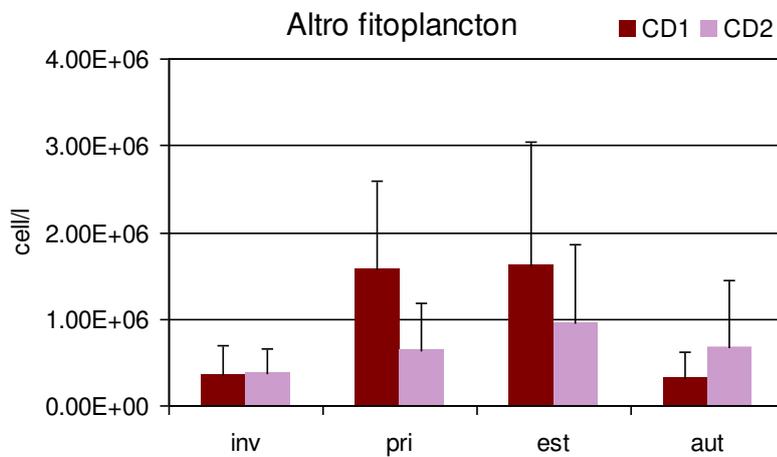


Figura 119 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

In Tabella 5 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti identificati nel 2021 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 2021

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros cf. tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Naviculaceae</i> indet.	Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del Nitzschia delicatissima complex	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Dinophyta	<i>Dinophyceae</i> indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Gymnodinales</i> indet.	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa minima</i>	A.J.Pomroy, 1989
Dinophyta	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinophyta	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Protoperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Scripsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965

Tabella 6 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2021

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Achnanthes</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Amphora</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionella gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Asterionella</i> spp.	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyta	<i>Asteromphalus flabellatus</i>	(Brébisson) Greville, 1859
Bacillariophyta	<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	Wallich, 1860
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i> spp.	Thwaites, 1848
Bacillariophyta	<i>Bacillaria</i> cf. <i>paxillifera</i>	(O.F.Müller) T. Marsson, 1901
Bacillariophyta	<i>Bacillaria</i> spp.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyta	<i>Bacillariophyceae</i> indet.	Haeckel, 1878
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	J.Pavillard, 1916
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyta	<i>Biddulphia</i> cf. <i>biddulphiana</i>	(J.E.Smith) Boyer, 1900
Bacillariophyta	<i>Biddulphia</i> spp.	S. F. Gray, 1821
Bacillariophyta	<i>Caloneis</i> spp.	Cleve, 1894
Bacillariophyta	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyta	<i>Cerataulina</i> spp.	H.Peragallo ex F.Schütt, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros brevis</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros costatus</i>	Pavillard, 1911
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros dadayi</i>	Pavillard, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros decipiens</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros decipiens</i> f. <i>singularis</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros densus</i>	Cleve, 1899
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros diversus</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lauderi</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	Brightwell, 1856
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Ralfs in Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros teres</i>	Cleve in Aurivillius, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tortissimus</i>	H.H.Gran
Bacillariophyta	<i>Cocconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscophyceae</i> indet.	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus granii</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	Ehrenberg, 1840
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brébisson, 1838
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen</i> spp.	Castracane, 1886

Bacillariophyta	<i>Diatoma</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1824
Bacillariophyta	<i>Diploneis</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Bacillariophyta	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyta	<i>Donkinia</i> cf. <i>recta</i>	(Donkin) Carruthers in J.E.Gray 1864
Bacillariophyta	<i>Entomoneis alata</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Bacillariophyta	<i>Eucampia zodiacus</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869
Bacillariophyta	<i>Fragilariaceae</i> indet.	Greville, 1833
Bacillariophyta	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Bacillariophyta	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996 (Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey 1856
Bacillariophyta	<i>Gyrosigma fasciola</i>	Simonsen, 1974
Bacillariophyta	<i>Haslea</i> spp.	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus sinensis</i>	Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus</i> spp.	C. Agardh, 1827
Bacillariophyta	<i>Licmophora</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Lithodesmium</i> spp.	Perty, 1852
Bacillariophyta	<i>Mallomonas</i> spp.	(Ehrenberg) Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Melosira distans</i>	(O.F. Müller) C. Agardh, 18247
Bacillariophyta	<i>Melosira moniliformis</i>	C. Agardh, 1824
Bacillariophyta	<i>Melosira nummuloides</i>	C. Agardh, 1824
Bacillariophyta	<i>Melosira</i> spp.	Donkin, 1872
Bacillariophyta	<i>Navicula cancellata</i>	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Navicula</i> spp.	Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Naviculaceae</i> indet.	Bessey
Bacillariophyta	<i>Naviculales</i> indet.	W.Smith, 1853
Bacillariophyta	<i>Nitzschia sigma</i>	Hassall, 1845
Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i> spp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Paralia</i> spp.	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Paralia sulcata</i>	Bohlin, 1897
Bacillariophyta	<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	W. Smith, 1852
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma</i> spp.	Mereschkowsky, 1903
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma</i> spp.	(J.W.Bailey) A.Mann, 1907
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma</i> spp.	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Proboscia alata</i>	(Takano) Takano, 1995
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Brightwell, 1858
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyta	<i>Tenuicylindrus belgicus</i>	D.Nanjappa & A.Zingone, 2013
Bacillariophyta	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	(Grunow) Hallegraeff, 1986
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira gravida</i>	Cleve, 1896
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira punctigera</i>	(Castracane) Hasle, 1983
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira rotula</i>	Meunier, 1910

Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Trachyneis</i> spp.	P.T.Cleve, 1894
Bacillariophyta	<i>Ulnaria ulna</i>	(Nitzsch) P.Compère, 2001
Chlorophyta	<i>Actinastrum</i> spp.	Lagerheim, 1882
Chlorophyta	<i>Acutodesmus acuminatus</i>	(Lagerheim) P.M.Tsarenko 2000
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus</i> spp.	Corda, 1838
Chlorophyta	<i>Chlorophyceae</i> indet.	Wille in Warming, 1884
Chlorophyta	<i>Closteriopsis</i> spp.	Lemmermann, 1899
Chlorophyta	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Chlorophyta	<i>Coenocystis</i> spp.	Korshikov, 1953
Chlorophyta	<i>Cymbomonas</i> sp.	Schiller, 1913
Chlorophyta	<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Schiller, 1913
Chlorophyta	<i>Desmodesmus armatus</i>	(Chodat) E.Hegewald 2000
Chlorophyta	<i>Desmodesmus</i> spp.	(Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald
Chlorophyta	<i>Eudorina</i> spp.	Ehrenberg, 1832
Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Monoraphidium</i> spp.	Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Oltmannsiella</i> spp.	W.Zimmermann, 1930
Chlorophyta	<i>Oltmannsiellopsis</i> spp.	M.Chihara & I.Inouye in Chihara et al., 1986
Chlorophyta	<i>Pterosperma cristatum</i>	Schiller, 1925
Chlorophyta	<i>Pterosperma</i> spp.	Pouchet, 1893
Chlorophyta	<i>Pyramimonadales</i> indet.	Chadefaud 1950
Chlorophyta	<i>Pyramimonas</i> spp.	Schmarda, 1849
Chlorophyta	<i>Scenedesmus</i> spp.	Meyen, 1829
Chlorophyta	<i>Tetraselmis</i> spp.	F. Stein, 1878
Chlorophyta	<i>Chlamydomonadaceae</i> indet.	F.Stein, 1878
Cryptophyta	<i>Cryptomonadaceae</i> indet.	Ehrenberg, 1831
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Cryptophyta	<i>Cryptophyceae</i> indet.	F.E.Fritsch, 1927
Cryptophyta	<i>Plagioselmis</i> spp.	Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall, 1994
Cyanobacteria	<i>Cyanophyceae</i> indet.	Schaffner, 1909
Cyanobacteria	<i>Merismopedia</i> spp.	Meyen, 1839
Cyanobacteria	<i>Nostocales</i> indet.	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Oscillatoriales</i> indet.	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Pseudanabaena</i> spp.	Lauterborn, 1915
Cyanobacteria	<i>Spirulinaceae</i> indet.	(Gomont) L.Hoffmann, J.Komàrek & J.Ka, 2014
Euglenozoa	<i>Euglena</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Euglenozoa	<i>Euglenophyceae</i> indet.	Schoenichen, 1925
Euglenozoa	<i>Eutreptia</i> spp.	Perty, 1852
Euglenozoa	<i>Eutreptiaceae</i> indet.	Hollande, 1942
Euglenozoa	<i>Eutreptiella</i> spp.	A. da Cunha, 1914
Haptophyta	<i>Chrysochromulina lanceolata</i>	Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Haptophyta	<i>Chrysochromulina hirta</i>	Manton, 1978
Haptophyta	<i>Chrysochromulina parkeae</i>	J.C.Green & Leadbeater, 1972
Haptophyta	<i>Chrysochromulina</i> spp.	Lackey, 1939
Haptophyta	<i>Prymnesiales</i> indet.	Papenfuss 1955
Heterokontophyta	<i>Chattonella</i> spp.	B. Biecheler, 1936
Heterokontophyta	<i>Dinobryon</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Heterokontophyta	<i>Raphidophyceae</i> indet.	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Incertae sedis	<i>Ebria</i> spp.	Borgert, 1861

Incertae sedis	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Incertae sedis	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Indet	<i>Altro Fitoplancton</i> indet.(Ø inf. 20µm)	
Katablepharidophyta	<i>Leucocryptos marina</i>	(Braarud) Butcher, 1967
Ochrophyta	<i>Apedinella radians</i>	(Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Ochrophyta	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Ochrophyta	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Ochrophyta	<i>Meringosphaera</i> spp.	Lohmann, 1903
Ochrophyta	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Ochrophyta	<i>Pseudopedinella</i> spp.	N. Carter, 1937
Ochrophyta	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012 (K. Hirasaka) G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Akashiwo sanguinea</i>	D.M. Anderson,A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium insuetum</i>	Baden, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium margalefii</i>	Balech, 1994
Dinophyta	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Alexandrium ostenfeldii</i>	(Paulsen) Balech & Tangen (Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyta	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	Fukuyo, 1992
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Amphidiniopsis</i> spp.	Woloszynska, 1928
Dinophyta	<i>Amphidinium carterae</i>	Hulburt, 1957
Dinophyta	<i>Amylax</i> spp.	A.Meunier, 1910
Dinophyta	<i>Azadinium caudatum</i>	(Halldal) Nézan & Chomérat, 2012
Dinophyta	<i>Azadinium</i> spp.	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinophyta	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>	Ehrenberg, 1873
Dinophyta	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium extensum</i>	(Gourret) Cleve-Euler, 1900 (Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Ceratium furca</i>	1859
Dinophyta	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Ceratium hirundinella</i>	(O.F. Müller) Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Ceratium massiliense</i>	(Gourret) Karsten, 1906
Dinophyta	<i>Ceratium</i> spp.	Schrank, 1793
Dinophyta	<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyta	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyta	<i>Ceratoperidinium falcatum</i>	(Kofoid & Swezy) Reñé & Salas, 2013
Dinophyta	<i>Cochlodinium</i> spp.	Schütt, 1896
Dinophyta	<i>Corythodinium tessellatum</i>	(Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III, 1966 F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Dinophyceae</i> indet.	1927
Dinophyta	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyta	<i>Dinophysis exigua</i>	Kofoid & Skogsberg, 1928
Dinophyta	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyta	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyta	<i>Dinophysis parva</i>	Schiller 1928
Dinophyta	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Dinophysis</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Dinophyta	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Diplopsalis lenticula</i>	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Glenodinium</i> spp.	Ehrenberg, 1836

Dinophyta	<i>Gonyaulacaceae</i> indet.	Lindemann, 1928
Dinophyta	<i>Gonyaulacales</i> indet.	F.J.R.Taylor 1980
Dinophyta	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Schütt) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax monacantha</i>	Pavillard, 1916
Dinophyta	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gonyaulax</i> spp.	Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gymnodiniaceae</i> indet.	Lankester, 1885
Dinophyta	<i>Gymnodiniales</i> indet.	Apstein, 1909
		(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Moestrup
Dinophyta	<i>Gymnodinium impudicum</i>	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium nasutum</i>	(Wulff) Schiller 1933
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa minima</i>	A.J.Pomroy, 1989
Dinophyta	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinophyta	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Heterocapsa triquetra</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Karenia bicuneiformis</i>	Botes, Sym & Pitcher 2003
		(Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup,
Dinophyta	<i>Karenia mikimotoi</i>	A.J.Haywood & K.A.Steidinger in Haywood, 2004
Dinophyta	<i>Karenia papilionacea</i>	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Karenia</i> spp.	Bergholtz, Daugbjerg, Moestrup & Fernández, 2005
		J.Larsen, 2000
Dinophyta	<i>Kareniaceae</i> indet.	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Karlodinium</i> spp.	Pavillard, 1929
Dinophyta	<i>Katodinium glaucum</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinophyta	<i>Kofooidinium</i> spp.	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyta	<i>Lessardia elongata</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Mesoporos perforatus</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Micracanthodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Nematodinium</i> spp.	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Nematodinium torpedo</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Noctiluca scintillans</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Pentapharsodinium dalei</i>	Indelicato & Loeblich III 1986
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet.	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridiniella</i> spp.	Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abé, 1927
Dinophyta	<i>Peridinium</i> spp.	Ehrenberg, 1830
		(Kofoid) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, 2011
Dinophyta	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Phalacroma rotundata</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid &
Dinophyta	<i>Phalacroma rotundatum</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid &

Dinophyta	<i>Phalacroma</i> spp.	Michener, 1912
Dinophyta	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Polykrikos</i> cf. <i>kofoidii</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Polykrikos</i> spp.	Chatton, 1914
Dinophyta	<i>Pronoctiluca</i> spp.	Bütshli, 1873
Dinophyta	<i>Prorocentraceae</i> indet.	Fabre Domergue, 1889
Dinophyta	<i>Prorocentrum compressum</i>	F.Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(J.W. Bailey) Abé ex Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum dactylus</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum dentatum</i>	(Stein) Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum scutellum</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> spp.	B.Schröder, 1900
Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Protoceratium reticulatum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyta	<i>Protoperidiniaceae</i> indet.	(Claparède & Lachmann) Bütshli, 1885
Dinophyta	<i>Protoperidinium bipes</i>	J.P.Bujak & E.H.Davies 1998
Dinophyta	<i>Protoperidinium bispinum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium brevipes</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium cf. pentagonum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium cf. pyriforme</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium claudicans</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium conicum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium crassipes</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium depressum</i>	(Kofoid) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium diabolus</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium divergens</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium globulus</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium granii</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium leonis</i>	(Dangeard) Balech
Dinophyta	<i>Protoperidinium minutum</i>	(Pavillard) Balech 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium obtusum</i>	(Kofoid) Loeblich III, 1970
Dinophyta	<i>Protoperidinium ovatum</i>	(Karsten) Parke & Dodge, 1976
Dinophyta	<i>Protoperidinium ovum</i>	Pouchet, 1883
Dinophyta	<i>Protoperidinium pellucidum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium punctulatum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> spp.	1881
Dinophyta	<i>Protoperidinium steinii</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium subinermis</i>	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Pselodinium</i> spp.	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Pselodinium vaubanii</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinophyta	<i>Pyrophacus horologium</i>	Soumia, 1972
Dinophyta	<i>Scaphodinium mirabile</i>	Sournia 1972
Dinophyta	<i>Scrippsiella precaria</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Scrippsiella spinifera</i>	Margalef, 1963
Dinophyta	<i>Scrippsiella</i> spp.	M. Montesor & A. Zingone, 1988
Dinophyta	<i>Torodinium robustum</i>	G.Honsell & M.Cabrini, 1991
Dinophyta	<i>Torodinium teredo</i>	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Warnowia</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Warnowiaceae</i> indet.	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
		Lindemann in Engler & Prantl, 1928
		Lindemann, 1928

Ai fini della valutazione del fitoplancton per la definizione dello Stato di Qualità Ambientale, si seguono le metriche della clorofilla “a” 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”. Una nota del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 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 (Tabella 4) e lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per il 2021. I dati annuali di clorofilla 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. La classificazione per l'anno 2021 (Tabella 8) evidenzia un trend decrescente nord-sud dei valori di clorofilla "a" che attribuiscono ad entrambi i corpi idrici CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) un giudizio "Buono".

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 2021

Corpo idrico	Stazione	Clorofilla "a" (EQB Fitoplancton) Dec. 2018/229/UE	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.10	4.9 Buono
	302	4.78	
	4	5.75	
	304	5.13	
	6	4.92	
	306	4.75	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	4.95	3.5 Buono
	9	4.86	
	309	4.20	
	13	4.08	
	14	3.77	
	314	3.98	
	17	2.79	
	317	2.31	
	19	2.47	
	319	2.28	

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 14 presenta il maggior numero di specie (65) seguite dalla stazione 19 con 58 specie, la stazione 4 con 41 specie e dalla stazione 9 con 38. 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 (75) mentre la più povera, con 31 specie, risulta essere la stazione 304.

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

Phylum	SFBC 4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	VTC 304	VTC 309	VTC 314	VTC 319
Annelida	24	23	29	28	16	22	25	41
Arthropoda	5	4	9	10	3	5	11	12
Cnidaria	1	0	1	0	0	0	1	1
Echinodermata	0	1	2	3	0	0	1	3
Mollusca	10	10	23	15	11	12	22	17
Nemertea	0	0	0	1	0	0	1	0
Phoronida	1	0	1	1	1	0	1	1
Totale	41	38	65	58	31	39	62	75

Tabella 10 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				4	9	14	19	4	9	14	19
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917			x	x			x	
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869				x		x		
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)				x				
		<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1881	x							
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)			x	x	x	x	x	x
		<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968						x		
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994	x		x		x	x	x	
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)								x
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	x					x	x	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861					x			
<i>Glycera unicornis</i>		Savigny, 1818	x		x	x		x		x	

	HESIONIDAE	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)							x	
		<i>Oxydromus flexuosus</i>	(Delle Chiaje, 1827)	x				x			
	LUMBRINERIDAE	<i>Gallardoneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012							x	x
		<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)			x	x		x		
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990						x	x	
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958							x	
		<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959	x							
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	x		x	x	x	x	x	
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962			x		x		x	
	MALDANIDAE	<i>Clymenura clypeata</i>	(Saint-Joseph, 1894)								x
		<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863	x				x	x	x	
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)			x	x	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
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		x		x		x		x
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833					x		x	x
	ORBINIIDAE	<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)								x
		<i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i>	(O.F.Muller, 1776)								x
		<i>Scoloplos haasi</i>	(Monro, 1937)					x			
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	x	x	x		x	x	x	x
	OWENIIDAE	<i>Galathowenia oculata</i>	(Zachs, 1923)			x					
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	x	x	x	x	x	x	x	x
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967				x	x	x		
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879	x							
		<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011							x	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)				x	x		x	
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904								x
	SABELLIDAE	<i>Dialychone arenicola</i>	(Langerhans, 1880)			x	x				x
		<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007			x					x
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			x		x		x	
	SPIONIDAE	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	x		x	x	x	x	x	x
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883						x		
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870				x				
		<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990							x	
		<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	(Okuda, 1937)								x
		<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	x		x	x			x	
		<i>Spio martinensis</i>	Mesnil, 1896								
		Oligochaeta indet.			x	x	x		x		x
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853			x	x		x	x	x
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002			x				x	

	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)	x	x		x	x				
		<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	x		x	x	x	x		x	
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	x	x	x	x		x	x	x	
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867			x						
	ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)				x					
	LEUCOTHOIDAE	<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				x				x	
	MAERIDAE	<i>Othomaera schmidti</i>	(Stephensen, 1915)	x						x		
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976			x					x	
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	x		x	x					x
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)					x				
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)				x					x	
Cnidaria	ACTINARIA	Anthozoa indet.						x		x		
Echinodermata	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843					x		x	x	
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)						x	x	x	
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844								x	
Mollusca	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	x	x						x	
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822		x	x			x	x	x	
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)			x		x		x	x	x
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)	x		x		x			x	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)								x	
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	x		x		x		x		
	IRAVADIIDAE	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)	x				x				
	LUCINIDAE	<i>Loripes lacteus</i>	(Linnaeus, 1758)				x					
		<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)				x				x	x
	MACTRIDAE	<i>Maetra stultorum</i>	(Linné, 1758)	x					x		x	
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)				x	x			x	
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)				x	x		x	x	x
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)				x					x
		<i>Musculus subpictus</i>	(Caintraine, 1835)									x
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)						x		x	
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)							x		
		<i>Nassarius reticulata</i>	(Linnaeus, 1758)							x		
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		x	x	x			x	x	
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	x		x	x					
	SEMELIDAE	<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)				x	x				
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)				x	x				
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)	x								
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)									x
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)		x	x	x			x	x	
		<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)									x
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)								x	
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	x	x	x			x	x	x	x
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)		x							x
		<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)						x		x	x

Nemertea		Nemertini indet.					x				x
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	x				x		x	x

Tabella 11 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno				
				304	309	314	319	304	309	314	319	
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917				x				x	
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869		x		x	x	x			
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)	x								
		<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1881			x						
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	x	x		x	x	x		x	
		<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963								x	
		<i>Notomastus latericeus</i>	Sars, 1851						x			
		<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968								x	
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964						x			
	COSSURIDAE	<i>Cossura soyeri</i>	Laubier, 1964				x					
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)				x				x	
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)			x			x	x		
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)	x								
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818				x				x	
	GONIADIDAE	<i>Goniada maculata</i>	Orsted, 1843					x				
	HESIONIDAE	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)				x				x	
	LUMBRINERIDAE	<i>Gallardonneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012								x	x
		<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	x	x	x	x	x	x	x		
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834		x					x		
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990									x
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958		x		x		x		x	
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962			x					x	
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863			x	x		x		x	
		<i>Praxillella praetermissa</i>	(Malmgren, 1865)						x			
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephtys stammeri</i>	(Auger, 1932)			x	x		x	x	x	
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868			x	x	x		x	x	
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Nephtys hystricis</i>	Mc Intosh, 1900				x					
	ONUPHIDAE	<i>Aponuphis brementi</i>	(Fauvel, 1916)								x	
		<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	x	x	x	x	x	x			
<i>Onuphis eremita</i>		Audouin & Milne-Edwards, 1833	x			x				x		
ORBINIIDAE	<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)								x		
OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	x	x	x	x	x	x	x	x		
PARAONIDAE	<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		x	x		

		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879	x			x	x				
		<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011		x				x		x	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)			x	x				x	
		<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866			x				x	x	
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)		x		x	x	x		x	
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904				x					
	SABELLIDAE	<i>Dialychone arenicola</i>	(Langerhans, 1880)				x					
		<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007			x					x	x
	SIGALIONIDAE	<i>Sthenelais boa</i>	(Johnston, 1833)							x		
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)				x					
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962			x	x		x	x	x	
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883		x		x					
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870				x				x	
		<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990								x	
		<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870				x					
		<i>Spio martinensis</i>	Mesnil, 1896							x	x	
		<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)				x					
	STERNAPSIDAE	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)				x					
	TEREBELLIDAE	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)						x			
		Oligochaeta indet.					x	x	x	x	x	
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853		x		x	x	x	x	x	
	APSEUDIDAE	<i>Aapseudes bacescui</i>	Gutu, 2002							x	x	
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)	x			x					
		<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020			x	x				x	x
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	x	x	x	x	x	x	x	x	
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)						x			
	ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)			x						
	LEUCOSIIDAE	<i>Illia nucleus</i>	Linnaeus, 1758								x	
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965			x						
		<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)									x
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			x	x			x		
	MAERIDAE	<i>Othomaera schmidtii</i>	(Stephensen, 1915)						x		x	
	OEDICEROTIDAE	<i>Periocolodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			x	x					
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)									x
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)			x	x					
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)			x							
		<i>Mysida indet.</i>					x					
Cnidaria	ACTINARIA	Anthozoa indet.					x			x		
Echinodermata	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			x	x			x		
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)								x	
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythyone elongata</i>	Duben-Koren, 1844				x				x	
Mollusca	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	x	x				x			
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	x	x	x		x	x	x	x	

	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	x	x	x	x	x	x	x	x
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		x			x	x		x
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)							x	
	EULIMIDAE	<i>Eulima glabra</i>	(Da Costa, 1778)							x	
	IRAVADIIDAE	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)				x				
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			x				x	
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	x		x	x				
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)				x	x			x
		<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)							x	
	MURICIDAE	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)						x		
		<i>Hexaplex trunculus</i>	(Linnaeus, 1758)		x						
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)			x		x		x	
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)						x	x	
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)								x
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)								x
		<i>Euspira nitida</i>	(Donovan, 1804)				x				
	NUCULANIDAE	<i>Nuculana pella</i>	(Linné, 1758)				x				
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	x	x		x	x	x	x	x
		<i>Nucula sulcata</i>	(Bronn, 1831)						x		
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)			x	x				
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)								x
	RINGICULIDAE	<i>Ringicula conformis</i>	Monterosato 1877								x
	SEMELIDAE	<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)			x	x			x	x
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)				x				
	TELLINIDAE	<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
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)			x					x
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	x		x		x	x	x	x
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	x		x	x				x
		<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)								x
		<i>Politapes aureus</i>	(Gmelin, 1791)			x					
		<i>Ruditapes philippinarum</i>	(Adams & Reeve, 1850)			x					
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	x			x				x

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

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

Ampharete acutifrons, *Melinna palmata*, *Capitella capitata*, *Capitella minima*, *Heteromastus filiformis*, *Peresiella clymenoides*, *Chaetozone gibber*, *Diplocirrus glaucus*, *Pherusa monilifera*, *Glycera tridactyla*, *Glycera unicornis*, *Kefersteinia cirrata*, *Oxydromus flexuosus*, *Gallardonneris iberica*, *Hilbigneris gracilis*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona alleni*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Magelona minuta*, *Clymenura clypeata*, *Euclymene oerstedii*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys*

cirrosa, *Nephtys hombergi*, *Diopatra neapolitana*, *Onuphis eremita*, *Phylo foetida*, *Scoloplos (Scoloplos) armiger*, *Scoloplos haasi*, *Owenia fusiformis*, *Galathowenia oculata*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Levinsenia demiri*, *Eteone picta*, *Poecilochaetus serpens*, *Dialychone arenicola*, *Dialychone dunerificta*, *Sigalion mathildae*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifer*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio pulchra*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Spio decoratus*, *Spio martinensis*, *Oligochaeta* indet.

Lo spionide *Prionospio caspersi* è risultato essere frequente ed abbondante nelle stazioni a biocenosi a SFBC con un'abbondanza massima di 2009 ind/m² ritrovata in primavera nella st. 14. Il sabellide *Dialychone dunerificta* è stato trovato invece nella stazione 19 in autunno con un'abbondanza di 1616 ind/m². Anche *Aricidea (Acmira) assimilis* con un'abbondanza massima di 506 ind/m² è stata ritrovata in primavera nella st. 19. Altri policheti rinvenuti con frequenza sono: *Magelona johnstoni*, *Spio decoratus*, *Owenia fusiformis*, *Nephtys hombergi*.

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

Ampelisca diadema, *Apeudes bacescui*, *Bodotria scorpioides*, *Iphinoe daphne*, *Pariambus typicus*, *Microprotopus maculatus*, *Erichthonius brasiliensis*, *Lepidepcreum longicorne*, *Othomaera schmidtii*, *Megaluropus massiliensis*, *Perioculodes longimanus*, *Pontocrates arenarius*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*.

Apeudes bacescui è risultato essere la specie localmente più abbondante raggiungendo 8024 ind/m² nel campionamento autunnale nella st. 14. In secondo piano anche il caprellide *Pariambus typicus* raggiunge alte abbondanze (2191 ind /m² in primavera nella st. 19)

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

Nel Phylum degli **ECHINODERMATA** sono state ritrovati 3 taxon: *Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis*, *Trachythyone elongata*.

I **MOLLUSCA** ritrovati nelle SFBC sono: *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Corbula gibba*, *Lentidium mediterraneum*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Hyala vitrea*, *Loripes lacteus*, *Lucinella divaricata*, *Macra stultorum*, *Spisula subtruncata*, *Kurtiella bidentata*, *Musculista senhousia*, *Musculus subpictus*, *Cyclope neritea*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius reticulata*, *Nucula nitidosa*, *Phaxas adriaticus*, *Abra nitida*, *Abra prismatica*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Tellina tenuis*, *Thracia papyracea*, *Chamelea gallina*, *Dosinia lupinus*, *Politapes rhomboides*.

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 stato il bivalve *Chamelea gallina* che, seppur rappresentato da organismi giovanili, ha raggiunto abbondanze fino a 3658 ind /m² in autunno nella st. 14. Sono particolarmente abbondanti anche le specie *Corbula gibba* (649 ind /m² B9

pri), *Lentidium mediterraneum* (1112 ind /m² in autunno nella st. B14) e *Donax semistriatus* (1063 ind /m² in autunno nella st. 14).

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

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

Ampharete acutifrons, *Melinna palmata*, *Capitella capitata*, *Capitella minima*, *Heteromastus filiformis*, *Notomastus aberans*, *Notomastus latericeus*, *Peresiella clymenoides*, *Pseudoleiocapitella fauveli*, *Cossura soyeri*, *Diplocirrus glaucus*, *Pherusa monilifera*, *Glycera alba*, *Glycera unicornis*, *Goniada maculata*, *Kefersteinia cirrata*, *Gallardoneris iberica*, *Hilbigneris gracilis*, *Lumbrineris latreilli*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona alleni*, *Magelona minuta*, *Euclymene oerstedii*, *Praxillella praetermissa*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nephtys hystricis*, *Aponuphis brementi*, *Diopatra neapolitana*, *Onuphis eremita*, *Phylo foetida*, *Owenia fusiformis*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Levinsenia demiri*, *Eteone picta*, *Phyllodoce longipes*, *Sigambra parva*, *Poecilochaetus serpens*, *Dialychone arenicola*, *Dialychone dunerificta*, *Sthenelais boa*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio pulchra*, *Spio decoratus*, *Spio martinensis*, *Spiophanes bombyx*, *Sternaspis scutata*, *Lanice conchylega*, *Oligochaeta* indet.

Il polichete spionide *Prionospio caspersi* è risultato essere la specie con maggiore abbondanza di 1366 ind/m² in primavera della st. 314. Altri policheti rinvenuti con frequenza sono: *Aricidea (Acmira) assimilis* 316 ind /m² nella st. 314, *Owenia fusiformis* ind /m² 348 nella st. 304.

Nelle VTC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxa: *Ampelisca diadema*, *Apseudes bacescui*, *Bodotria scorpioides*, *Iphinoe daphne*, *Pariambus typicus*, *Brachynotus gemmellari*, *Erichthonius brasiliensis*, *Ilia nucleus*, *Hippomedon massiliensis*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Othomaera schmidtii*, *Perioculodes longimanus*, *Pontocrates arenarius*, *Liocarcinus vernalis*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*, *Mysida* indet.

Pariambus typicus è risultata essere la specie più rappresentata con abbondanze fino a 2985 ind/m² nel campionamento primaverile nella st. 314 assieme a *Perioculodes longimanus* con 658 ind /m² e *Pseudocuma longicorne* con 542 ind /m² nella stessa st. 314.

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

I **MOLLUSCA** ritrovati nella biocenosi a VTC sono: *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Corbula gibba*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Eulima glabra*, *Hyala vitrea*, *Lucinella divaricata*, *Spisula subtruncata*, *Kurtiella bidentata*, *Tellimyia ferruginosa*, *Bolinus brandaris*, *Hexaplex trunculus*, *Musculista senhousia*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Euspira macilenta*, *Euspira nitida*, *Nuculana pella*, *Nucula nitidosa*, *Nucula sulcata*, *Phaxas adriaticus*, *Philine aperta*, *Ringicula conformis*, *Abra nitida*, *Abra prismatica*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*,

Tellina nitida, *Thracia papyracea*, *Chamelea gallina*, *Dosinia lupinus*, *Politapes rhomboides*, *Politapes aureus*, *Ruditapes philippinarum*.

Il mollusco più abbondante è stato il bivalve *Chamelea gallina* con 1571 ind /m² nella st. 314 in autunno. Inoltre sono particolarmente abbondanti le specie come *Corbula gibba* (fino a 780 ind/m² nella st. 304 in autunno) e *Anadara transversa* con abbondanze fino a 86 ind /m² 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 macrobentos come il livello di diversità e di abbondanza degli invertebrati nonché la proporzione tra organismi più o meno sensibili ai livelli di disturbo-stress.

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

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

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

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

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

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

In

Tabella 13 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2021 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

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

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

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	PRI	2.9	28	1.556
9	PRI	2.49	14	3.011
14	PRI	2.89	40	2.344
19	PRI	3.02	38	2.396
4	AUT	2.11	28	1.963
9	AUT	3.78	35	2.726
14	AUT	2.26	49	1.817
19	AUT	2.45	39	0.985
304	PRI	2.63	22	2.834
309	PRI	2.95	23	2.019
314	PRI	2.9	39	2.32
319	PRI	3.93	56	2.178
304	AUT	2.52	22	3.253
309	AUT	3.42	34	2.218
314	AUT	2.92	47	0.736
319	AUT	2.75	44	2.592

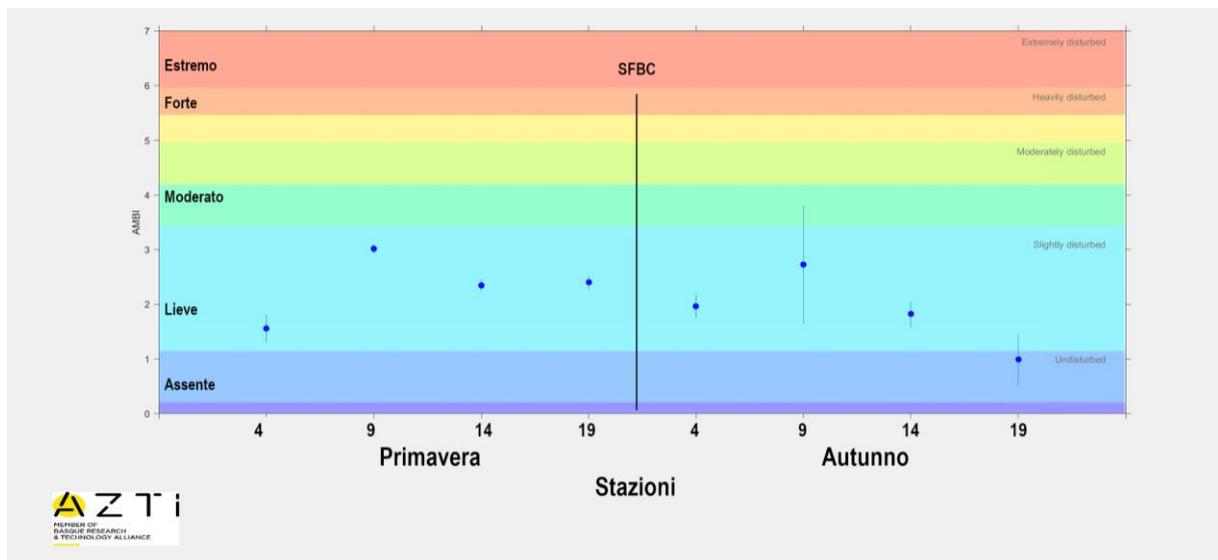


Figura 120 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC in Primavera ed in Autunno

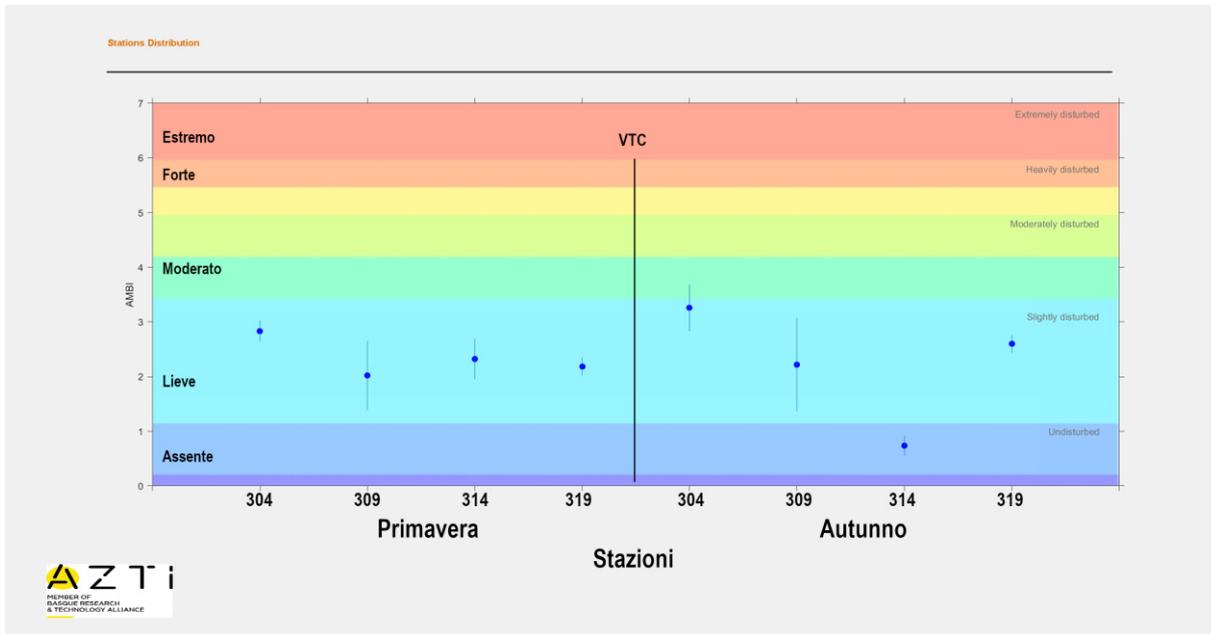


Figura 121 – Valori dell’indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Per le biocenosi delle SFBC, l’analisi multivariata (*Non-metric Multi-Dimensional Scaling nMDS*) (Figura 122) evidenzia separazione tra le due stagioni nelle diverse stazioni. Tali separazioni risultano più evidenti nella st. 14, dove il cluster autunnale risulta nella parte superiore dell’ordinamento n-MDS.

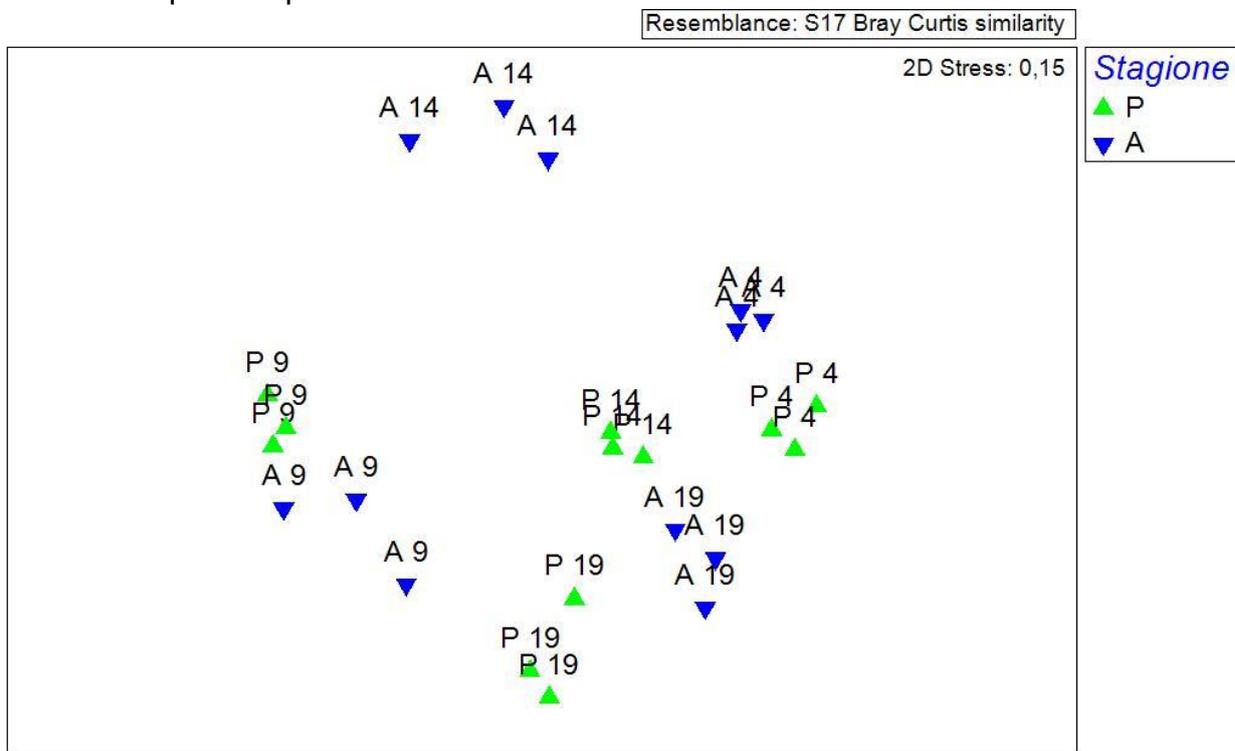


Figura 122 – nMDS Biocenosi delle SFBC

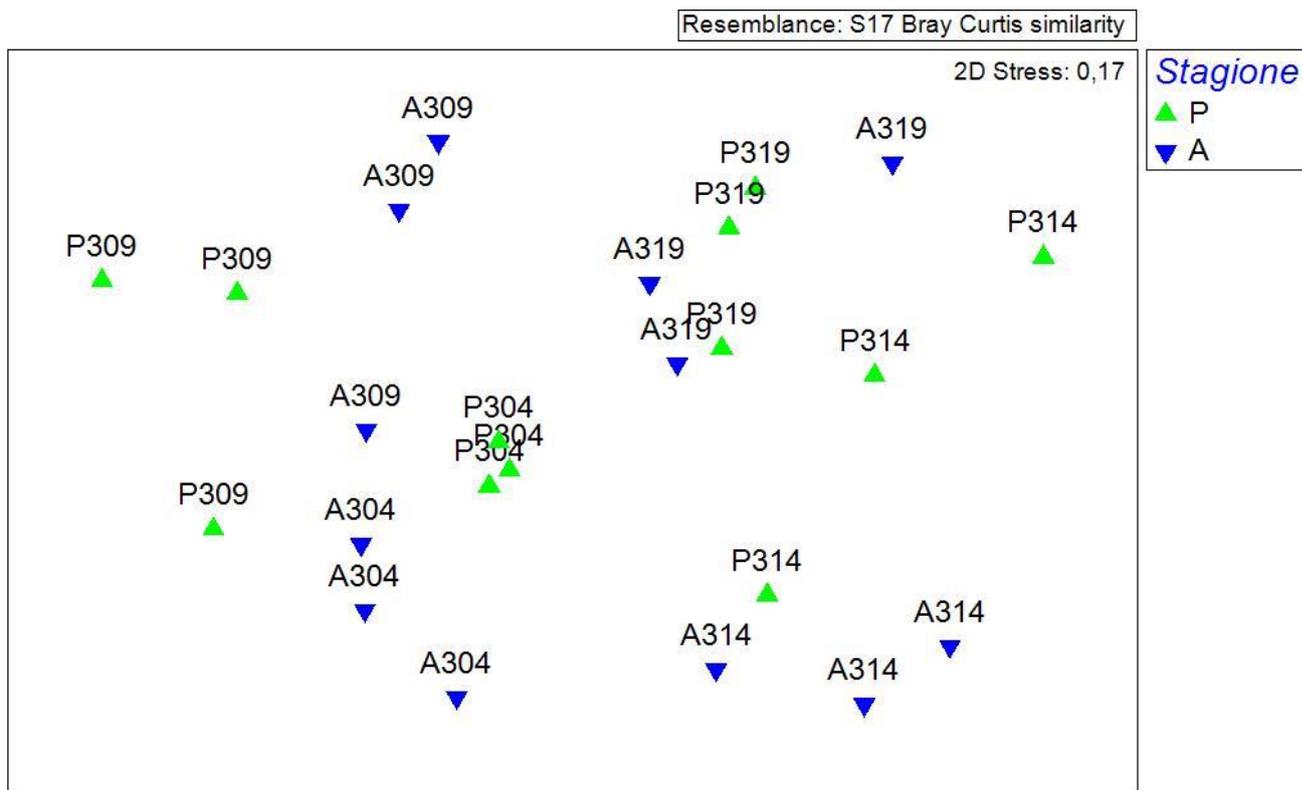


Figura 123 – nMDS Biocenosi delle VTC

Per le biocenosi delle VTC, nell'analisi multivariata (Figura 123) le stazioni mostrano differenti cluster determinati dall'area geografica delle stazioni, infatti nella parte destra dell'ordinamento nmds sono evidenti le stazioni più meridionali della costa (314 e 319), mentre nella parte sinistra del grafico risultano cluster con le stazioni settentrionali (304 e 309).

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 2021, 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 2021 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 2021

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Stagione	2020	
				M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	PRI	0.66	Buono
CD1		4	AUT	0.58	Sufficiente
CD2		9	PRI	0.46	Sufficiente
CD2		9	AUT	0.70	Buono
CD2		14	PRI	0.68	Buono
CD2		14	AUT	0.72	Buono
CD2		19	PRI	0.68	Buono
CD2		19	AUT	0.73	Buono
CD1	VTC	304	PRI	0.53	Sufficiente
CD1		304	AUT	0.49	Sufficiente
CD2		309	PRI	0.61	Buono
CD2		309	AUT	0.70	Buono
CD2		314	PRI	0.67	Buono
CD2		314	AUT	0.70	Buono
CD2		319	PRI	0.86	Elevato
CD2		319	AUT	0.67	Buono

Tabella 15 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2021

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	2021	
			M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	0.62	Buono
CD2		9	0.58	Sufficiente
CD2		14	0.70	Buono
CD2		19	0.70	Buono
CD1	VTC	304	0.51	Sufficiente
CD2		309	0.65	Buono
CD2		314	0.68	Buono
CD2		319	0.77	Buono

Tabella 16 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2021

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2021	
				M-AMBI	Stato
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.56	Sufficiente
	VTC	304			
CD2 Ravenna-Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.68	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 15 dislocate su 8 transetti perpendicolari alla costa (Figura 107). Su ogni transetto sono collocate 2 stazioni rispettivamente a 0.5 e 3 km dalla costa. Un caso particolare è rappresentato dalla stazione 13, dove gli elementi chimico-fisici vengono monitorati a 0.5 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).

Nel 2021 eventuali scostamenti dalla frequenza programmata, che hanno causato la mancata esecuzione di campionamenti, sono generalmente dovuti a condizioni meteo-climatiche sfavorevoli. Tali scostamenti sono indicati nei grafici dei parametri chimico-fisici tramite interruzioni delle linee che descrivono l'evoluzione temporale nel corso dell'anno.

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto 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 la 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 di 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 2021. Lo stato di qualità per il TRIX è risultato "Sufficiente" 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	2021	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.77	5.56 Sufficiente
	302	5.66	
	4	5.79	
	304	5.44	
	6	5.52	
	306	5.19	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	5.27	5.01 Sufficiente
	9	5.40	
	309	5.21	
	13	5.10	
	14	5.37	
	314	4.96	
	17	4.90	
	317	4.49	
	19	4.83	
	319	4.54	

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

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

Granulometria

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle VTC (Fanghi Terrigeni Costieri, Figura 124) ed a 4 stazioni a circa 1-2 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, Figura 125).

La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che, relativamente al 2021, nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalborsetti), 308 (Marina di Ravenna), 309 (Lido Adriano) e 317 (Rimini), prevale la componente limosa; invece, nelle stazioni 314 (Cesenatico) 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.

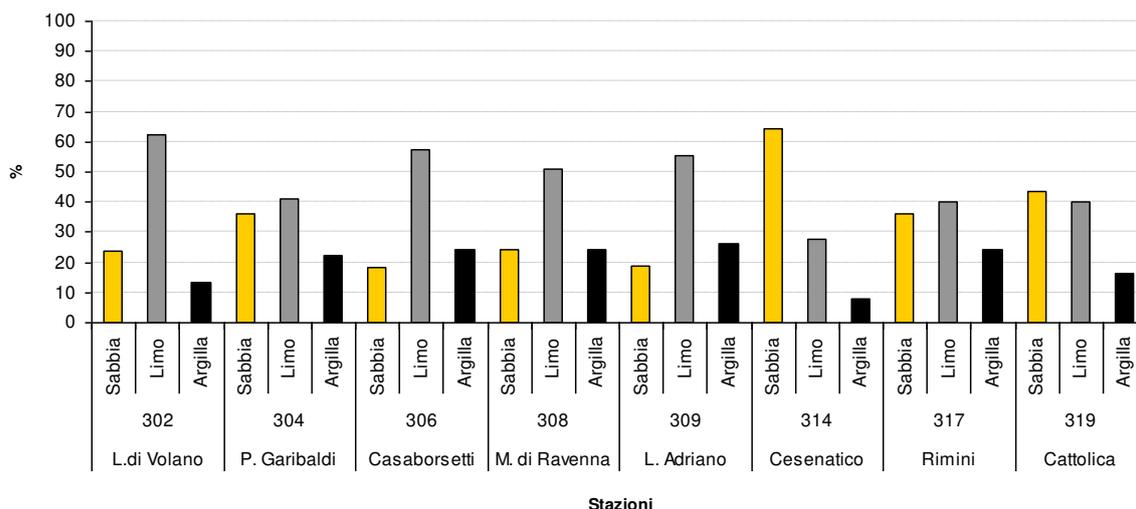


Figura 124 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

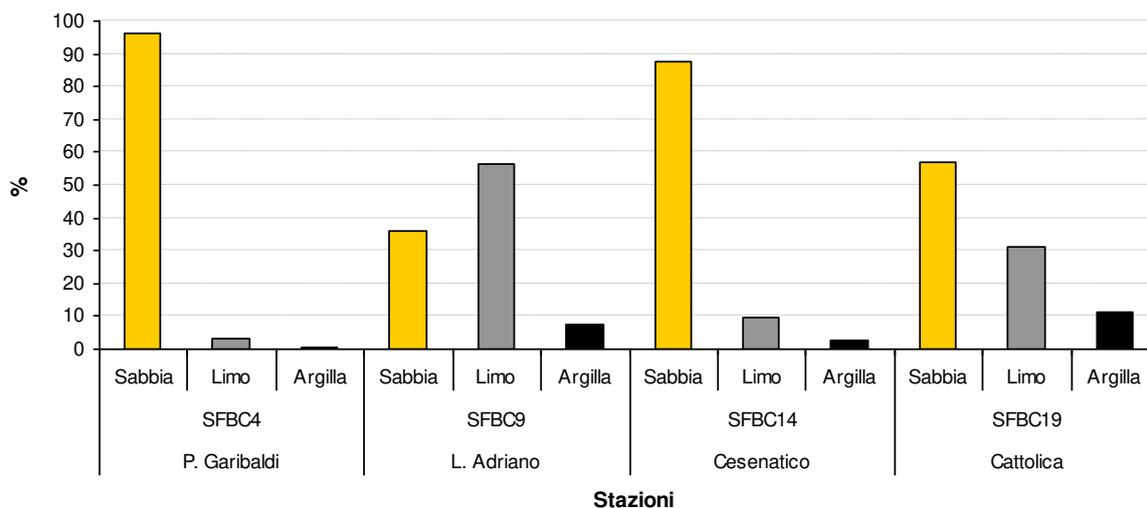


Figura 125 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

Carbonio Organico Totale

Di seguito si riportano le percentuali medie/anno di Carbonio Organico Totale (TOC) relative a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa (biocenosi VTC) ed a 4 stazioni situate a circa 1-2 km di distanza dalla costa (biocenosi SFBC) (Figura 126 e Figura 127). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale relative al 2021 nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra valori di 0.56 e 1.20%.

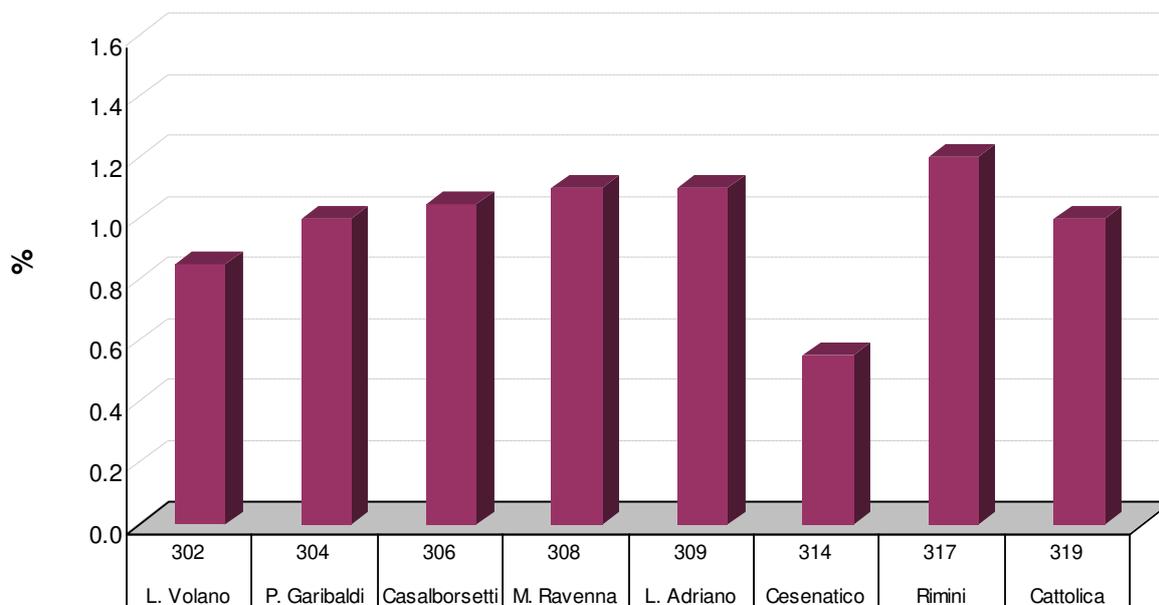


Figura 126 – Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa

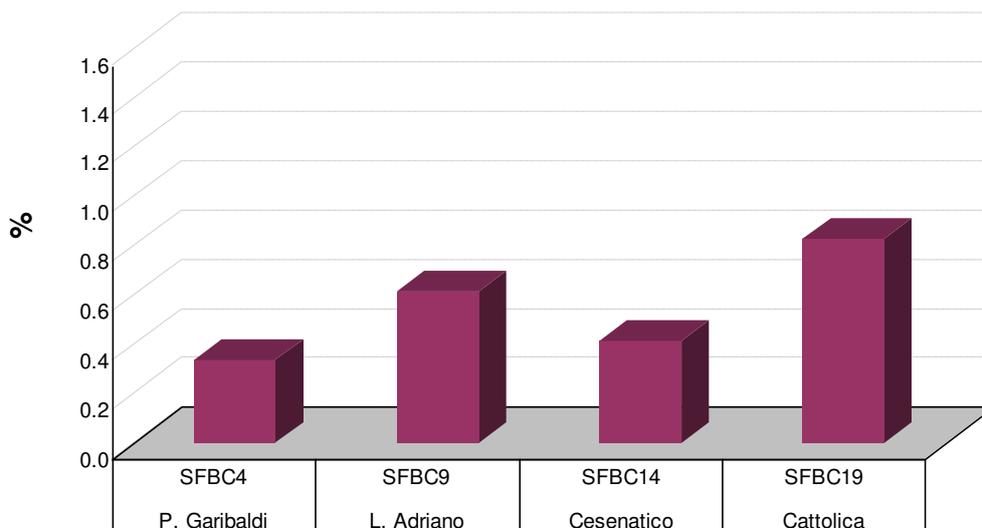


Figura 127 – Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità

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

La valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici dell'ambiente marino costiero della regione Emilia-Romagna è effettuata in conformità a quanto previsto dalla tab. 4.5/a del DLgs 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 e presentati nell’*Allegato II* non sono riportati nell’elenco di tab. 1/B del DLgs 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. Nell’elenco dei parametri scelti, dal 2020 sono inclusi anche terbutilazina e il suo principale metabolita desetil-terbutilazina. Lo SQA-MA per la somma dei due è pari a 0.2 µg/l e il limite di quantificazione è <0.010 µg/l.

Tutti i valori medi/anno, nel 2021, sono inferiori ai relativi SQA-MA e spesso anche al limite di quantificazione.

5.2.4 Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sugli inquinanti specifici si applicano per la valutazione dello stato chimico e gli standard di qualità ambientali per le diverse matrici riportate rispettivamente in:

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

In *Allegato III, IV e V* si riportano i valori medi/anno per stazione e per corpo idrico degli inquinanti specifici 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 DLgs 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 DLgs 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 DLgs 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 DLgs 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 DLgs 172/15) se quantificabile.

5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2021 la ricerca degli inquinanti specifici nella colonna d'acqua, parametri n° 1-33 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 2021, per gli inquinanti specifici prioritari ricercati nell'acqua di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15, sono rilevati superamenti che riguardano i limiti previsti dalla legge per la media annua e per i valori massimi ammissibili esclusivamente per il tributilstagno e per il corpo idrico marino costiero CD2 (Ravenna-Cattolica).

5.2.4.b Sostanze ricercate nel biota

Nella tabella 1/A del DLgs 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 difeniteribromurati, 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 DLgs 172/15).

In Emilia-Romagna, nell'anno 2021, 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 2021 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 2021. 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 2021 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 specifici 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, anche se abbiamo un valore critico relativo a tributilstagno di 5.3 µg/kg s.s., compreso all'interno dello scostamento ammesso dalla normativa tra lo SQA-MA e SQA-MA+20%, nella stazione 308 ed un superamento relativamente al DDT, sempre nella stazione 308. A livello di corpo idrico, invece, ancora in riferimento a TBT e pesticidi, nel 2021, non sono mai stati riscontrati valori medi/anno non conformi (Allegato V).

Anche i valori medi/anno di CD1 e CD2 per metalli e policiclici aromatici di cui alla tab. 2/A del DLgs 172/15 sono conformi a livello di corpo idrico nel periodo preso in esame.

Nelle figure che seguono si riportano i valori medi annuali delle concentrazioni di alcuni inquinanti ricercati, quali IPA (Figura 128), pesticidi ΣDDT, ΣDDD, ΣDDE (Figura 129), TBT e piombo (Figura 128), arsenico, cromo totale e cromo VI (Figura 131), diossine, furani e PCB (Figura 132), che verranno elaborati ai fini della analisi della tendenza, valutando i trend ascendenti e discendenti nella matrice sedimento.

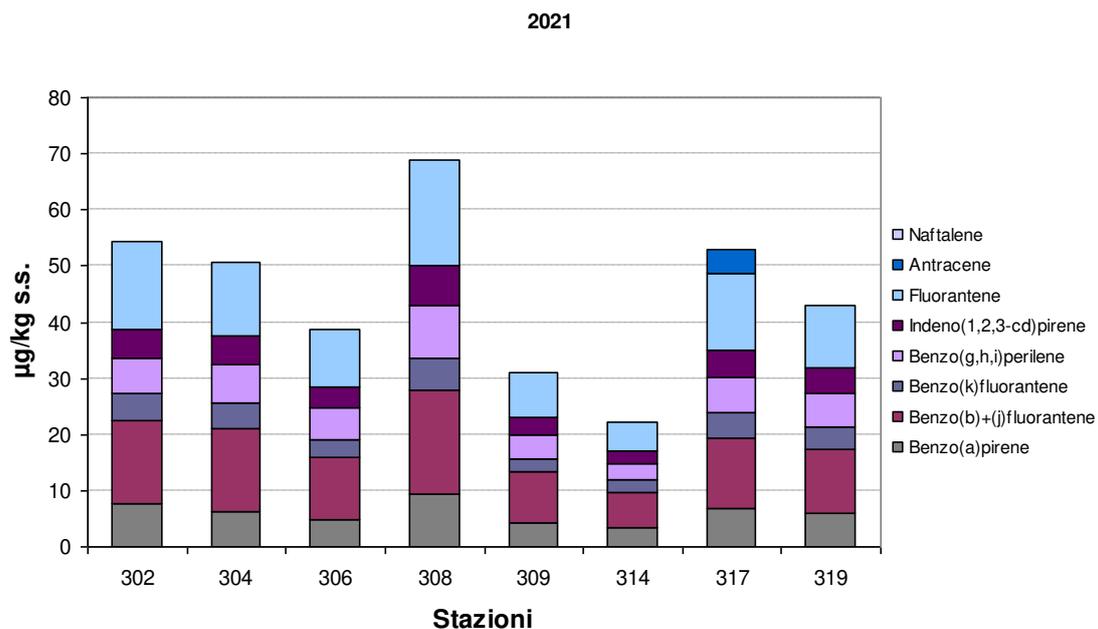


Figura 128 – Medie annuali di idrocarburi policiclici aromatici determinati nel sedimento

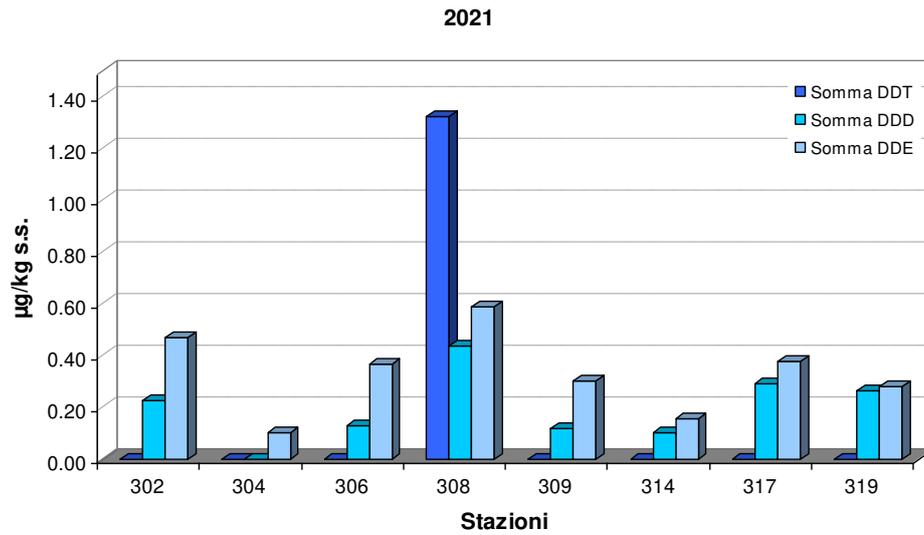


Figura 129 – Medie annuali di pesticidi (somma DDT, somma DDD, somma DDE) determinati nel sedimento

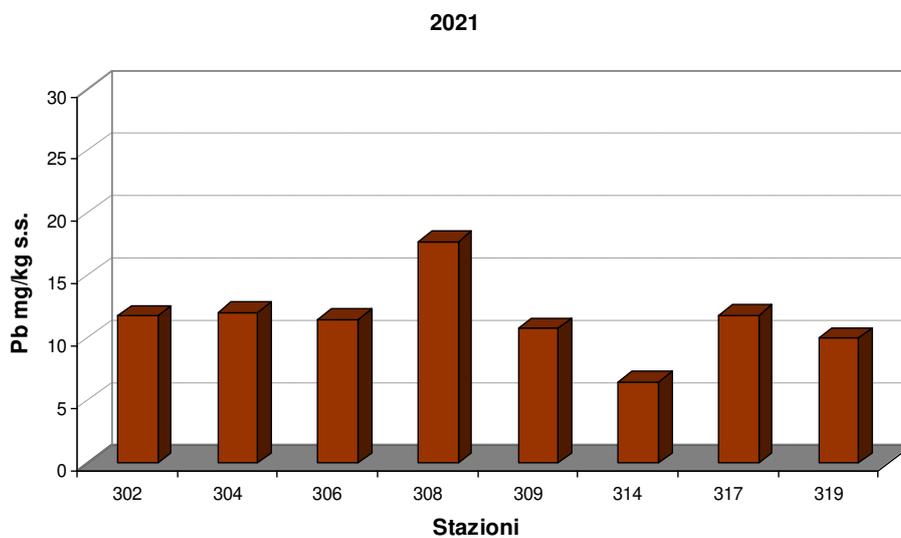
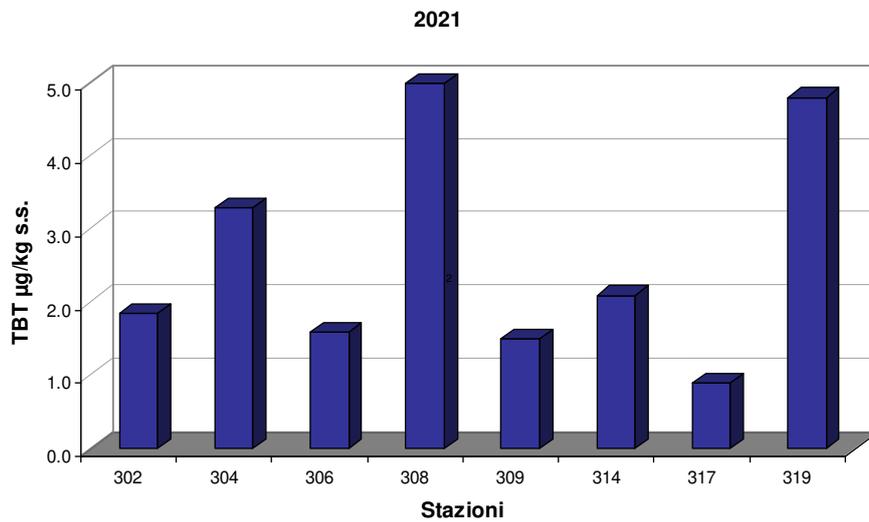


Figura 130 – Medie annuali di tributilstagno e piombo determinati nel sedimento

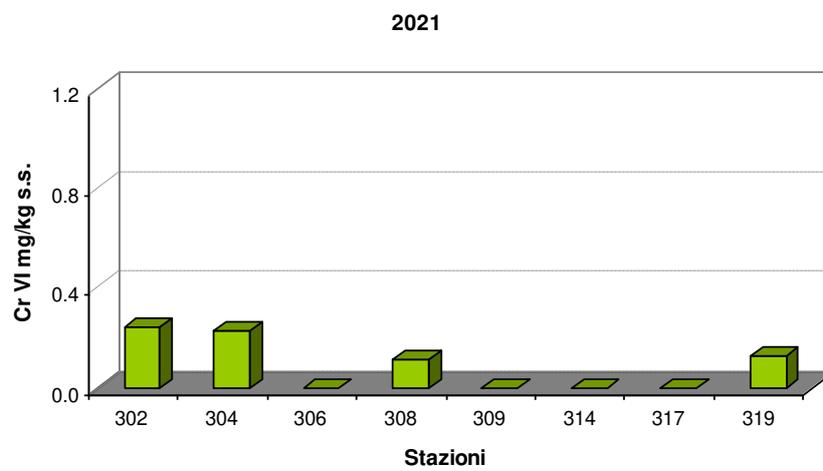
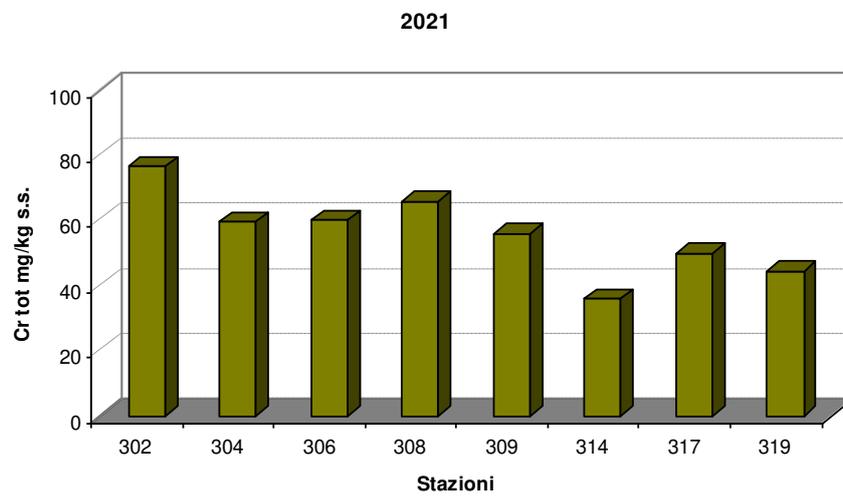
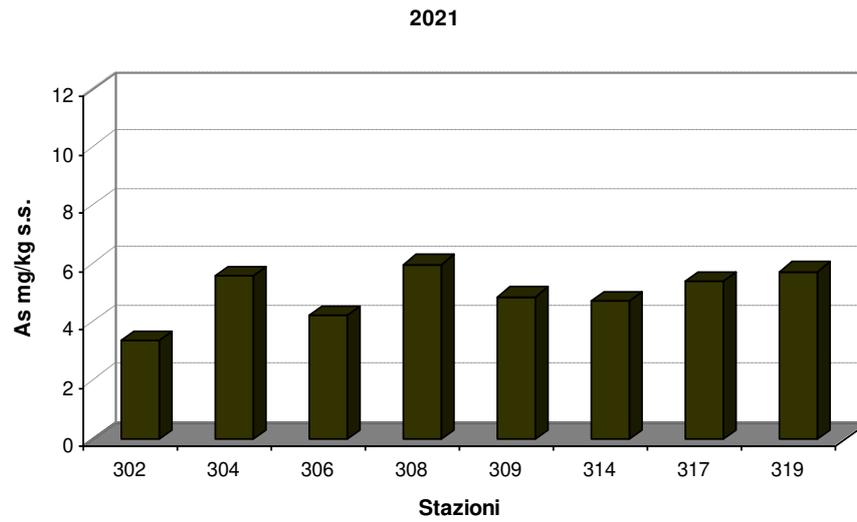


Figura 131 – Medie annuali di arsenico, cromo totale e cromo VI determinati nel sedimento

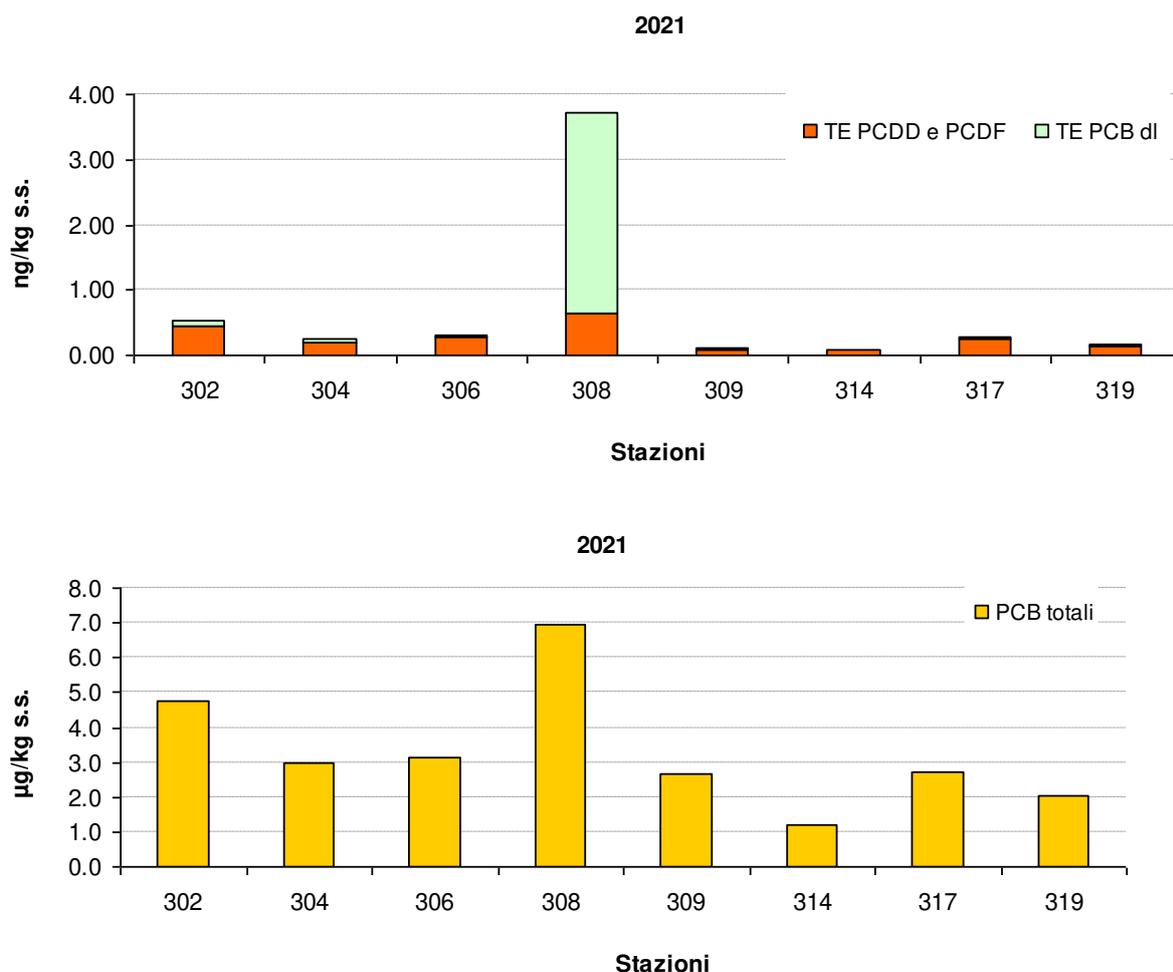


Figura 132 – Medie annuali di diossine, furani e PCB determinati nel sedimento

5.2.5 Test ecotossicologici

Nel 2021, 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 2021 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	0.81	A
304-P.Garibaldi	>90	>90	A	0.63	A
306-Casalborsetti	>90	>90	A	0.70	A
308-M.Ravenna	>90	>90	A	0.66	A
309-L.Adriano	>90	>90	A	0.71	A
314-Cesenatico	>90	>90	A	0.59	A
317-Rimini	>90	>90	A	0.89	A
319-Cattolica	>90	>90	A	0.37	A

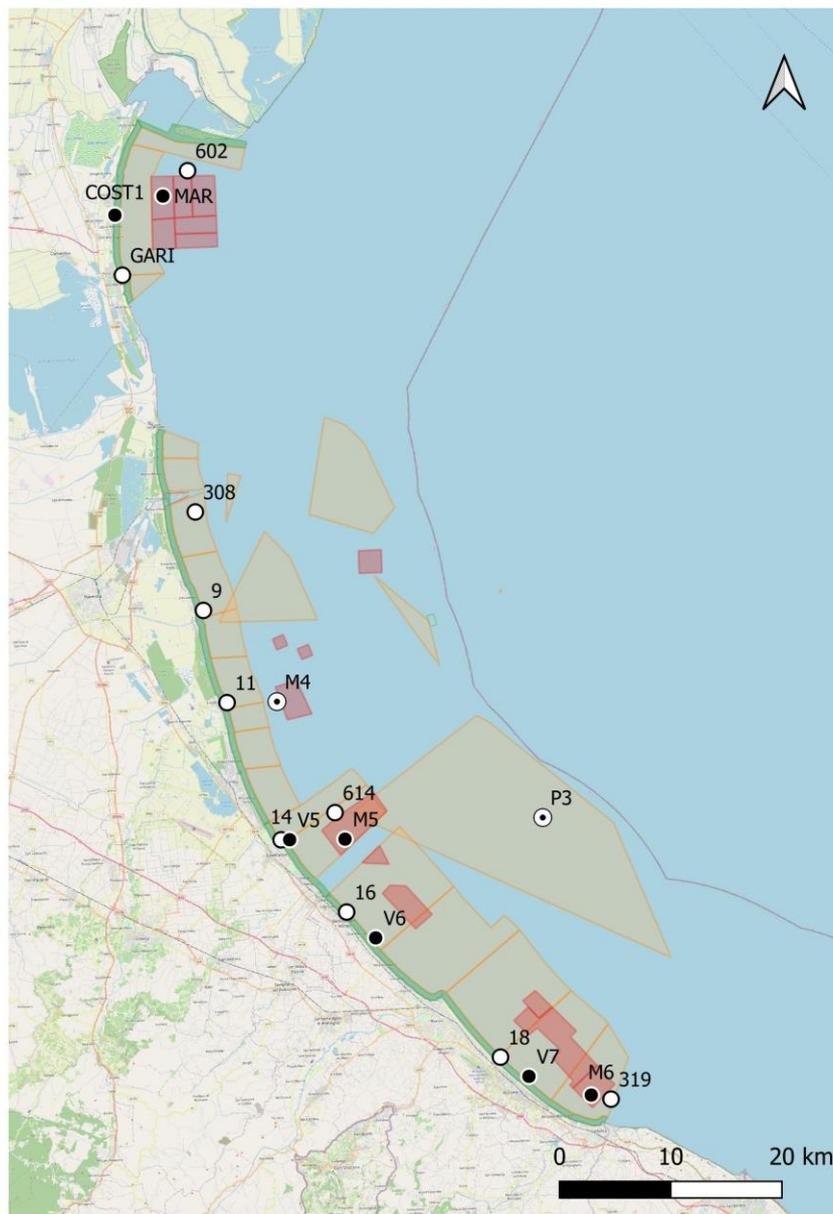
6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

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 133).

La rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi, ai sensi dell' all. 2 Sez C del D.Lgs.152/06, è riportata in Figura 133. La Struttura Oceanografica Daphne effettua il rilevamento delle caratteristiche qualitative nelle stazioni di monitoraggio della rete di cui sopra. Gran parte delle stazioni corrispondono infatti a quelle monitorate per la classificazione dello stato trofico delle acque costiere marine (rete di monitoraggio per lo stato trofico) garantendo il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativamente a: pH, temperatura, salinità, ossigeno disciolto in percentuale lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

Inoltre, in alcune stazioni della rete, la Struttura Oceanografica Daphne effettua i campionamenti per la determinazione dei seguenti parametri: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organo-alogenate, metalli pesanti, policiclici aromatici e coliformi fecali. Tali parametri sono analizzati dalla Sezione Provinciale di Ravenna. Per quanto concerne i restanti parametri quali: sostanze che influiscono sul sapore dei molluschi e sulle biotossine (sassitossina), ARPAE si rapporta con le AUSL per rispondere compiutamente a quanto richiesto dal D.Lgs.152/06.



Legenda

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

Figura 133 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (Determinazione del Responsabile del Servizio Prevenzione Collettiva e Sanità Pubblica n. 3077 del 22 febbraio 2021) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs.152/06)

7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 MEDUSE

Come ogni anno, anche nel 2021 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. Già verso metà giugno si sono registrate le prime segnalazioni della specie *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778) che si sono protratte per tutta l'estate con abbondanze decrescenti verso fine settembre. Questa specie è conosciuta anche con il nome comune "polmone di mare" rende molto bene l'aspetto di questa medusa (Foto 1) 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. Questa specie è poco urticante e raggiunge un diametro massimo di 50 cm.



Foto 1 - *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778)

7.2 AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI

Dai primi giorni di agosto fino ed in maniera continuata fino ai primi di ottobre, si sono registrati gli avvistamenti dello ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865, lungo tutta la costa. 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.

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.

È un organismo marino planctonico, carnivoro e luminescente che brilla di una luce bluverde quando viene stimolato dalla luce o dal contatto. Vorace predatore di zooplancton, uova e piccole larve di pesci, soprattutto acciughe, è considerata dannosa poiché provoca la diminuzione delle popolazioni ittiche.



Foto 2 - *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.3 FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS

Durante la seconda parte del mese di marzo sono state occasionalmente avvistate chiazze superficiali e nei primi metri di costa di colore arancione dovute alla proliferazione di una dinoflagellata *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, delle dimensioni che variavano dai 400 ai 600 μm . Caratterizzata da un solo flagello trasversale e da un tentacolo striato posteriore posteriormente, è una specie prevalentemente eterotrofa, ovvero si nutre di altri organismi, quali diatomee, ciliati e uova di pesce che fagocita all'interno dei suoi vacuoli. Non è pericolosa per l'uomo, ed è nota per il fenomeno della bioluminescenza che spesso la rende osservabile anche nelle ore notturne.



Foto 3 - *Noctiluca scintillans* fioritura lungo la riva di Cesenatico nel riquadro particolare al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.4 FIORITURE DI FIBROCAPSA JAPONICA

Nella mattinata del 15 luglio, sono giunte alcune segnalazioni da parte dei bagnanti che riportavano la presenza a sud del porto canale di Rimini, di alcuni tratti di costa prospicienti la battigia interessati da acque con colorazione tendente al bruno. Questo fenomeno si estendeva lungo il tratto prospiciente la zona sud dell'abitato di Rimini interessando i primi 100-200 metri dalla battigia verso il mare aperto. Si è trattato di un fenomeno del tutto naturale provocato dalla abbondante presenza della microalga assolutamente innocua per i bagnanti denominata *Fibrocapsa japonica* (Toriumi & Takano 1973). La fioritura ha insistito nelle acque prettamente costiere per circa una settimana, presentandosi con concentrazioni più o meno intense a seconda delle ore della giornata e dello spirare dei venti. Dalle letture effettuate in laboratorio le concentrazioni andavano dai 1.700.000 ai 3.600.000 cell/L. 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.

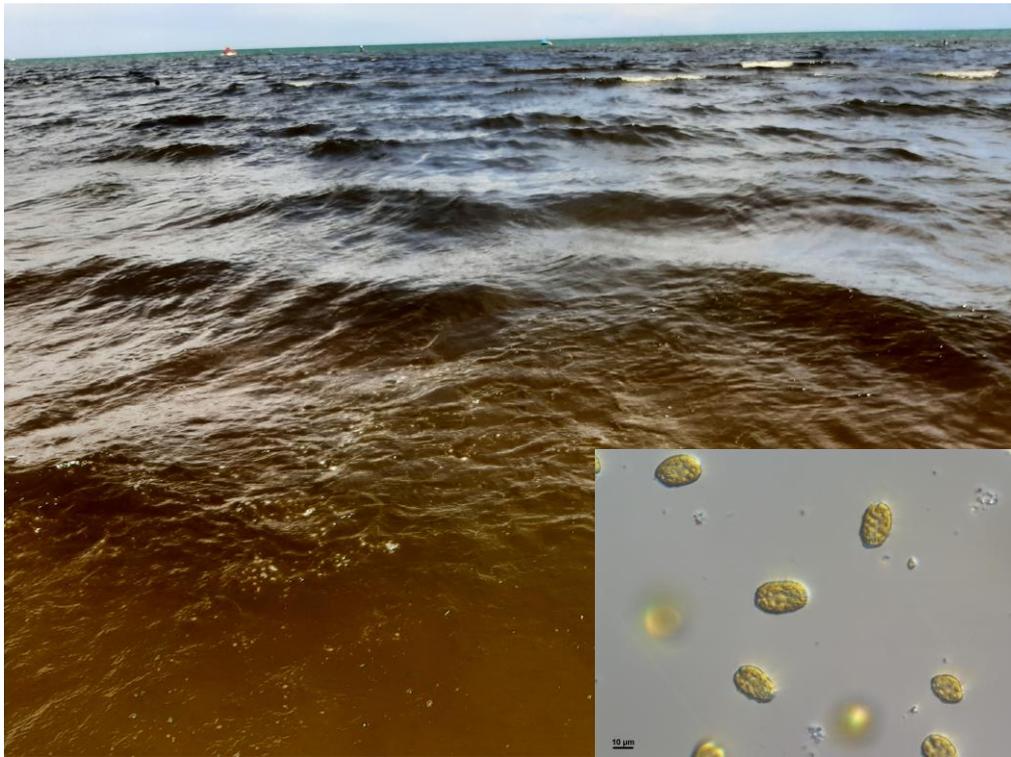


Foto 4 *Fibrocapsa japonica* in fioritura lungo la riva di Rimini: nel riquadro particolare al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

ALLEGATO I - STATISTICA DESCRITTIVA

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

Stazione 2 Lido di Volano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.35	17.65	28.12	8.17	1.24	5.83	315.18	10.53	19.88	704.83	25.79	5.04	602.94	187.18	28.04	5.77	2.94
Errore standard	0.04	1.70	1.42	0.50	0.13	0.76	83.32	1.71	4.12	91.68	2.03	0.98	105.92	69.19	2.79	0.16	0.20
Mediana	8.34	15.81	29.82	7.85	1.00	5.09	182.80	8.21	17.37	585.74	26.22	3.79	486.23	68.80	25.15	5.80	2.70
Moda					1.00	3.30			0.21			0.22					
Deviazione standard	0.18	7.78	6.53	2.27	0.60	3.46	381.81	7.81	18.86	420.13	9.30	4.51	485.37	317.09	12.77	0.73	0.94
Varianza campionaria	0.03	60.46	42.60	5.16	0.37	11.98	145777.62	61.07	355.73	176511.71	86.56	20.36	235582.91	100544.93	163.15	0.53	0.88
Curtosi	0.39	-1.69	0.59	0.66	-0.77	2.32	8.38	4.47	-0.34	4.83	-0.68	-0.43	9.90	8.23	1.09	-0.55	-1.20
Asimmetria	0.81	0.24	-0.82	0.92	0.44	1.64	2.70	1.76	0.74	1.99	0.29	0.90	2.84	2.73	1.25	-0.24	0.48
Intervallo	0.72	22.79	26.19	8.81	2.00	12.60	1691.07	33.92	60.29	1727.53	33.82	13.75	2258.70	1314.35	49.24	2.72	2.79
Minimo	8.05	7.05	11.18	4.47	0.50	2.60	0.70	1.94	0.21	353.02	10.27	0.22	157.19	14.87	11.53	4.23	1.68
Massimo	8.77	29.83	37.37	13.28	2.50	15.20	1691.77	35.86	60.50	2080.54	44.09	13.97	2415.89	1329.22	60.76	6.94	4.47
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.54	2.97	1.03	0.28	1.58	173.80	3.56	8.59	191.24	4.23	2.05	220.94	144.34	5.81	0.33	0.43

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.37	16.63	28.63	8.57	1.21	6.63	343.50	9.77	25.06	746.68	28.09	3.92	565.53	286.07	30.26	5.79	2.83
Errore standard	0.04	1.68	1.26	0.47	0.13	0.90	86.72	1.52	10.88	96.54	4.80	0.89	105.11	113.41	2.64	0.18	0.14
Mediana	8.36	14.35	30.07	8.40	1.00	5.80	173.41	8.21	9.11	704.94	21.78	2.83	493.34	139.02	26.78	5.80	2.75
Moda				8.82	1.00	5.00			0.21			0.22					
Deviazione standard	0.17	7.71	5.77	2.17	0.58	4.10	397.40	6.96	49.87	442.39	21.97	4.07	481.69	519.73	12.11	0.80	0.62
Varianza campionaria	0.03	59.47	33.33	4.73	0.33	16.85	157927.78	48.40	2487.04	195707.90	482.87	16.53	232026.29	270116.53	146.59	0.65	0.39
Curtosi	0.06	-1.63	0.80	-0.55	3.53	5.89	2.80	-0.59	11.06	3.88	7.53	3.32	6.21	8.72	0.05	0.03	-0.88
Asimmetria	0.04	0.31	-1.08	0.14	1.66	2.15	1.64	0.64	3.29	1.73	2.59	1.62	2.05	2.94	0.59	-0.59	0.17
Intervallo	0.66	23.14	21.89	8.23	2.50	18.40	1541.88	23.65	213.00	1861.18	96.90	16.23	2141.02	2133.52	48.66	2.99	2.09
Minimo	8.01	6.24	13.41	4.35	0.50	2.00	0.70	0.26	0.21	280.69	8.18	0.22	75.69	4.55	10.47	4.04	1.78
Massimo	8.68	29.38	35.29	12.58	3.00	20.40	1542.58	23.91	213.21	2141.87	105.08	16.45	2216.70	2138.07	59.13	7.03	3.86
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.51	2.63	0.99	0.26	1.87	180.89	3.17	22.70	201.37	10.00	1.85	219.26	236.58	5.51	0.37	0.28

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 2021																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.38	17.15	29.05	8.53	1.70	5.35	339.60	8.66	14.45	681.90	23.15	4.89	554.52	148.93	30.20	5.66	2.46
Errore standard	0.04	1.69	1.28	0.45	0.15	0.59	97.18	1.38	2.41	90.88	1.89	0.76	122.63	58.12	2.62	0.18	0.16
Mediana	8.34	15.22	30.64	8.26	1.50	4.60	165.88	8.62	11.85	550.47	21.68	4.29	385.17	51.57	27.11	5.69	2.26
Moda				6.89	1.00	3.50	0.70		0.21			0.22					3.36
Deviazione standard	0.17	7.74	5.85	2.08	0.69	2.72	445.31	6.30	11.06	416.48	8.65	3.47	561.96	266.33	12.02	0.84	0.73
Varianza campionaria	0.03	59.86	34.19	4.34	0.48	7.39	198305.29	39.71	122.43	173451.51	74.78	12.02	315797.92	70929.45	144.59	0.71	0.53
Curtosi	1.93	-1.66	5.04	0.33	-0.87	2.35	6.94	-0.45	0.10	7.30	0.10	2.34	10.77	7.19	-1.02	0.02	-0.83
Asimmetria	1.36	0.27	-1.94	0.92	0.51	1.37	2.44	0.64	0.73	2.49	0.58	1.09	3.08	2.77	0.45	-0.58	0.42
Intervallo	0.71	22.80	27.18	7.50	2.20	11.50	1890.53	21.03	40.30	1853.22	34.29	14.76	2557.13	1035.09	40.47	3.03	2.42
Minimo	8.15	6.41	9.96	6.08	0.80	1.80	0.70	0.18	0.21	290.73	9.77	0.22	130.01	1.06	13.03	3.91	1.38
Massimo	8.86	29.21	37.14	13.58	3.00	13.30	1891.23	21.21	40.51	2143.95	44.06	14.98	2687.14	1036.15	53.49	6.94	3.80
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.52	2.66	0.95	0.32	1.24	202.70	2.87	5.04	189.58	3.94	1.58	255.80	121.23	5.47	0.38	0.33

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.45	16.66	28.92	8.82	1.85	6.24	319.38	7.97	7.77	670.89	19.82	3.00	461.75	313.78	36.41	5.44	2.39
Errore standard	0.07	1.67	1.17	0.40	0.23	1.03	74.91	1.42	1.61	87.46	1.61	0.65	85.35	139.89	4.70	0.22	0.21
Mediana	8.36	14.08	31.56	8.44	1.50	4.90	210.71	7.17	6.12	581.27	21.49	1.52	396.25	112.76	28.97	5.61	2.33
Moda	8.24			1.50	1.50	5.50	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.34	7.67	5.35	1.81	1.05	4.72	343.26	6.53	7.36	400.81	7.38	2.98	391.11	641.05	21.56	1.02	0.95
Varianza campionaria	0.12	58.82	28.57	3.28	1.11	22.27	117827.54	42.63	54.22	160645.17	54.44	8.91	152964.34	410945.60	464.77	1.05	0.89
Curtosi	13.89	-1.70	1.40	-0.95	0.54	7.04	2.00	0.45	0.19	3.38	-1.24	1.95	3.77	17.05	2.95	0.62	-0.31
Asimmetria	3.49	0.33	-1.31	0.27	0.98	2.45	1.51	0.94	1.04	1.86	-0.12	1.33	1.70	3.98	1.86	-1.13	0.49
Intervallo	1.62	22.20	19.76	6.02	4.00	21.30	1288.61	23.02	24.63	1543.86	24.58	11.46	1632.08	2989.66	80.76	3.54	3.35
Minimo	8.20	6.91	14.25	6.06	0.50	1.30	0.70	0.06	0.21	300.10	6.87	0.22	61.63	0.43	16.34	3.20	0.96
Massimo	9.82	29.11	34.01	12.08	4.50	22.60	1289.31	23.08	24.84	1843.96	31.46	11.68	1693.71	2990.09	97.10	6.75	4.31
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.16	3.49	2.43	0.82	0.48	2.15	156.25	2.97	3.35	182.44	3.36	1.36	178.03	291.80	9.81	0.47	0.43

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

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.35	16.48	29.98	8.57	1.60	5.38	310.80	8.04	15.96	626.64	23.92	6.02	486.06	197.44	29.77	5.52	2.63
Errore standard	0.03	1.63	1.10	0.47	0.20	0.50	85.79	1.37	3.06	84.56	3.13	2.30	118.41	67.53	3.05	0.23	0.16
Mediana	8.33	14.11	30.75	8.25	1.00	5.20	158.75	6.52	11.25	473.58	19.86	3.62	383.61	79.24	29.43	5.59	2.43
Moda				6.71	1.00	2.80	0.70	2.54	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.15	7.45	5.04	2.18	0.94	2.31	393.13	6.28	14.03	387.52	14.34	10.54	542.64	309.47	13.97	1.06	0.72
Varianza campionaria	0.02	55.56	25.38	4.73	0.88	5.32	154548.92	39.44	196.78	150170.80	205.51	111.07	294456.41	95774.01	195.06	1.13	0.52
Curtosi	3.03	-1.66	0.23	-0.55	1.03	0.82	6.28	0.06	0.85	4.84	1.43	17.21	12.16	6.27	0.65	0.59	0.68
Asimmetria	1.38	0.32	-0.98	0.34	1.27	0.79	2.23	0.83	1.16	1.98	1.27	4.00	3.21	2.44	0.84	-0.97	0.73
Intervallo	0.68	21.70	18.38	8.46	3.50	9.50	1660.92	22.29	52.35	1630.26	55.28	49.89	2539.04	1242.98	53.18	3.85	2.90
Minimo	8.11	6.85	17.98	4.43	0.50	1.90	0.70	0.51	0.21	263.76	6.46	0.22	59.56	0.85	9.26	3.10	1.62
Massimo	8.80	28.55	36.35	12.89	4.00	11.40	1661.62	22.80	52.56	1894.02	61.74	50.11	2598.61	1243.83	62.43	6.95	4.52
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.39	2.29	0.99	0.43	1.05	178.95	2.86	6.39	176.40	6.53	4.80	247.01	140.87	6.36	0.48	0.33

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.38	16.47	30.29	8.67	2.25	5.45	264.61	7.10	7.30	603.13	20.06	2.49	396.04	325.98	32.43	5.19	2.18
Errore standard	0.03	1.69	0.94	0.45	0.28	0.73	70.42	1.34	1.71	84.94	2.18	0.55	83.81	144.19	3.96	0.25	0.15
Mediana	8.34	13.97	31.11	8.20	2.00	5.20	133.81	6.22	7.13	454.35	18.41	1.64	265.50	114.82	27.05	5.28	2.07
Moda					1.50	3.00	0.70		0.21			0.22					2.07
Deviazione standard	0.14	7.77	4.32	2.06	1.26	3.36	322.72	6.13	7.85	389.27	9.97	2.51	384.05	660.74	18.16	1.16	0.70
Varianza campionaria	0.02	60.32	18.70	4.26	1.59	11.26	104145.27	37.52	61.65	151528.58	99.42	6.28	147492.36	436577.65	329.94	1.34	0.50
Curtosi	4.68	-1.70	2.46	-1.09	-0.25	6.86	3.80	0.67	4.90	2.22	1.04	0.44	8.06	13.91	6.38	-0.73	-0.87
Asimmetria	1.85	0.30	-1.46	0.62	0.81	2.28	1.78	1.06	1.89	1.65	1.00	1.04	2.55	3.55	2.22	-0.35	0.48
Intervallo	0.62	22.15	17.63	5.94	4.50	15.50	1282.26	21.70	32.90	1345.04	39.00	8.74	1699.92	2968.89	79.81	4.14	2.31
Minimo	8.22	6.42	17.63	6.36	0.50	1.60	0.70	0.06	0.21	236.21	5.01	0.22	74.53	0.95	15.27	2.92	1.20
Massimo	8.84	28.58	35.25	12.30	5.00	17.10	1282.96	21.75	33.11	1581.25	44.01	8.96	1774.44	2969.84	95.07	7.06	3.51
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.54	1.97	0.94	0.57	1.53	146.90	2.79	3.57	177.19	4.54	1.14	174.82	300.77	8.27	0.53	0.32

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

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.32	16.28	31.51	8.29	2.29	5.80	222.23	7.12	18.09	540.81	18.03	2.33	370.13	288.93	32.25	5.40	2.18
Errore standard	0.03	1.60	0.90	0.54	0.28	0.95	53.71	1.16	4.80	67.30	1.91	0.48	64.42	109.81	3.53	0.20	0.20
Mediana	8.31	13.69	32.32	8.07	2.50	4.50	199.54	7.32	10.11	451.89	14.70	2.07	371.97	118.37	28.59	5.58	1.96
Moda	8.29				1.00	4.50	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.12	7.34	4.14	2.47	1.26	4.36	246.14	5.31	21.98	308.41	8.73	2.18	295.21	503.22	16.16	0.90	0.92
Varianza campionaria	0.01	53.87	17.15	6.09	1.59	19.04	60585.97	28.20	483.13	95119.67	76.28	4.77	87149.43	253233.84	261.04	0.81	0.84
Curtosi	0.94	-1.76	4.31	-0.48	-0.71	9.88	0.96	0.84	2.46	2.37	-0.03	0.69	3.18	8.43	2.79	-0.07	0.02
Asimmetria	-0.01	0.31	-1.74	0.34	0.25	2.83	1.11	0.96	1.79	1.47	0.89	1.14	1.54	2.79	1.66	-0.04	0.97
Intervallo	0.51	19.92	18.28	8.90	4.50	20.10	889.39	20.19	78.89	1197.34	31.37	7.52	1237.90	2096.44	65.13	3.70	3.04
Minimo	8.07	7.66	18.26	4.10	0.50	2.00	0.70	0.06	0.21	246.89	7.14	0.22	30.99	2.36	14.26	3.65	1.14
Massimo	8.58	27.58	36.54	13.00	5.00	22.10	890.09	20.25	79.10	1444.22	38.50	7.74	1268.88	2098.80	79.39	7.35	4.18
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.34	1.89	1.12	0.57	1.99	112.04	2.42	10.01	140.39	3.98	0.99	134.38	229.06	7.35	0.41	0.42

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.29	16.26	31.80	8.05	2.10	5.28	209.46	7.30	22.18	520.46	23.09	2.49	305.83	292.25	25.27	5.37	2.45
Errore standard	0.03	1.61	0.96	0.49	0.24	1.31	58.06	1.38	3.39	63.78	2.63	0.46	71.05	127.86	2.15	0.17	0.18
Mediana	8.27	13.48	33.60	7.96	2.00	3.10	140.88	7.03	18.16	413.17	17.88	2.04	203.07	69.59	27.77	5.28	2.27
Moda					2.00	2.90	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.14	7.36	4.39	2.22	1.09	6.01	266.07	6.34	15.52	292.28	12.04	2.10	325.59	585.93	9.86	0.78	0.84
Varianza campionaria	0.02	54.16	19.28	4.94	1.20	36.16	70792.14	40.25	240.86	85428.02	145.03	4.43	106010.01	343310.79	97.26	0.61	0.71
Curtosi	1.37	-1.70	8.12	0.18	-1.21	11.28	3.42	1.46	-0.92	6.21	-0.82	0.57	7.39	9.39	-0.72	1.46	-0.25
Asimmetria	1.23	0.23	-2.59	0.53	0.07	3.16	1.77	1.32	0.46	2.30	0.63	0.92	2.49	3.05	0.02	0.96	0.80
Intervallo	0.53	20.23	19.60	8.74	3.50	27.20	1030.36	24.25	49.34	1271.45	41.62	7.73	1427.58	2415.31	33.56	3.29	2.98
Minimo	8.11	6.74	16.02	4.68	0.50	1.10	0.70	0.48	0.21	248.46	6.89	0.22	26.27	2.42	9.36	4.23	1.40
Massimo	8.64	26.96	35.62	13.42	4.00	28.30	1031.06	24.73	49.55	1519.90	48.50	7.95	1453.84	2417.73	42.92	7.52	4.38
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.35	2.00	1.01	0.50	2.74	121.11	2.89	7.06	133.04	5.48	0.96	148.21	266.71	4.49	0.35	0.38

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

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.35	16.28	31.50	8.44	2.80	5.35	199.50	6.85	10.13	474.74	14.87	1.88	286.40	273.84	39.98	5.21	2.11
Errore standard	0.02	1.63	0.79	0.48	0.46	0.86	43.73	1.15	2.33	40.99	1.71	0.40	43.93	86.41	5.86	0.21	0.21
Mediana	8.34	13.98	31.66	7.96	2.50	4.90	167.85	7.17	8.46	435.18	11.81	1.58	253.54	109.02	31.07	5.25	1.82
Moda				1.00	5.70	0.70		0.21			0.22						
Deviazione standard	0.11	7.47	3.60	2.20	2.11	3.96	200.38	5.28	10.67	187.82	7.85	1.81	201.30	395.97	26.86	0.97	0.95
Varianza campionaria	0.01	55.85	12.95	4.83	4.45	15.68	40150.72	27.87	113.80	35278.20	61.66	3.28	40522.96	156789.89	721.29	0.93	0.90
Curtosi	0.35	-1.73	1.83	-0.66	0.30	5.23	-1.33	-0.64	4.28	-1.12	-0.20	2.04	-0.11	1.88	6.16	-0.27	-0.70
Asimmetria	0.77	0.29	-1.15	0.69	1.08	1.90	0.49	0.56	1.94	0.51	0.67	1.43	0.75	1.71	2.27	-0.63	0.78
Intervallo	0.43	20.80	14.93	7.24	7.00	17.60	565.92	17.55	42.66	556.78	29.25	6.55	712.20	1340.63	117.77	3.36	2.95
Minimo	8.17	7.13	21.34	5.54	0.50	0.90	0.70	0.26	0.21	247.10	3.94	0.22	50.47	1.30	13.52	3.24	0.98
Massimo	8.60	27.93	36.26	12.78	7.50	18.50	566.62	17.81	42.87	803.89	33.18	6.77	762.67	1341.93	131.29	6.61	3.93
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.40	1.64	1.00	0.96	1.80	91.21	2.40	4.86	85.50	3.57	0.82	91.63	180.24	12.23	0.44	0.43

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.38	16.27	32.08	8.90	3.05	5.46	193.12	6.88	8.39	479.86	15.75	2.19	250.45	282.75	32.72	4.96	1.92
Errore standard	0.03	1.61	0.77	0.62	0.42	1.18	50.71	1.50	1.69	53.55	1.97	0.43	58.00	111.52	2.17	0.27	0.19
Mediana	8.33	13.51	33.44	8.22	2.50	3.85	123.20	6.89	8.67	421.97	14.26	1.81	140.42	81.73	31.22	4.71	1.62
Moda				5.97	3.50	2.70	0.70		0.21		6.18	0.22					1.62
Deviazione standard	0.15	7.39	3.52	2.84	1.93	5.40	232.36	6.87	7.76	245.41	9.01	1.98	265.78	511.05	9.97	1.22	0.86
Varianza campionaria	0.02	54.61	12.40	8.06	3.74	29.19	53992.05	47.25	60.22	60225.30	81.18	3.92	70637.44	261173.78	99.32	1.49	0.74
Curtosi	0.03	-1.73	2.96	2.34	0.26	8.77	1.13	-0.06	0.93	0.74	4.64	1.85	1.67	5.44	-0.35	-0.50	0.39
Asimmetria	1.00	0.25	-1.60	1.43	0.86	2.77	1.30	0.97	1.06	1.09	1.68	1.22	1.46	2.42	0.56	0.10	1.21
Intervallo	0.51	19.81	14.44	11.20	6.70	24.20	817.27	22.17	27.38	926.18	40.22	7.62	969.49	1932.19	35.81	4.75	3.01
Minimo	8.18	6.80	21.35	5.97	0.80	0.80	0.70	0.18	0.21	180.52	4.82	0.22	11.99	1.20	19.29	2.78	0.86
Massimo	8.69	26.61	35.79	17.17	7.50	25.00	817.97	22.34	27.59	1106.70	45.04	7.84	981.47	1933.40	55.10	7.53	3.86
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.36	1.60	1.29	0.88	2.46	105.77	3.13	3.53	111.71	4.10	0.90	120.98	232.63	4.54	0.55	0.39

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.36	16.72	33.14	8.16	2.32	3.68	158.67	6.90	11.30	447.77	17.78	1.93	204.57	209.07	27.36	4.90	2.59
Errore standard	0.04	1.64	0.47	0.49	0.32	0.69	35.08	1.17	2.27	40.13	2.20	0.41	36.47	68.57	1.71	0.21	0.21
Mediana	8.27	13.47	34.18	8.00	2.00	2.70	132.21	7.67	9.29	413.25	14.15	1.37	162.24	94.13	29.54	4.88	2.49
Moda					2.00	2.70	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.21	7.54	2.15	2.23	1.48	3.17	160.75	5.35	10.40	183.88	10.07	1.88	167.14	314.24	7.83	0.97	0.97
Varianza campionaria	0.04	56.79	4.63	4.98	2.19	10.05	25840.18	28.60	108.17	33811.15	101.43	3.55	27935.91	98748.02	61.33	0.95	0.94
Curtosi	0.40	-1.76	-1.17	0.93	-0.34	5.00	0.10	0.00	6.81	-0.46	3.48	2.37	2.23	5.37	-0.64	-1.02	0.14
Asimmetria	1.30	0.26	-0.57	1.07	0.77	2.10	0.96	0.61	2.22	0.54	1.75	1.55	1.52	2.26	0.21	0.04	0.29
Intervallo	0.66	19.89	6.72	8.57	5.20	13.10	530.24	18.89	47.24	670.74	43.22	7.02	645.24	1249.72	27.72	3.40	4.14
Minimo	8.13	7.25	29.19	5.32	0.30	0.90	0.70	0.15	0.21	166.53	5.26	0.22	35.04	1.15	15.41	3.06	0.61
Massimo	8.80	27.15	35.91	13.89	5.50	14.00	530.94	19.03	47.45	837.26	48.47	7.24	680.29	1250.88	43.13	6.46	4.75
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.43	0.98	1.02	0.67	1.44	73.17	2.43	4.73	83.70	4.58	0.86	76.08	143.04	3.56	0.44	0.44

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.36	16.45	33.58	8.13	2.66	3.23	146.10	6.65	11.64	454.52	19.62	1.41	184.65	231.05	29.83	4.83	2.47
Errore standard	0.04	1.63	0.56	0.50	0.35	0.58	38.95	1.49	2.18	81.95	3.87	0.30	35.54	83.96	3.49	0.22	0.21
Mediana	8.29	13.16	34.45	7.93	2.50	2.75	139.74	5.96	9.53	362.00	12.86	0.87	121.17	74.46	30.03	4.33	2.19
Moda					1.50	0.70	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.17	7.48	2.55	2.29	1.61	2.64	178.50	6.81	9.99	375.56	17.74	1.38	162.87	384.75	15.99	1.02	0.95
Varianza campionaria	0.03	56.02	6.48	5.27	2.58	6.98	31860.61	46.34	99.71	141048.73	314.62	1.91	26525.14	148032.48	255.72	1.04	0.91
Curtosi	-0.36	-1.72	2.28	0.65	-1.43	4.75	3.70	1.92	2.04	16.23	6.18	0.64	3.07	9.74	2.98	-1.46	-0.26
Asimmetria	0.91	0.22	-1.39	1.06	0.25	1.97	1.68	1.44	1.39	3.85	2.49	1.20	1.73	2.88	1.06	0.13	0.71
Intervallo	0.55	21.43	10.30	8.65	4.80	11.10	708.12	24.56	39.85	1796.25	71.10	4.72	645.63	1663.25	72.74	3.16	3.32
Minimo	8.18	5.66	26.07	5.39	0.50	0.70	0.70	0.06	0.21	210.18	6.66	0.22	25.05	1.85	4.98	3.32	1.08
Massimo	8.73	27.10	36.37	14.04	5.30	11.80	708.82	24.61	40.06	2006.43	77.76	4.94	670.68	1665.09	77.72	6.48	4.40
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.41	1.16	1.04	0.73	1.20	81.25	3.10	4.55	170.95	8.07	0.63	74.14	175.14	7.28	0.46	0.43

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

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.36	16.66	33.37	8.25	3.43	3.24	141.57	6.47	7.34	387.58	13.90	1.41	187.08	187.74	37.44	4.49	2.15
Errore standard	0.03	1.62	0.42	0.48	0.50	0.57	32.89	1.20	1.91	33.92	2.37	0.28	36.97	52.65	4.38	0.26	0.20
Mediana	8.31	13.37	33.98	8.19	3.00	2.00	130.49	6.90	5.56	387.34	13.88	1.15	163.19	87.16	30.65	4.86	1.97
Moda					1.50		0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.13	7.43	1.94	2.19	2.28	2.62	150.71	5.50	8.77	155.43	10.85	1.30	169.42	241.26	20.05	1.20	0.90
Varianza campionaria	0.02	55.27	3.77	4.78	5.21	6.85	22714.09	30.29	76.99	24159.59	117.75	1.69	28703.78	58207.40	402.17	1.43	0.82
Curtosi	0.57	-1.78	-0.52	1.03	-0.49	1.02	0.60	1.40	3.04	1.90	8.57	2.37	4.01	1.00	1.37	-1.05	0.90
Asimmetria	1.15	0.26	-0.70	1.09	0.73	1.32	0.98	0.90	1.63	1.10	2.58	1.58	1.76	1.40	1.21	-0.42	0.85
Intervallo	0.45	19.18	6.68	8.10	8.00	9.50	539.22	21.71	33.90	639.75	51.02	4.69	707.59	777.37	82.10	4.17	3.88
Minimo	8.19	7.63	29.24	5.72	0.50	0.20	0.70	0.06	0.21	190.89	2.13	0.22	17.34	1.74	7.61	2.13	0.51
Massimo	8.65	26.80	35.92	13.82	8.50	9.70	539.92	21.77	34.11	830.64	53.14	4.91	724.93	779.11	89.70	6.30	4.38
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.38	0.88	0.99	1.04	1.19	68.60	2.51	3.99	70.75	4.94	0.59	77.12	109.82	9.13	0.54	0.41

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.37	16.50	33.72	8.30	3.86	3.99	129.62	6.00	4.79	385.70	14.93	1.20	154.24	209.76	33.02	4.54	2.02
Errore standard	0.04	1.65	0.56	0.53	0.59	0.99	36.33	1.37	1.35	50.14	2.59	0.25	35.18	78.74	4.01	0.29	0.20
Mediana	8.31	13.38	34.74	7.96	3.00	2.18	122.86	5.45	1.51	338.60	10.89	0.95	85.02	35.48	30.13	4.60	1.88
Moda	8.27				1.00	0.60	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.16	7.56	2.56	2.44	2.69	4.56	166.50	6.29	6.17	229.78	11.85	1.17	161.21	360.85	18.38	1.32	0.92
Varianza campionaria	0.03	57.19	6.56	5.96	7.23	20.75	27721.16	39.55	38.04	52799.33	140.53	1.36	25987.65	130210.84	337.66	1.75	0.85
Curtosi	1.32	-1.75	1.89	0.38	-1.03	2.64	4.55	1.16	0.81	9.03	6.30	2.94	3.68	10.26	5.09	-1.39	0.59
Asimmetria	1.40	0.21	-1.45	1.09	0.59	1.83	1.91	1.22	1.36	2.70	2.27	1.73	1.94	2.96	1.80	-0.01	0.86
Intervallo	0.59	20.63	9.91	8.53	8.00	16.20	667.01	21.68	19.59	1036.72	51.61	4.18	620.03	1566.14	86.65	4.22	3.49
Minimo	8.20	6.22	26.67	5.68	0.50	0.20	0.70	0.06	0.21	191.02	3.98	0.22	12.42	1.72	6.92	2.42	0.55
Massimo	8.80	26.84	36.59	14.21	8.50	16.40	667.71	21.74	19.80	1227.74	55.58	4.40	632.44	1567.86	93.57	6.64	4.04
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.44	1.17	1.11	1.22	2.07	75.79	2.86	2.81	104.60	5.40	0.53	73.38	164.26	8.36	0.60	0.42

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

Stazione 13 Zadina 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.29	16.12	32.29	7.99	1.63	4.98	179.93	7.25	24.03	476.66	16.90	2.15	327.30	259.72	33.88	5.10	2.90
Errore standard	0.03	1.62	0.53	0.38	0.24	0.73	40.75	1.05	5.22	40.16	1.83	0.43	72.61	86.17	4.59	0.15	0.22
Mediana	8.29	13.51	32.92	7.96	1.00	4.60	187.09	7.42	15.55	406.90	16.35	1.65	240.85	116.48	25.74	4.93	2.39
Moda	8.29				1.00	4.40	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.12	7.41	2.44	1.75	1.11	3.35	186.74	4.82	23.92	184.02	8.38	1.95	332.73	394.87	21.04	0.69	1.00
Varianza campionaria	0.02	54.90	5.95	3.06	1.24	11.20	34872.29	23.20	572.03	33865.06	70.18	3.81	110707.52	155921.80	442.60	0.48	0.99
Curtosi	3.65	-1.76	-0.98	-0.45	-1.15	3.20	0.48	-1.13	2.76	-0.10	1.24	0.13	8.64	5.36	6.17	-1.37	0.43
Asimmetria	1.36	0.29	-0.49	0.16	0.56	1.64	0.93	0.09	1.73	0.76	0.96	0.88	2.63	2.27	2.27	-0.03	1.03
Intervallo	0.55	20.46	7.84	6.91	3.30	13.80	665.98	15.65	88.03	659.11	34.24	6.77	1520.02	1562.59	90.34	2.25	3.67
Minimo	8.12	7.06	27.57	4.91	0.20	1.00	0.70	0.06	0.21	248.78	5.09	0.22	15.67	1.17	15.45	3.89	1.78
Massimo	8.67	27.52	35.42	11.82	3.50	14.80	666.68	15.70	88.24	907.90	39.33	6.99	1535.68	1563.76	105.79	6.14	5.45
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.37	1.11	0.80	0.51	1.52	85.00	2.19	10.89	83.77	3.81	0.89	151.46	179.74	9.58	0.31	0.45

Stazione 308 Marina di Ravenna 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2021																	
	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	8.37	16.43	30.91	8.68	2.30	5.97	238.10	7.31	11.10	558.52	21.42	2.74	363.18	304.30	35.08	5.27	2.26
Errore standard	0.03	1.68	0.80	0.46	0.31	0.98	52.55	1.25	4.09	55.95	3.02	0.64	56.12	103.19	5.52	0.27	0.19
Mediana	8.34	14.11	30.85	8.16	2.00	5.00	202.16	6.90	5.03	520.21	16.66	2.20	319.04	104.03	27.08	5.70	2.00
Moda	8.29				2.00	6.20	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.15	7.68	3.67	2.11	1.40	4.51	240.82	5.74	18.73	256.38	13.82	2.96	257.18	472.86	25.28	1.23	0.86
Varianza campionaria	0.02	58.93	13.49	4.46	1.97	20.30	57995.59	32.92	350.80	65729.33	191.03	8.73	66141.84	223593.62	638.90	1.51	0.74
Curtosi	2.33	-1.68	0.04	-0.78	-1.10	6.48	-1.10	-0.56	6.86	0.62	1.98	3.51	-0.44	3.11	1.95	-0.62	-1.11
Asimmetria	1.16	0.30	-0.48	0.38	0.52	2.41	0.57	0.55	2.72	0.84	1.19	1.71	0.71	1.94	1.66	-0.74	0.49
Intervallo	0.67	21.97	14.73	7.19	4.50	19.50	708.23	18.45	71.57	988.78	56.14	11.68	825.52	1661.13	90.62	3.98	2.77
Minimo	8.10	6.78	22.08	5.11	0.50	1.70	0.70	0.06	0.21	224.82	5.28	0.22	63.03	0.68	12.27	2.77	1.16
Massimo	8.77	28.75	36.81	12.30	5.00	21.20	708.93	18.50	71.78	1213.60	61.42	11.90	888.55	1661.81	102.88	6.75	3.93
Conteggio	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.49	1.67	0.96	0.64	2.05	109.62	2.61	8.53	116.70	6.29	1.35	117.07	215.24	11.51	0.56	0.39

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 DLgs 172/15)

Parametri/Stazioni	2021					
	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>	0.020	0.014	0.012	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Azoxistrobin</i>	0.038	0.024	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Boscalid</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>	0.015	0.012	0.012	<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>Clorantraniliprolo(DPX E-2Y45)</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 specifici appartenenti all'elenco di priorità

Concentrazioni medie per stazione (µg/l) inquinanti specifici prioritari (tab. 1/A DLgs 172/15)

Parametri/ Stazioni	SQA- MA (µg/L)	2021					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	0.6	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzene	8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Somma PBDE*		<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Cadmio e composti	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Tetracloruro di carbonio	12	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Clorfenvifos	0.1	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Clorpirifos Etile	0.03	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Antiparassitari ciclodiene (somma)	0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
p,p DDT	0.01	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
DDT totale	0.025	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
1,2-Dicloroetano	10	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Diclorometano	20	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Di(2-etilesil)Ftalato (DEHP)	1.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Diuron	0.2	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Endosulfan (somma)	0.0005	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluorantene	0.0063	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.002	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Esaclorobutadiene	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorocicloesano (somma)	0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Isoproturon	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Piombo e composti	1.3	<1	<1	<1	<1	<1	<1
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	0.004	0.005	0.004	0.004
Pentaclorobenzene	0.0007	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pentaclorofenolo	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzo(a)pirene	0.00017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(b)+(j)fluorantene *		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(k)fluorantene *		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(g,h,i)perilene *		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Simazina	1	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tetracloroetilene	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetilene	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno	0.0002	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Triclorobenzeni (somma)	0.4	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cloroformio (Triclorometano)	2.5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Trifluralin	0.03	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Chinossifen	0.015	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Aclonifen	0.012	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cibutrina	0.0025	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Terbutrina	0.0065	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

* Parametri che non presentano alcun SQA-MA nella tabella 1/A del DLgs 172/15

Concentrazioni massime (µg/l) inquinanti specifici prioritari (tab. 1\A DLgs 172/15)

Parametri/Stazioni	SQA-CMA (µg/L)	2021					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.7	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	2	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzene	50	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Somma PBDE	0.014	0.00005	<0.00004	0.00008	0.00008	<0.00004	<0.00004
Cadmio e composti		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
Tetracloruro di carbonio*		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Clorfenvifos	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Clorpirifos Etile	0.1	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Antiparassitari ciclodiene (somma)*		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
p,p DDT*		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
DDT totale*		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
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)*		0.4	0.3	<0.2	0.4	0.2	1
Diuron	1.8	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Endosulfan (somma)	0.004	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluorantene	0.12	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.05	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Esaclorobutadiene	0.6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorocicloesano (somma)	0.02	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Isoproturon	1	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Piombo e composti	14	<1	<1	<1	<1	1	<1
Mercurio e composti	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	130	0.007	0.005	<0.005	<0.005	0.009	<0.005
Nichel	34	<2	2	<2	2	<2	<2
4-nonil-fenolo	2	0.07	0.04	0.06	0.05	0.05	0.15
Octil-fenolo*		0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.015
Pentaclorobenzene*		<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pentaclorofenolo	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzo(a)pirene	0.027	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(b)+(j)fluorantene	0.017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(k)fluorantene	0.017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(g,h,i)perilene	0.00082	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Simazina	4	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tetracloroetilene*		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetilene*		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno	0.0015	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	<0.01
Triclorobenzeni (somma)*		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cloroformio (Triclorometano)*		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Trifluralin*		<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Chinossifen	0.54	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Acclonifen	0.012	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cibutrina	0.016	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Terbutrina	0.034	<0.002	0.003	<0.002	<0.002	0.002	<0.002

* Parametri che non presentano alcun SQA-CMA nella tabella 1/A del DLgs 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		2021	
		CD1	CD2
Corpo idrico	SQA biota corretti per il valore di LT ** ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	31/09/2021	15/09/2021
Data di campionamento		<i>Mullus barbatus</i>	<i>Mullus barbatus</i>
Specie selezionata		65.7	53.3
Contenuto acqua %		10.2	13.1
Sostanza grassa tot. %			
Difenileteri bromurati ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)		0.0050	0.2622
DDT totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	50 (pesci <5% di grassi) 100 (pesci >5% di grassi)	3.2	1.5
Esaclorobenzene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	3.7	<1.5	<1.5
Esaclorobutadiene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	55	<16	<16
Mercurio e composti ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	9.1	16	80
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	3.64	2.33
Diossine e composti diossina-simili ($\mu\text{gTEQ}/\text{kg}$ p.u.)*	0.0065 TEQ	0.0030	0.0023
Data di campionamento		16/03/2021- 24/03/2021	05/05/2021- 24/05/2021
Specie selezionata		<i>Mytilus</i> spp. <i>Ruditapes</i> spp.	<i>Mytilus</i> spp.
Fluorantene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	30	2.3 (MAR) 1.5 (COST1)	1.3 (M4) 1.8 (P3)
Benzo(a)pirene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	5	<0.1 (MAR) 0.1 (COST1)	<0.1 (M4) <0.1 (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 DLgs 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	2021	
		CD1 Goro-Ravenna Staz. 302-304-306	CD2 Ravenna-Cattolica Staz. 308-309-314-317-319
Metalli (mg/kg s.s.)			
Cadmio	0.3	0.13	<0.10
Mercurio	0.3	0.15	0.13
Piombo	30	11.83	11.42
Organometalli (µg/kg s.s.)			
Tributilstagno	5	2.3	2.9
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)			
Antracene	24	<2.0	<2.0
Naftalene	35	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)			
Aldrin	0.2	<0.1	<0.1
Alfa esaclorocicloesano	0.2	<0.1	<0.1
Beta esaclorocicloesano	0.2	<0.1	<0.1
Gamma esaclorocicloesano lindano	0.2	<0.1	<0.1
Somma DDT	1	<0.1	0.31
Somma DDD	0.8	0.14	0.24
Somma DDE	1.8	0.31	0.34
Dieldrin	0.2	<0.1	<0.1

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

Parametri/ Stazioni	2021							
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica				
	302	304	306	308	309	314	317	319
Metalli (mg/kg s.s.)								
Cadmio	0.16	0.14	0.11	0.13	0.12	<0.1	0.1	<0.1
Mercurio	0.16	0.15	0.15	0.23	0.12	0.11	0.11	0.1
Piombo	11.9	12.1	11.55	17.8	10.8	6.55	11.9	10.05
Organometalli (µg/kg s.s.)								
Tributilstagno	1.9	3.3	1.6	5.3	1.5	2.1	0.9	4.8
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)								
Antracene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	4.3	<2.0
Naftalene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)								
Aldrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Alfa esaclorocicloesano	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Beta esaclorocicloesano	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Gamma esaclorocicloesano lindano	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Somma DDT	<0.1	<0.1	<0.1	1.33	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Somma DDD	0.23	<0.1	0.13	0.44	0.12	0.10	0.29	0.27
Somma DDE	0.47	0.10	0.37	0.59	0.30	0.16	0.38	0.28
Dieldrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

**Arpa e - 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