



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 2019



SOMMARIO

QUADRO NORMATIVO.....	5
QUADRO CONOSCITIVO.....	7
Il mare Adriatico: caratteristiche generali	7
La fascia costiera emiliano-romagnola.....	8
Le pressioni	8
La qualità delle acque marino costiere	9
La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea	10
I corpi idrici.....	12
METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	14
Metodi di campionamento.....	14
Prelievo acqua	14
Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	14
Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi	14
Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	14
Prelievo sedimento	15
Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	15
Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche	15
Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua.....	16
Metodi analitici.....	17
Matrice acqua	17
Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	17
Determinazione dei sali nutritivi	18
Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton.....	18
Matrice sedimento	19
Indagini chimico/fisiche	19
Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	19
1.1.1.a Indagini ecotossicologiche	20
1.1.1.b Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos.....	21
1.1.2 Indagini meteo-marine	21
2 LO STATO TROFICO	22
2.1 Rete di monitoraggio	22
2.1.1 Parametri e frequenza di campionamento	25
2.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo	27
2.3 Elaborazione bollettino.....	42
2.3.1 Parametri idrologici	44
2.3.1.a Temperatura.....	44
2.3.1.b Salinità.....	49
2.3.1.c Ossigeno disciolto	56
2.3.1.d Clorofilla "a"	60
2.3.2 Elementi nutritivi	63
2.3.2.a Azoto nitrico (N-NO ₃)	63
2.3.2.b Azoto nitroso (N-NO ₂)	67
2.3.2.c Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	71
2.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN).....	74
2.3.2.e Azoto totale (N tot).....	76

2.3.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄).....	80
2.3.2.g	Fosforo totale (P tot).....	84
2.3.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	89
2.3.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile).....	92
2.4	Definizione dello Stato Trofico	94
2.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	94
2.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	98
3	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	100
3.1	Rete di monitoraggio	101
3.2	Analisi dei risultati.....	105
3.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	105
3.2.1.a	Fitoplancton.....	105
3.2.1.b	Macrozoobenthos	123
3.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB	137
3.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica.....	137
3.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti	139
	Granulometria.....	139
	Carbonio Organico Totale	140
3.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità.....	141
3.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	142
3.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	142
3.2.4.b	Sostanze ricercate nel biota	143
3.2.4.c	Sostanze ricercate nel sedimento	143
3.2.5	Test ecotossicologici	148
3.2.6	Direzione e altezza onde	149
3.2.7	Direzione e velocità delle correnti marine	151
3.3	Stato Ecologico.....	153
3.4	Stato Chimico	155
4	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	156
5	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	158
5.1	MEDUSE	158
5.2	AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI	159
5.3	FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS	160
5.4	FIORITURE DI FIBROCAPSA JAPONICA	161

HANNO CONTRIBUITO

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Enza Bertaccini
Maurizio Pascucci
Francesco Ortali

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Maurizio Pascucci
Claudio Silvestri
Monica Raccagni

Determinazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti
Marco Lezzi

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Enza Bertaccini
Rita Pellegrino

Indagini ecotossicologiche:

Paola Martini

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpa di Ferrara e Ravenna

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Marco Elementi
Silvia Pigozzi
Elena Riccardi
Emanuela Fiori
Monica Raccagni
Maurizio Pascucci
Carla Rita Ferrari

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 Papperini Marco del Battello Oceanografico "Daphne II".

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 successivamente 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".

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 2020.

Il perseguimento o mantenimento di tale obiettivo deve avvenire attraverso l'elaborazione e l'attuazione di strategie finalizzate a proteggere e preservare l'ambiente marino, a prevenirne il degrado oltre che a prevenire e 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 e che la capacità degli ecosistemi marini di reagire ai cambiamenti indotti dall'uomo non sia compromessa.

QUADRO CONOSCITIVO

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 acqua 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.

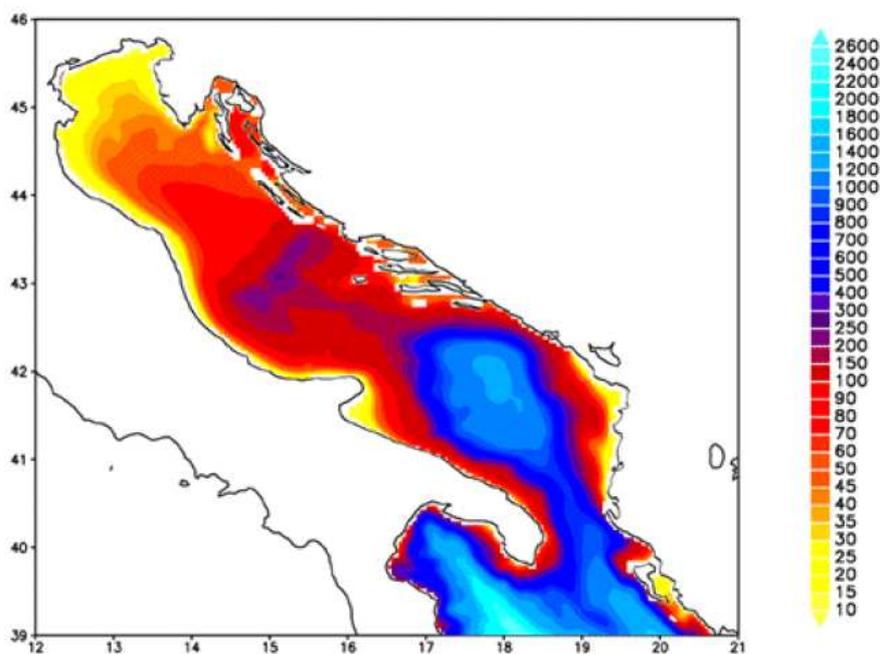


Figura 1 – Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

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.

LA FASCIA COSTIERA EMILIANO-ROMAGNOLA

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 (1500 m³/sec come media annuale nel lungo periodo: 1917-2017), 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).

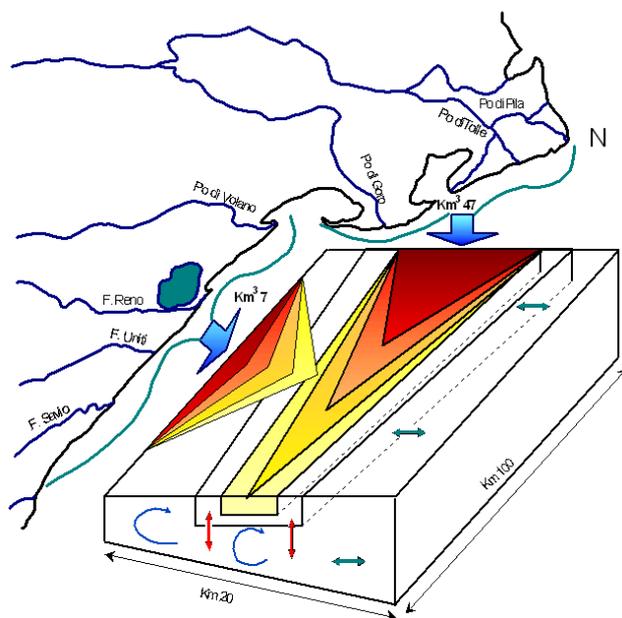


Figura 2 – Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

La qualità delle acque marine 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.

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.

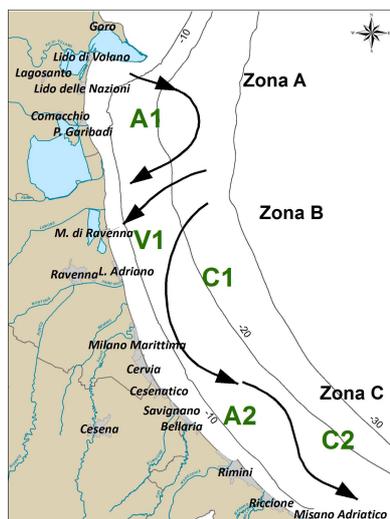


Figura 3 – Schema della circolazione climatologica dell’Emilia Romagna alla superficie

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).

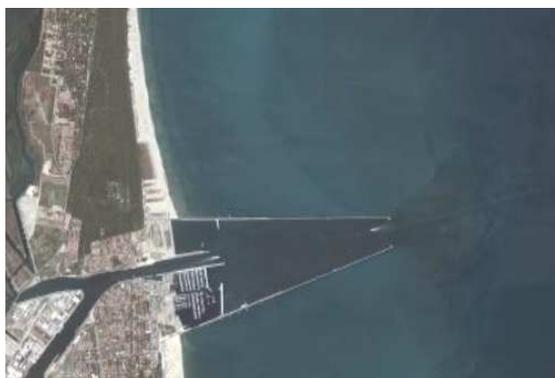


Figura 4 – Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

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 2 Corpi Idrici (Figura 5). Il primo corpo idrico (CD1) si estende da Goro (delta Po) a Ravenna con una superficie di circa 96 km^2 ed è influenzato dagli apporti sversati dal bacino padano e da quello del fiume Reno. Il secondo corpo idrico (CD2) si estende da Ravenna a Cattolica con una superficie pari a 202 km^2 e riceve il contributo dei bacini idrografici dei Fiumi Uniti, Savio e del Conca e Marecchia.



Vertice CD1 Goro-Ravenna	X_ETRS89 fuso 32	Y_ETRS89 fuso 32
CD1_1	761889.994044	4965278.17367
CD1_2	759109.277163	4966564.63804
CD1_3	761229.113886	4932406.67196
CD1_4	764227.611390	4932539.84731
Vertice CD1 Ravenna-Cattolica	X_ETRS89 fuso 32	Y_ETRS89 fuso 32
CD2_1	764227.611390	4932539.84731
CD2_2	761288.985354	4931149.81382
CD2_3	801401.735291	4875222.41584
CD2_4	802799.480646	4877787.23361

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

METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

METODI DI CAMPIONAMENTO

Prelievo acqua

Prelievo dei 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.

Raccolta e trattamento dei campioni per la 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.

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.

Prelievo sedimento

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%.

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.

Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua

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

Parametro	Caratteristiche strumentali
Temperatura	Utilizzo di Sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus che, azionata da un verricello, viene calata sulla verticale. I dati acquisiti sono trasmessi al computer di bordo, mediati per ogni metro di profondità, visualizzati su terminale e registrati
Salinità	
Ossigeno disciolto	
pH	
Conducibilità	
Pressione	
Torbidità	
Clorofilla "a" profilo verticale	Fluorimetro "Sea Point" abbinato alla sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus
Clorofilla "a" concentrazione	Metodo fluorimetrico mediante TURNER 10 AU
Trasparenza	Disco di Secchi
Stato di aggregazione e distribuzione sulla colonna d'acqua di aggregati mucilluginosi	Telecamera filoguidata (Fulgore Mare e Telesub Lanterna)

Caratteristiche della sonda multiparametrica:

Tipi di sensore	Range	Accuratezza	Sensibilità	K time
Pressione	0 – 200 dbar	0.2 % f.s.	0.03 %	50 ms
Temperatura	-3 - +50 °C	0.003 °C	0.0005 °C	50 ms
Conducibilità	0 – 64 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm	50 ms
Ossigeno disciolto	0 – 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm	3 s
	0 – 500% sat.	1% 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

METODI ANALITICI

Matrice acqua

Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Parametro	Metodo analitico
Pesticidi	
2,4'-DDT	<p>- Procedura Arpae m/P/AC/007/FE: <i>Metodo per la determinazione dei residui di prodotti fitosanitari in acque superficiali, di transizione e marino-costiere mediante estrazione in fase solida (SPE) e analisi in cromatografia liquida e gassosa abbinate a spettrometri di massa.</i> (riferimento APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 5060. Prodotti fitosanitari (Antiparassitari, pesticidi)</i>)</p> <p>- Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography</p> <p>- Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS)</p>
4,4'-DDT	
2,4'-DDE	
4,4'-DDE	
2,4'-DDD	
4,4'-DDD	
HCH Alfa	
HCH Beta	
HCH Delta	
Lindano (HCH Gamma)	
Alaclor	
Aldrin	
Dieldrin	
Endrin	
Isodrin	
Esaclorobenzene	
Atrazina	
Trifluralin	
Clorfenvinfos	
Clorpirifos (Clorpirifos etile)	
Simazina	
Pentaclorobenzene	
Endosulfan (somma)	
Diuron	
Isoproturon	
Azoxystrobin	
Chloridazon	
Metalaxyl	
Metolachlor	
Oxadiazon	
Boscalid	
Propyzamide	
Thiamethoxam	
Solventi organici	
Benzene	<p>- Metodo EPA 5030c/2003</p> <p>- Metodo EPA 8260c/2006 - Purge and trap e GC/MS</p>
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 (DHEP)	<p>- Metodo EPA 3510c/1996</p> <p>- Metodo EPA 8270d/2014</p>
Alchilfenoli	
4- Nonilfenolo	- Metodo UNI EN 18857-1/2006

Parametro	Metodo analitico
Ottifenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	
Clorofenoli	
Pentaclorofenolo	- APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 5070</i> .
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletere bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- Metodo EPA 1614/2007
Policiclici Aromatici	
Fluorantene	- Metodo EPA 3510c/1996 - Metodo EPA 3630c/1996 - Metodo EPA 8270d/2014
Antracene	
Benzo(a)pirene	
Benzo(b)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
Cloroalcani	
Alcani, C10-C13 (Cl 51,5)	- M/C/MO/004/LM (HPLC/MS)
Metalli	
Mercurio e composti	- APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 3200 A1</i>
Cadmio	- Metodo UNI EN ISO 17294-2/2016
Nichel	
Piombo	
Organometalli	
Tributilstagno (composti) (tributilstagno-catione)	- Metodo UNI EN ISO 17353-2/2006

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)

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.

Matrice sedimento

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)	Ossidazione ad anidride carbonica del carbonio organico e inorganico e determinazione fotometrica – IR

Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	- UNI EN ISO 13657/2004
Cadmio	- EPA 6020b/2014
Nichel	
Piombo	
Arsenico	
Cromo totale	
Cromo esavalente (Cr VI)	- G.U. N 116 del 21/05/2003 D.L. 08/05/2003
Organometalli	
Tributilstagno	- Metodo interno-Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS
Pesticidi	
Aldrin	- Metodo Arpae M/P/Am/003/LM: <i>Metodo per la determinazione di composti organoclorurati nei campioni di sabbia e sedimento mediante estrazione Quechers e analisi in cromatografia gassosa abbinata a spettrometri di massa-massa.</i>
Alfa esaclorocicloesano	
Beta esaclorocicloesano	
Gamma esaclorocicloesano lindano	
DDT	
DDD	
DDE	- Pesticidi Organoclorurati. Quad.Ist.Ric.Acque,64. Metodi analitici fanghi Vol.3. Gennaio 1988
Dieldrin	- Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography.
Esaclorobenzene	- Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS)
Policiclici Aromatici	
Naftalene	- Metodo EPA 3545A 2007
Acenaftilene	- Metodo EPA 3630C 1996
Acenaftene	- Metodo EPA 8270D 2014
Fluorene	

Sostanza	Metodo analitico	
Fenantrene		
Antracene		
Fluorantene		
Pirene		
Benzo(a)antracene		
Crisene		
Benzo(b)+(j)fluorantene		
Benzo(k)fluorantene		
Benzo(a)pirene		
Indeno(1,2,3,c,d)pirene		
Dibenzo(ac)+(ah)antracene		
Benzo(ghi)perilene		
Diossine e Furani		- Metodo EPA 1613B 1994 (G.C.+MASSA-MASSA)
2.3.7.8-T4CDD		
1.2.3.7.8-P5CDD		
1.2.3.4.7.8-H6CDD		
1.2.3.6.7.8-H6CDD		
1.2.3.7.8.9-H6CDD		
1.2.3.4.6.7.8-H7CDD		
O8CDD		
2.3.7.8-T4CDF		
1.2.3.7.8-P5CDF		
2.3.4.7.8-P5CDF		
1.2.3.4.7.8-H6CDF		
1.2.3.6.7.8-H6CDF		
2.3.4.6.7.8-H6CDF		
1.2.3.7.8.9-H6CDF		
1.2.3.4.6.7.8-H7CDF		
1.2.3.4.7.8.9-H7CDF		
O8CDF		
PCB	- M/C/MO/002/LM rev.6 2016 (G.C.+MASSA-MASSA)	
T3CB- 31+28		
T4CB-52		
P5CB-101		
T4CB-81		
T4CB-77		
P5CB-123		
P5CB-118		
P5CB-114		
H6CB-153+168		
P5CB-105		
H6CB-138		
P5CB-126		
H6CB-128+167		
H6CB-156		
H6CB-157		
H7CB-180+193		
H6CB-169		
H7CB-170		
H7CB-189		

1.1.1.a 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>

1.1.1.b 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 bentos 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.

1.1.2 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 Arpa-SIMC
Portate fiume Po	Fornite dal Servizio IdroMeteoclima di Arpa
Correnti marine	Correntometro Aanderaa, modello RCM9 (coordinate WGS84 12.28309°E 44.12743°N)

2 LO STATO TROFICO

2.1 RETE DI MONITORAGGIO

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

Nella Tabella 1 vengono elencate le stazioni con le loro coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche, mentre nella Figura 6 viene rappresentata la rete di monitoraggio. L'attività di controllo e di studio del fenomeno "Eutrofizzazione" che interessa questa zona dell'Adriatico nord-occidentale ha come obiettivo non solo quello di tenere monitorate costantemente le diverse matrici che compongono l'ecosistema marino ma anche ricercare e studiare i fattori causali del processo e attuare le migliori strategie di prevenzione e protezione della qualità ambientale. Le finalità delle misure e dei prelievi previsti dal piano di monitoraggio indicato possono essere così sintetizzati:

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

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

Codice Stazione	Località	Prof. metri	Dist. km	LAT WGS84 (gg.ppdddd)	LON WGS84 (gg.ppdddd)
2	Lido di Volano	3.9	0.5	44.457656	12.155128
3	Lido Nazioni	5.1	0.5	44.434495	12.150388
4	Porto Garibaldi	3.7	0.5	44.396873	12.154228
5	Foce Reno	5.2	0.5	44.365613	12.174268
6	Casalborsetti	5.2	0.5	44.332012	12.174568
8	Marina di Ravenna	3.5	0.5	44.28299	12.175348
9	Lido Adriano	5.4	0.5	44.240749	12.195387
11	Lido di Savio	3.9	0.5	44.195268	12.208826
12	Cervia	3.5	0.5	44.162989	12.217405
13	Zadina	3.0	0.5	44.13621	12.23442
14	Cesenatico	3.1	0.5	44.127226	12.241524
16	Bellaria	4.2	0.5	44.090626	12.283585
17	Rimini	4.3	0.5	44.046585	12.350548
18	Riccione	3.8	0.5	44.016584	12.38289
19	Cattolica	4.1	0.5	43.582924	12.444691
302	Lido di Volano	6.7	3	44.456876	12.174088
304	Porto Garibaldi	9.1	3	44.396934	12.172888
306	Casalborsetti	10.2	3	44.334052	12.193348
308	Marina di Ravenna	8.1	3	44.28899	12.192627
309	Lido Adriano	9.4	3	44.243089	12.213866
314	Cesenatico	8.3	3	44.132626	12.258444
317	Rimini	9.9	3	44.058165	12.359907
319	Cattolica	11	3	43.593664	12.455912
602	Lido di Volano	7.8	6	44.455737	12.196888
604	Porto Garibaldi	12	6	44.397054	12.194968
609	Lido Adriano	11.4	6	44.24549	12.235585
614	Cesenatico	10.2	6	44.139407	12.278603
619	Cattolica	12.1	6	44.006625	12.469712
1002	Lido di Volano	10.1	10	44.454357	12.227489
1004	Porto Garibaldi	14.8	10	44.397175	12.225689
1009	Lido Adriano	15.1	10	44.249031	12.265945
1014	Cesenatico	12.3	10	44.148588	12.305963
1019	Cattolica	13.6	10	44.023846	12.487892
2004	Porto Garibaldi	26.5	20	44.397297	12.301289
2014	Cesenatico	22.0	20	44.17109	12.373884

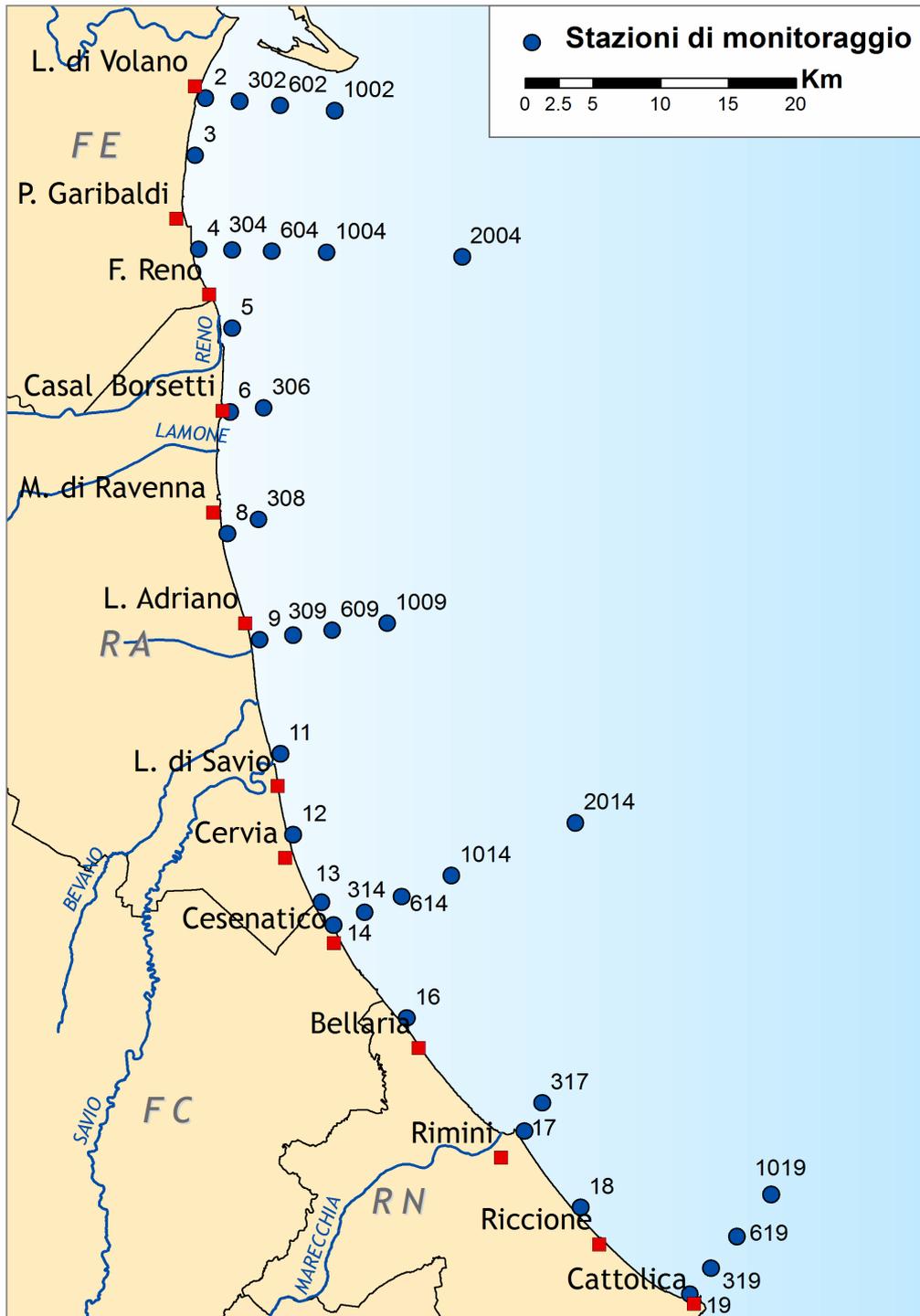


Figura 6 – Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)

2.1.1 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

2.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO-ROMAGNOLO

Nel 2019 la stazione pluviometrica situata a Cesenatico ha registrato una generale diminuzione delle precipitazioni, mostrando un valore totale di 757 mm inferiore ai 900 mm misurati nel 2018 (Figura 7). Nelo corso dell'anno come avviene ultimamente, le precipitazioni si sono manifestate in maniera disomogenea e variabile con picchi di intensità eccezionali, in alcuni casi di breve durata ed in altri insistendo per più giorni consecutivi come accaduto a novembre con una media regionale molto elevata pari a 270 mm (dati ARPAE). Questi periodi di pioggia si sono intervallati a momenti di scarse precipitazioni e di siccità e tutto questo ha influenzato l'andamento della salinità nelle acque marine superficiali soprattutto nell'area a nord della costa, da sempre più soggetta alle fluttuazioni di portata dal bacino padano.

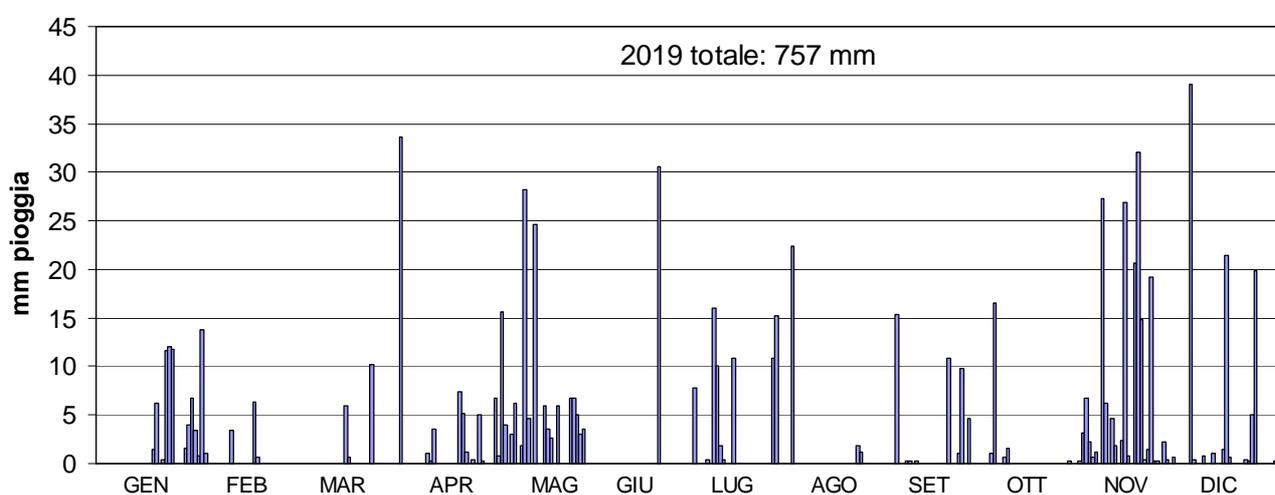


Figura 7 – Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

Il 2019, come il 2018, è stato un anno contraddistinto anche da temperature elevate soprattutto in alcuni momenti con picchi eccezionali che hanno influito sulle fluttuazioni di temperatura delle acque marine di superficie. Questo si è verificato soprattutto in estate ma si è evidenziato anche in inverno ed autunno; temperature atmosferiche particolarmente miti in queste stagioni hanno favorito il perdurare in alcune aree di temperature in superficie più elevate rispetto agli anni precedenti.

Il primo monitoraggio del 2019 ha registrato una condizione ambientale lungo la costa caratterizzata da temperature superficiali comprese tra 4.5 e 7 °C da costa fino a 10 km e tendenti all'aumento nelle stazioni più al largo (Figura 8). La salinità risultava medio alta nell'area centro meridionale mentre nelle stazioni più a nord della costa si osservava una diluizione delle acque marine nei primi strati della colonna, più marcata al largo ed a ridosso del bacino padano con il valore più basso a 20 km davanti Lido di Volano pari a 23.7 psu (Figura 8). Il monitoraggio della seconda settimana di gennaio fotografa una situazione caratterizzata dalla presenza di elevate concentrazioni di clorofilla "a" per la presenza di fioriture di microalghe appartenenti principalmente al genere *Skeletonema* spp. (Diatomee).

Queste fioriture tipiche del periodo hanno interessato in particolare un'area in corrispondenza del transetto di Cesenatico da riva fino a 10 km, (Figura 9).

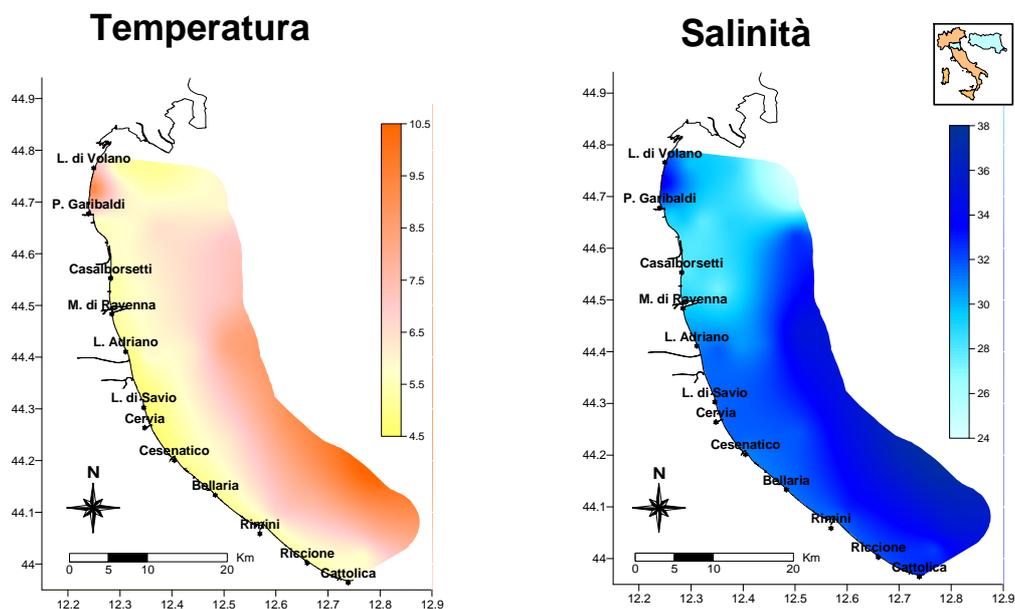


Figura 8 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della salinità (psu) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio dell'8-15 gennaio

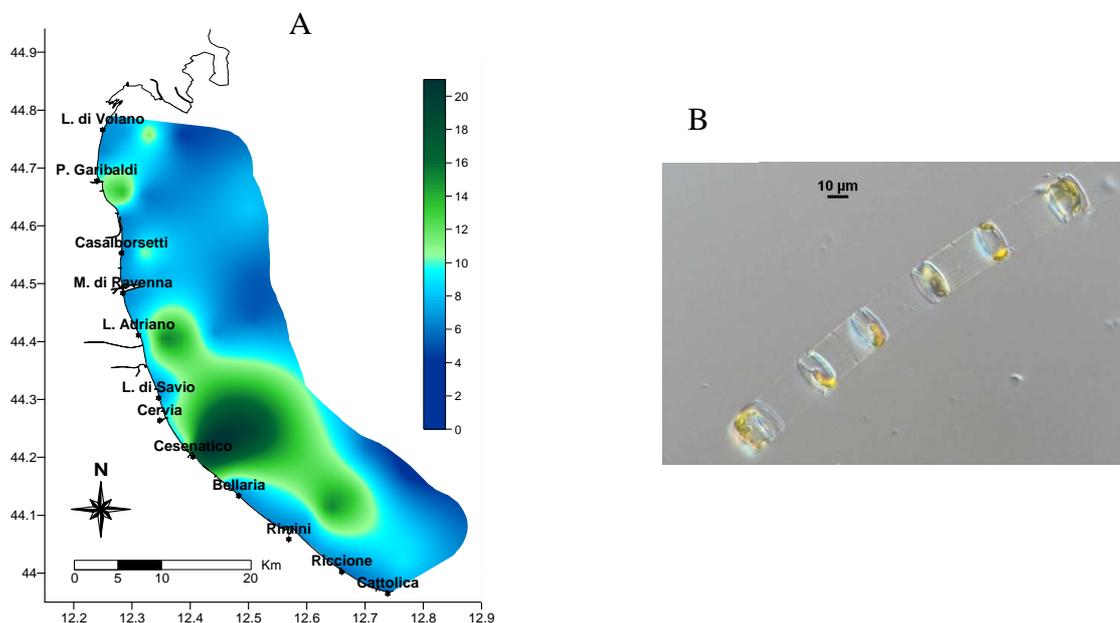


Figura 9 – A) Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio dell'8-15 gennaio; B) *Skeletonema* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Nei primi giorni di febbraio si sono verificate precipitazioni diffuse sia a carattere nevoso che in forma di pioggia su tutta la regione che hanno ingrossato i fiumi ed incrementato le portate

a mare di acque dolci. Questa situazione ha mantenuto le acque marine, specialmente quelle costiere, più diluite rispetto a quelle al largo ma soprattutto ha contribuito ad aumentare in mare la torbidità per la presenza di materiale inorganico sospeso. Infatti alle portate di piena è quasi sempre associato anche un trasporto solido che contemporaneamente a condizioni di mare mosso mantiene che mantiene in sospensione il detrito lungo la colonna, ne diminuisce la trasparenza. Nelle giornate antecedenti ai controlli eseguiti dal battello oceanografico Daphne II si sono registrati forti raffiche di vento da sud/est che hanno provocato lungo la costa anche forti mareggiate. Il perdurare di mare mosso (Figura 11) ha portato ad una continua risospensione del materiale inorganico sia di quello veicolato dalle acque dolci sia di quello presente sul fondale marino che, a causa delle basse profondità, subisce maggiormente l'azione "meccanica" del moto ondoso. La mappa di Figura 10 mostra l'andamento della trasparenza lungo la costa rilevata durante i controlli del 7-8 febbraio.

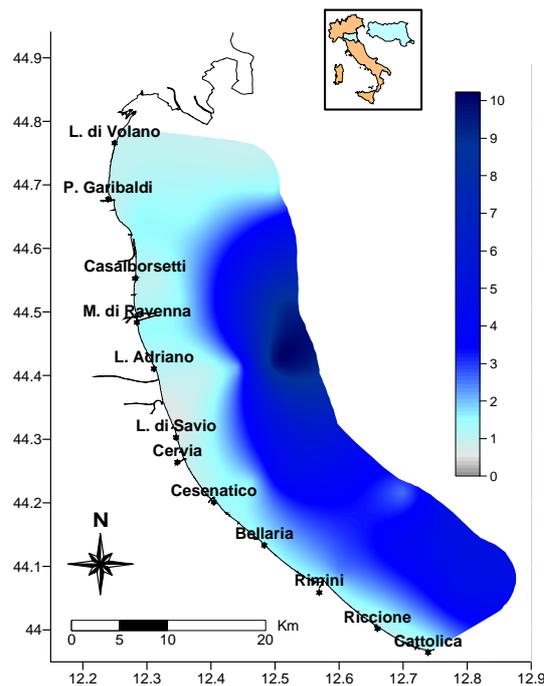


Figura 10 – Mappe di distribuzione della trasparenza (m) rilevate da costa fino 20 km al largo durante il monitoraggio del 07-08 febbraio



Figura 11 – Altezza onda registrata del 4 al 6 febbraio (Dati BOA Nausicaa)

Il mese di marzo si è caratterizzato per una buona condizione ambientale in generale lungo tutta la costa (Figura 13), con bassi valori degli indici trofici, una salinità in superficie medio alta sia in costa che al largo ed una buona ossigenazione della colonna d'acqua anche a livello del fondale. È stata spesso segnalata in alcune zone lungo la costa, la presenza di fioriture di microalghe appartenenti alla specie *Noctiluca scintillans* sia sottoforma di macchie di colore arancione sia come materiale lungo la colonna d'acqua confusa spesso con la mucillaggine (Figura 12).



Figura 12 - *Noctiluca scintillans* Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Durante le attività di controllo si è registrato un incremento delle temperature delle acque superficiali in conseguenza a temperature esterne, registrate nei giorni precedenti al monitoraggio molto miti su tutto il territorio regionale con massime intorno a 20 al di sopra della media climatologica. Da segnalare che il mese di marzo ha fatto segnare temperature atmosferiche superiori alla norma in particolare per le massime giornaliere per le quali è risultato essere il 5° mese più caldo dal 1961 (per approfondimenti vedasi Rapporto IdroMeteoClima Emilia-Romagna). Questa tendenza all'aumento delle temperature delle acque marine superficiali è proseguito anche durante il mese di aprile con valori medi in costa calcolati tra i 13.5 e 14.5°C (Figura 14).

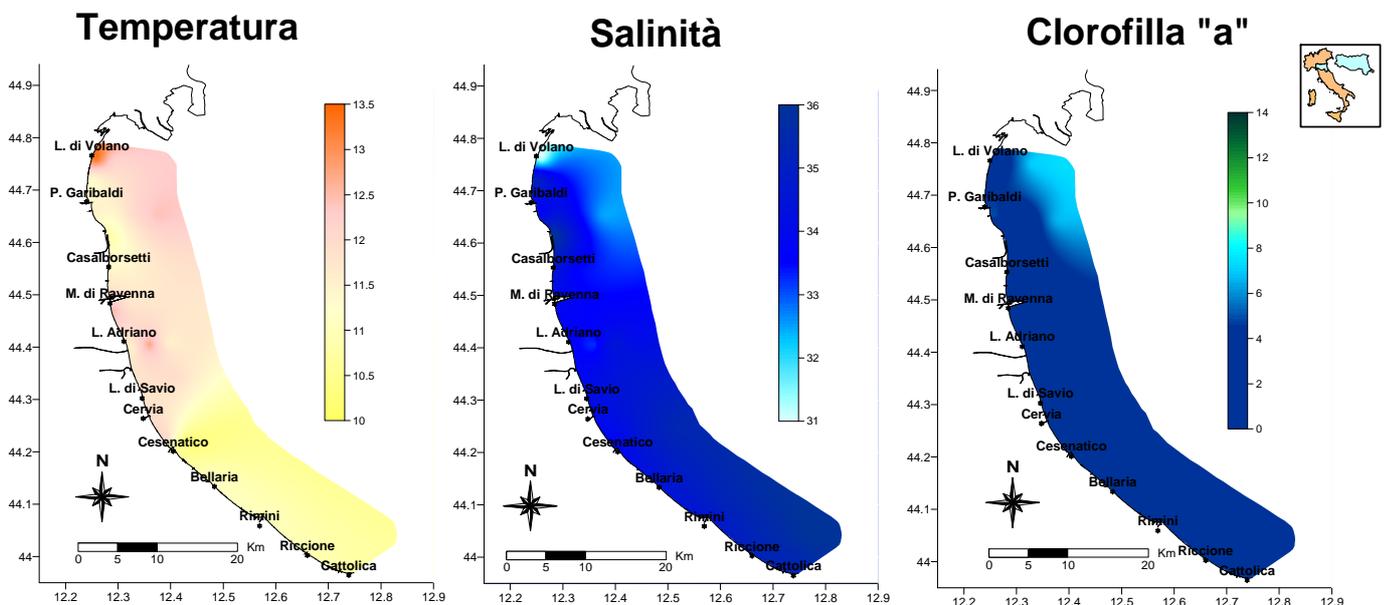


Figura 13 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C), della salinità (psu) e della clorofilla “a” rilevate da costa a 10 km al largo durante il monitoraggio del 22-25 marzo

Mentre ad inizio aprile si rilevano buone condizioni ambientali lungo tutta la costa a metà del mese, durante i controlli del 16-17 aprile, si assiste ad una inversione di tendenza causata da condizioni meteorologiche e marine che hanno modificato le caratteristiche qualitative dell'ecosistema costiero.

L'aumento rispetto a marzo delle portate dai fiumi costieri e dal bacino padano in conseguenza ad eventi di pioggia diffusa, hanno contribuito alla diminuzione della salinità nelle acque di superficie. All'incremento delle portate ha corrisposto anche l'aumento di elementi nutritivi quali azoto e fosforo veicolati proprio dalle acque dolci che hanno alimentato e sostenuto la componente fitoplanctonica marina favorendone un maggior sviluppo in particolare nell'area antistante Cesenatico (Figura 14).

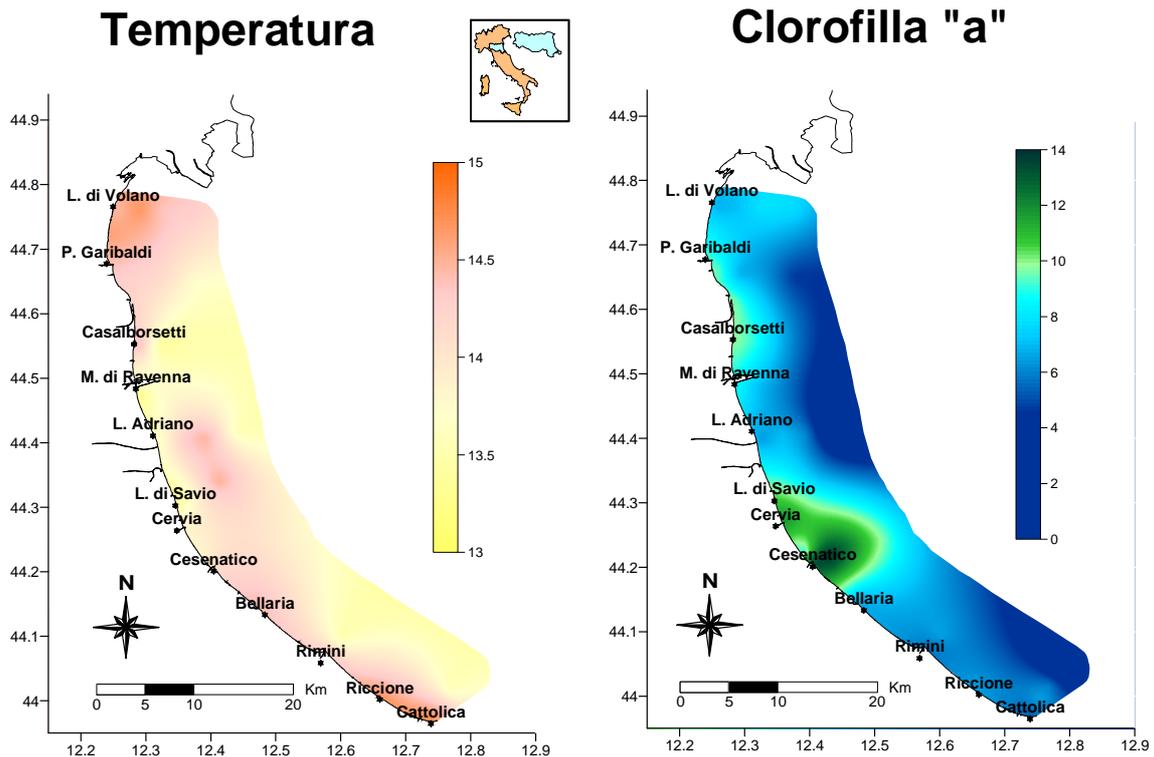


Figura 14 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della clorofilla “a” rilevate da costa a 10 km al largo durante il monitoraggio del 16-17 aprile

Nel corso del mese di maggio tutto il territorio regionale è stato interessato da diverse perturbazioni che hanno determinato un insieme di fenomeni meteorologici molto intensi con conseguente interruzione delle attività di monitoraggio programmate. Molte giornate con venti di burrasca sulla costa hanno innescato un intenso idrodinamismo delle masse d'acqua marine (Figura 15) e precipitazioni a tratti di carattere temporalesco causando piene rilevanti di alcuni fiumi regionali e diversi allagamenti e smottamenti.

A giugno sono riprese le attività normali di monitoraggio che hanno registrato temperature elevate in superficie specialmente in costa dove si sono raggiunti in media i 21°C. Le elevate immissioni di acque dolci in mare avvenute a maggio hanno causato una diluizione delle acque marine che si è mantenuta anche a giugno in maniera più evidente nell'area settentrionale a ridosso del Po (Figura 16): nella stazione di rilevamento di portata lungo il Po posizionata nelle località di Pontelagoscuro si sono registrate immissioni intorno ai 1000 mc/sec in diversi momenti e ciò ha contribuito al perdurare di questa condizione di salinità

bassa (Figura 16) con stratificazione della colonna d'acqua e formazione di picnoclini più o meno marcati (Figura 17).

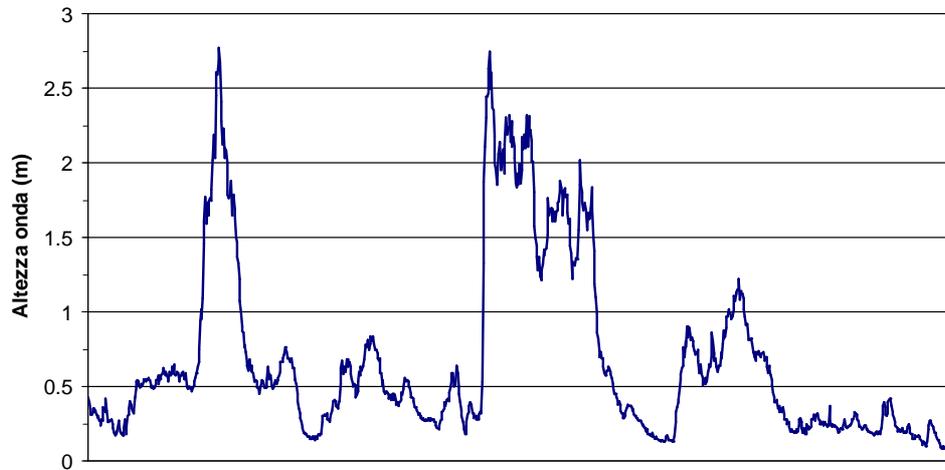


Figura 15 – Altezza onda registrata durante il mese di maggio (Dati BOA Nausicaa)

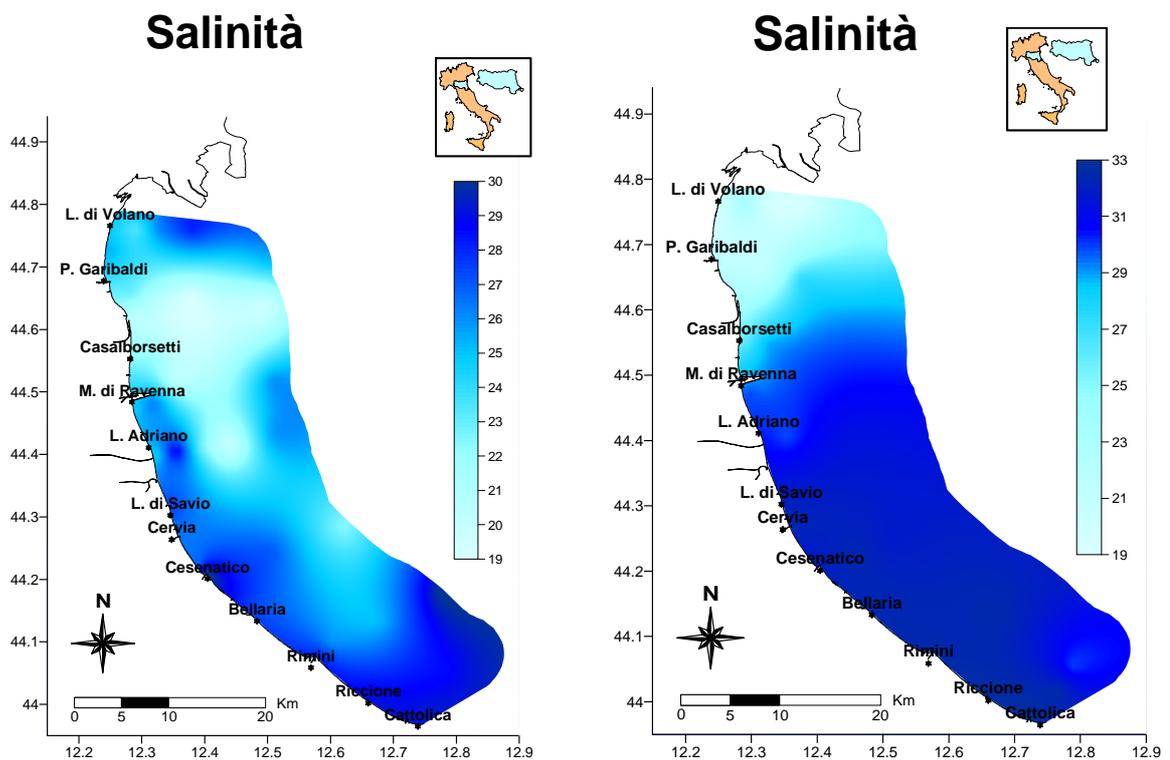


Figura 16 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 03-04 e del 18-19 giugno

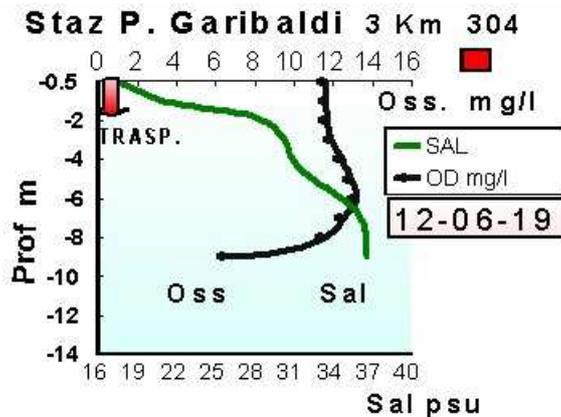


Figura 17 – Profili verticali di salinità (psu) e ossigeno disciolto (mg/l) nella stazione 304, a 3 km davanti a Cesenatico nel monitoraggio del 12 giugno

Le acque dolci immesse dai fiumi a maggio hanno contribuito ad incrementare in mare le concentrazioni di elementi nutritivi quali azoto e fosforo aumentando la produttività dell’ecosistema con l’incremento della componente microalgale marina prevalentemente nell’area centro settentrionale della costa. In concomitanza all’aumento della biomassa microalgale si sono registrate in queste zone anche concentrazioni di clorofilla “a” alte (Figura 19). A 6 km dalla costa davanti a Lido di Adriano i valori si attestavano intorno a 21 µg/l confermando una condizione di eutrofizzazione in atto.

L’analisi al microscopio ha evidenziato la presenza prevalente di alcune specie di Diatomee quali *Cerataulina pelagica* e *Chaetoceros brevis* (Figura 18) e fra le Dinoflagellate *Prorocentrum cordatum*. Anche a giugno si è protratta la presenza in superficie di *Noctiluca scintillans* distribuita a macchie in alcuni tratti lungo la costa.

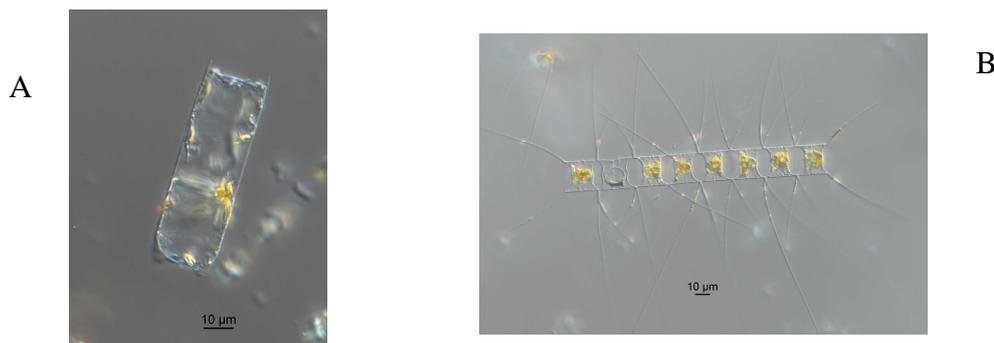


Figura 18 – A) *Cerataulina pelagica* e B) *Chaetoceros brevis*. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

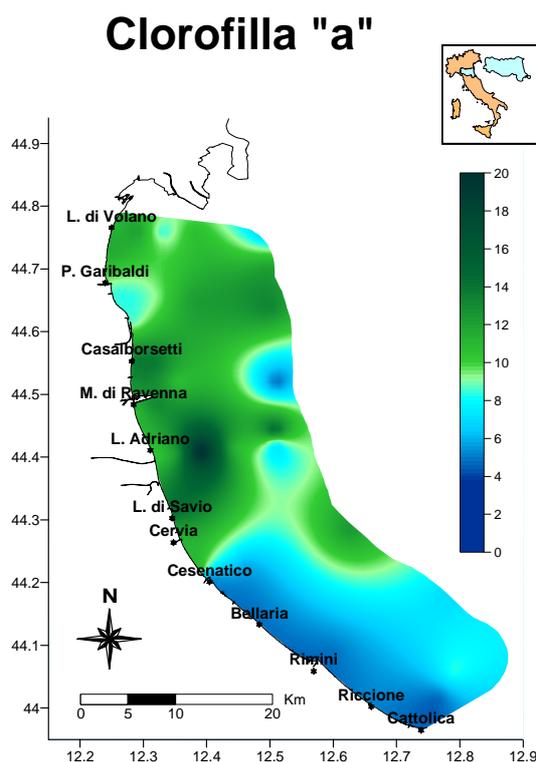


Figura 19 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 03-04 giugno

Nel periodo estivo si è rilevato anche questo anno la presenza di varie specie di meduse che si sono alternate, rimanendo in alcuni momenti compresenti, a partire da giugno fino a settembre inoltrato. A giugno la specie *Aurelia aurita* è stata quella prevalente, poi si sono alternate la *Rhizostoma pulmo* e la *Cothilioriza tuberculata*. Per quanto riguarda la presenza della cubo medusa *Carybdea marsupialis* è stata segnalata più frequentemente a ridosso della riva creando in alcuni momenti disagi fra i bagnanti in quanto specie urticante.

Durante i monitoraggi eseguiti a giugno si è registrato un progressivo incremento delle temperature delle acque superficiali sia in costa che al largo, in concomitanza ad elevate temperature esterne sia diurne che notturne. Negli ultimi controlli del mese nell’area costiera più settentrionale, i valori medi raggiunti si sono attestati intorno a 28.4°C . Giugno 2019, dai dati estrapolati dal rapporto idrometro, è stato il secondo mese più caldo dal 1961 dopo giugno 2003.

Nel corso del mese di luglio i controlli lungo la costa hanno registrato un incremento della salinità in superficie e una diminuzione delle concentrazioni di clorofilla “a” sia in prossimità della riva che al largo, in concomitanza ad una diminuzione degli apporti dai bacini costieri, in particolare da quello padano; fa eccezione l’area prettamente costiera localizzata nella parte più settentrionale dove permane una limitata condizione di eutrofizzazione (Figura 20).

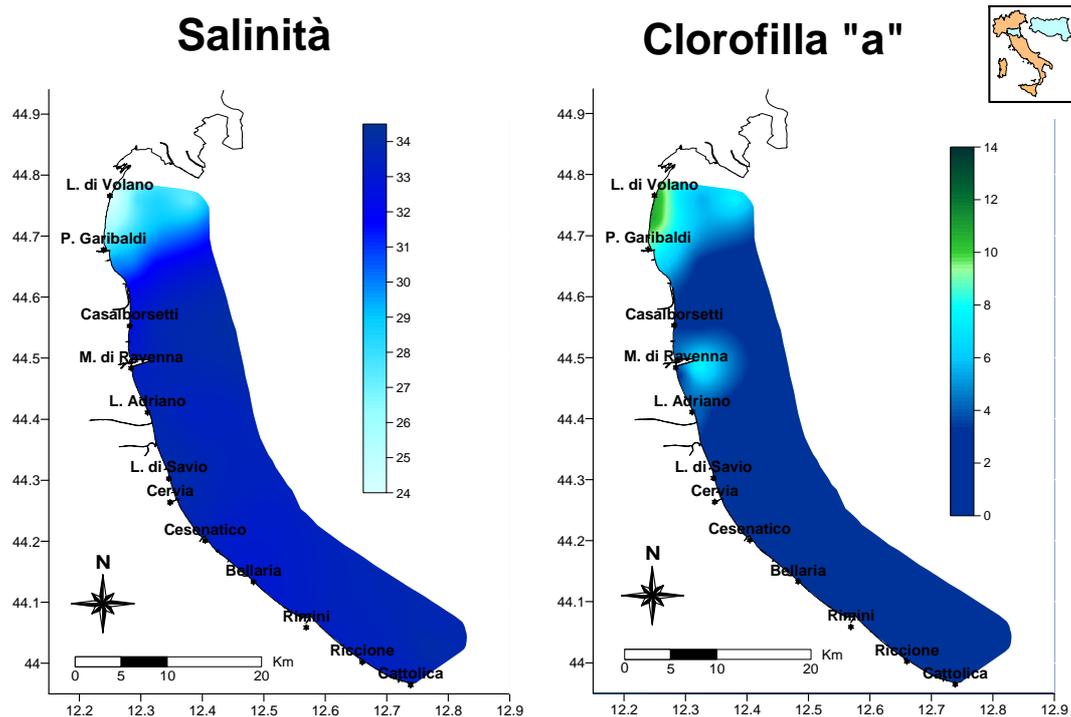


Figura 20 – Mappa di distribuzione della salinità (psu) e della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante i controlli del 22-23 luglio

Condizioni di tempo stabile contemporaneamente al perdurare di temperature atmosferiche alte per tutto il mese di luglio, hanno contribuito ad incrementare ulteriormente quelle delle acque marine non solo in superficie ma anche lungo i primi metri della colonna d’acqua sia in costa che al largo. Conseguentemente si sono formate marcate stratificazioni termiche (termoclini) lungo la colonna d’acqua.

Per quanto riguarda la componente microalgale marina in alcuni tratti lungo la battigia nel riminese si è segnalata la presenza di *Fibrocapsa japonica* microalga appartenente al gruppo delle Rapidophyceae che colora l’acqua di marrone-rosso, rendendole torbide.

I controlli dei valori di ossigeno lungo la colonna d’acqua hanno evidenziato in alcune stazioni localizzate nell’area centro settentrionale una diminuzione delle concentrazioni a livello del fondale tendente all’ipossia (Figura 21). La biomassa microalgale a fine del proprio ciclo vitale si è depositata sul fondo incrementando l’attività metabolica dei microrganismi eterotrofi detritivori presenti nel sedimento marino che ha portato ad un aumento del consumo di ossigeno proprio a partire dagli strati più profondi. In genere le masse d’acqua nel periodo estivo risultano più stabili e con più limitate situazioni di scambio tra superficie e fondo e questa situazione, se prolungata nel tempo, porta ad una diminuzione progressiva dell’ossigeno che nelle situazioni di maggior criticità può arrivare all’anossia.

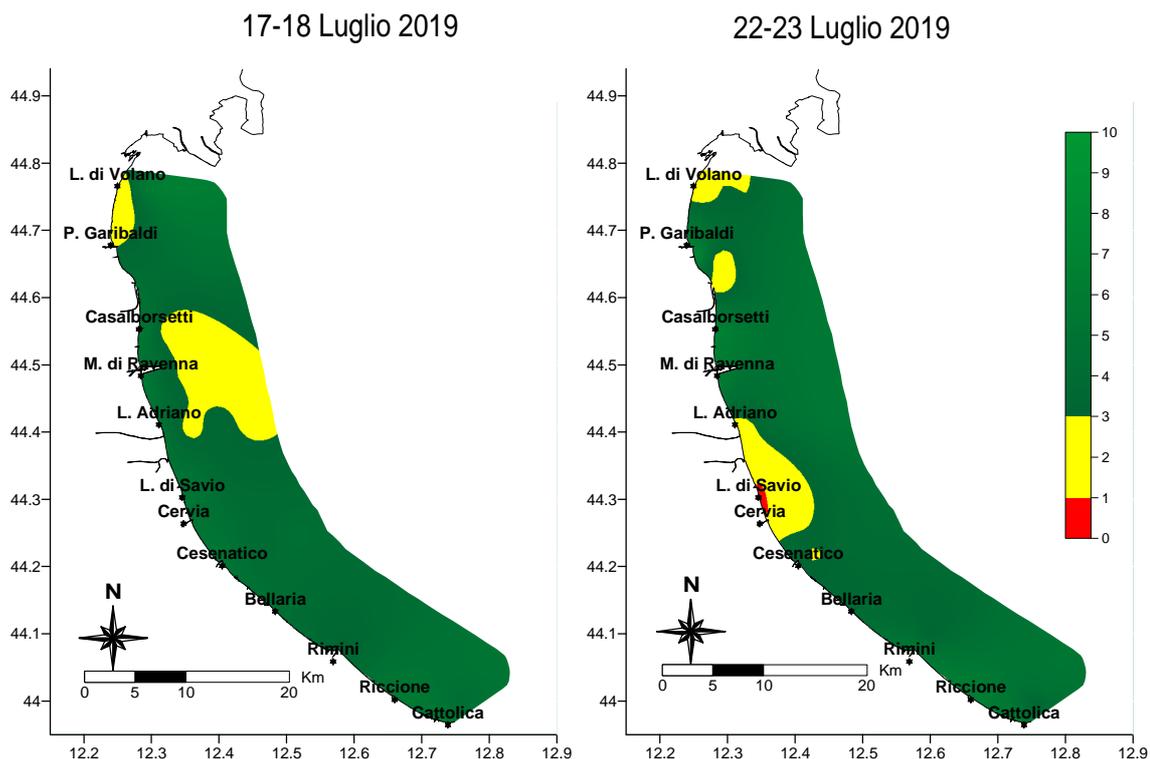


Figura 21 – Mappe di distribuzione dell’ossigeno di fondo (mg/l) lungo la costa fino a 10 km al largo durante alcuni controlli eseguiti a luglio

Durante i controlli effettuati a inizio agosto, si è osservato un aumento delle concentrazioni di clorofilla “a” nell’area prettamente costiera più a nord, con valori compresi tra 16 e 27 $\mu\text{g/l}$. L’osservazione al microscopio ha rilevato la presenza di più generi appartenenti principalmente a Diatomee e Altro fitoplancton $<20\ \mu\text{m}$ che hanno contribuito ad aumentare la produttività dell’ecosistema marino ed a diminuire la trasparenza delle acque conferendone una colorazione caratteristica verde-marrone.

Per tutto il mese si è segnalata la presenza anche di numerosi individui appartenenti alla specie *Mnemiopsis leidyi*, uno ctenoforo gelatinoso chiamato anche “noce di mare”, che a partire dal 2015 è presente nelle acque marine antistanti l’Emilia Romagna più frequentemente durante i mesi caldi lungo tutta la costa concentrati maggiormente nei primi metri della colonna d’acqua.

Durante i controlli del 12 e 13 agosto in superficie si sono registrate le temperature più elevate in assoluto (Figura 22) con un range variabile da 27.4 a 29.7.

Anche durante i monitoraggi di agosto si sono rilevati valori bassi di ossigeno tendenti all’ipossia a livello del fondale inizialmente limitati ad alcune stazioni (Figura 23) estesi poi ad aree più vaste localizzate però prevalentemente nella parte più settentrionale della costa (Figura 24); in alcune stazioni i valori registrati erano $<1\ \text{mg/l}$ attestando così una condizione di anossia.

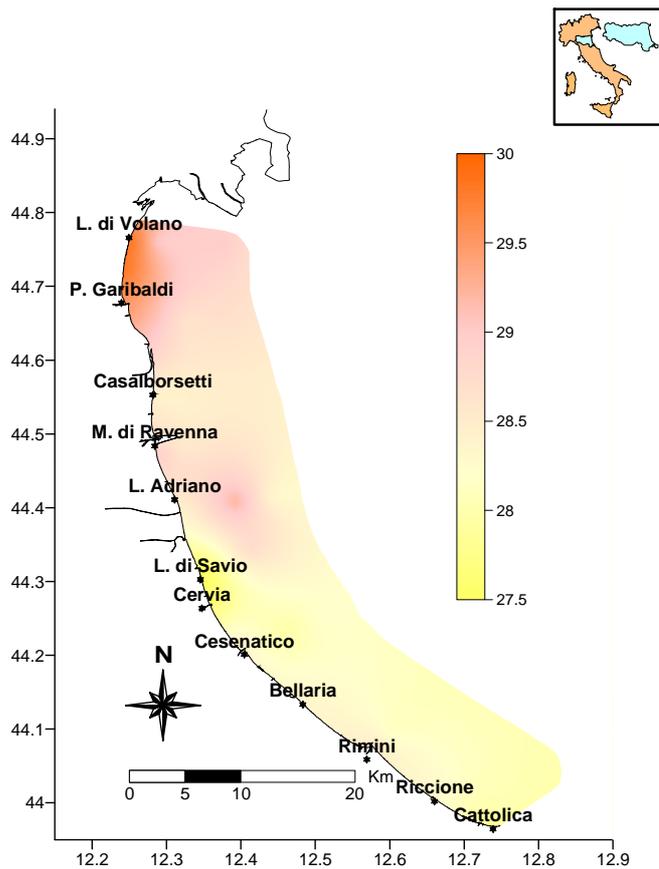


Figura 22 – Mappa di distribuzione della temperatura (°C) lungo la costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 12-13 agosto

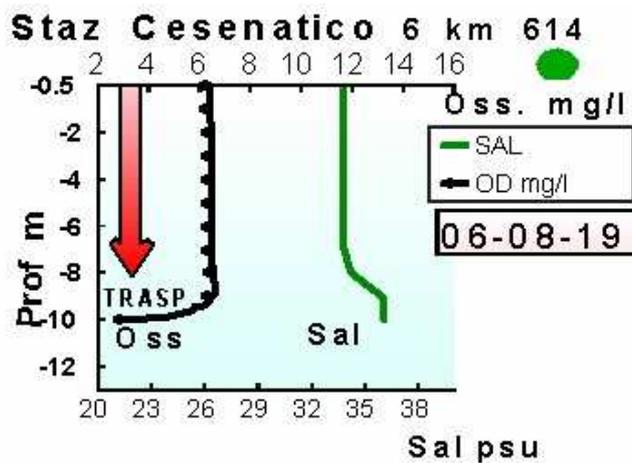


Figura 23 – Profili verticali di salinità (psu) e ossigeno disciolto (mg/l) nella stazione 614 a 6 km davanti a Cesenatico nel monitoraggio del 6 agosto

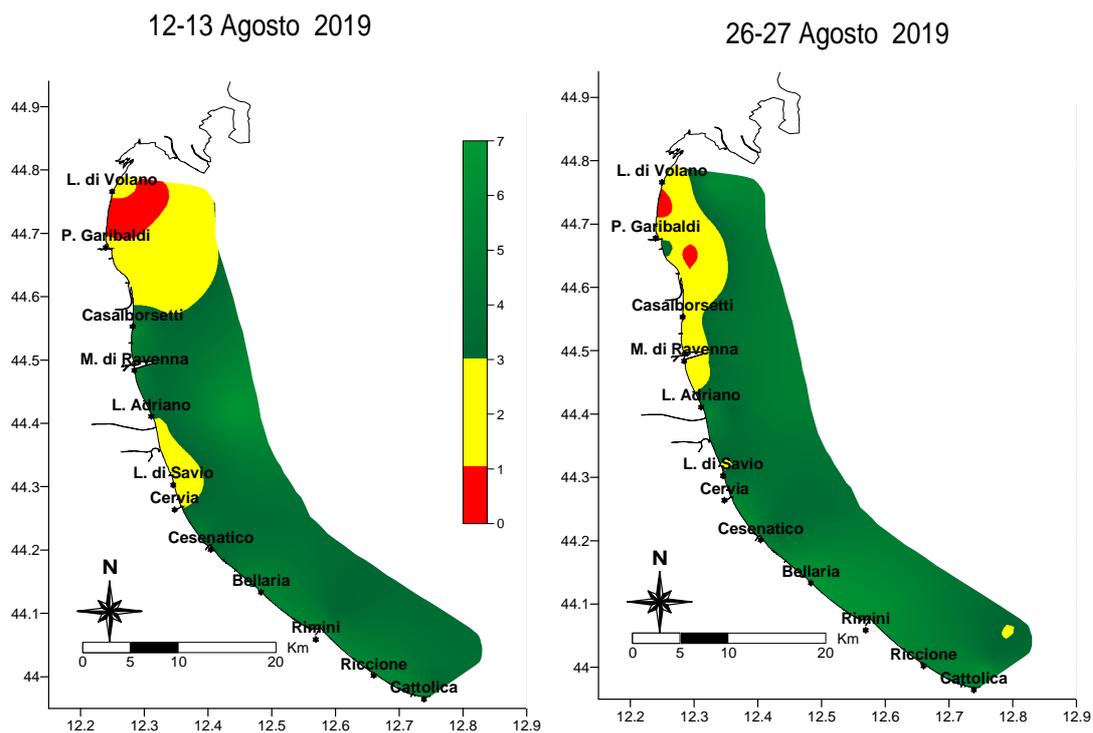


Figura 24 – Mappe di distribuzione dell’ossigeno di fondo (mg/l) lungo la costa fino a 10 km al largo durante alcuni controlli eseguiti ad agosto

A settembre si registra una normale tendenza alla diminuzione delle temperature delle acque di superficie sia in costa che al largo in concomitanza al decremento di quelle atmosferiche (Figura 25).

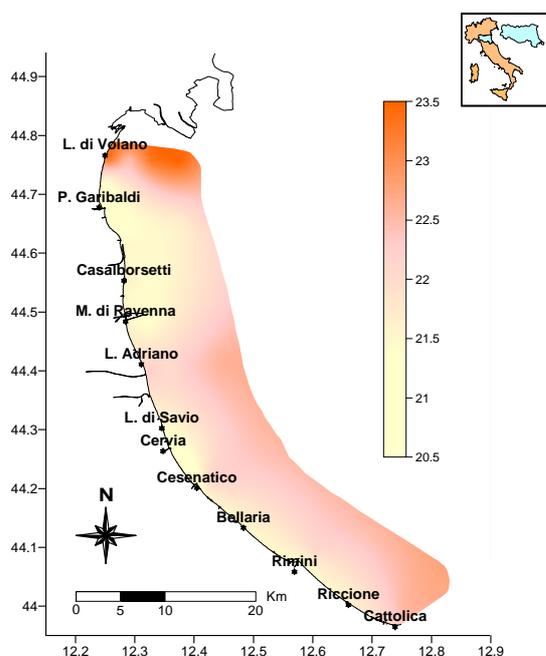


Figura 25 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) lungo la costa fino a 10 km al largo durante alcuni controlli eseguiti il 23-24 settembre

Si continuano a rilevare in alcune stazioni diminuzioni di ossigeno disciolto a livello del fondale principalmente nell'area più settentrionale della costa con valori in alcuni punti inferiori a 1 mg/l Figura 26 (B).

I valori degli indici trofici rimangono in generale medio bassi mentre si rileva ancora la presenza di *Mnemiopsis leidy* lungo tutta la costa anche al largo e di meduse appartenenti alle specie *Rhizostoma pulmo* e *Cothloriza tuberculata*.

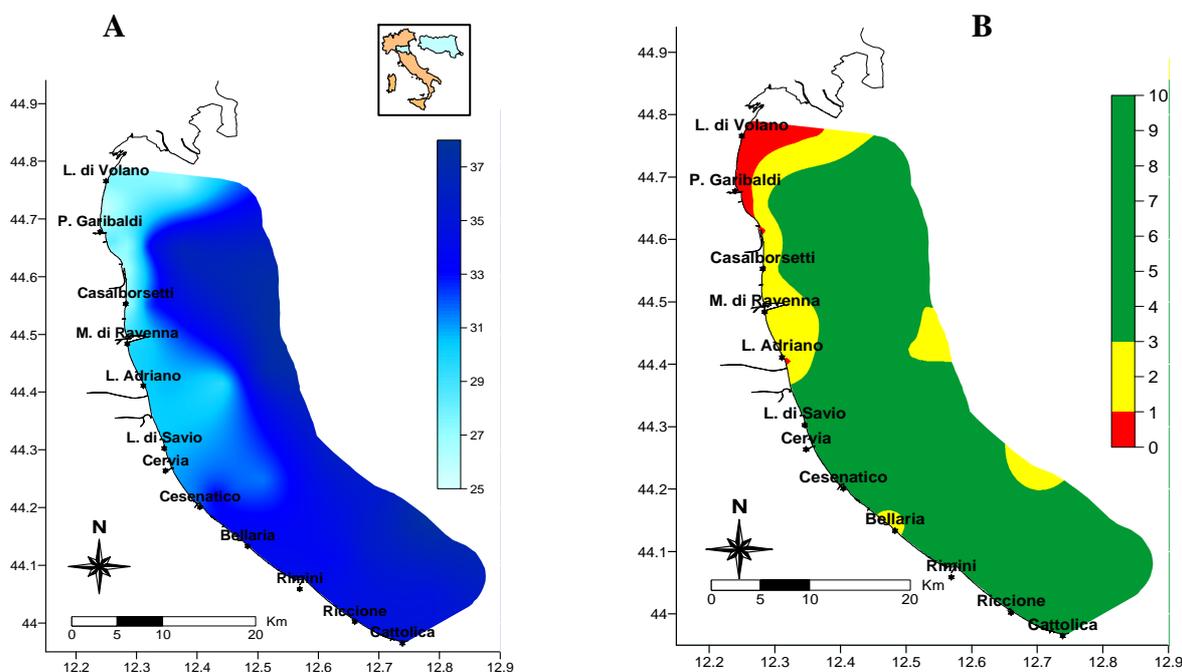


Figura 26 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) A) e dell'ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) B) lungo la costa fino a 20 km al largo durante alcuni controlli eseguiti il 16-17 settembre

I monitoraggi eseguiti a ottobre confermano una graduale diminuzione delle temperature delle acque in particolare di quelle superficiali e una salinità medio alta che attesta bassi apporti di acque dolci dai bacini costieri. Giornate di mare mosso hanno contribuito ad un buon rimescolamento delle masse d'acqua lungo la colonna con omogeneizzazione dei parametri idrologici da superficie al fondo.

Duranti i controlli effettuati il 09-10 ottobre si è osservata un'area con valori più elevati di biomassa fitoplanctonica localizzata nella parte alta della costa che evidenzia una condizione eutrofica estesa fino a 10 km dalla costa. L'analisi al microscopio in laboratorio, evidenziava la presenza di numerosi individui appartenenti prevalentemente al gruppo delle Diatomee *Pseudonitzschia* spp e *Chaetoceros* spp. tipici del periodo (Figura 27).

A partire dalla metà del mese di ottobre fino a tutto dicembre l'ambiente marino costiero è stato influenzato dall'immissione di enormi quantità di acque dolci dai bacini costieri e in particolare da quello padano in conseguenza a forti precipitazioni che hanno interessato tutta la regione. Le acque dolci immesse in mare hanno provocato in alcuni momenti forti diluizioni nei primi metri della colonna sia in costa che al largo, anche nell'area più meridionale. Il profilo registrato con la sonda multiparametrica di Figura 29 evidenziava una forte diluizione nei primi metri della colonna a 6 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi il 28 novembre e davanti a Cesenatico il 6 dicembre.

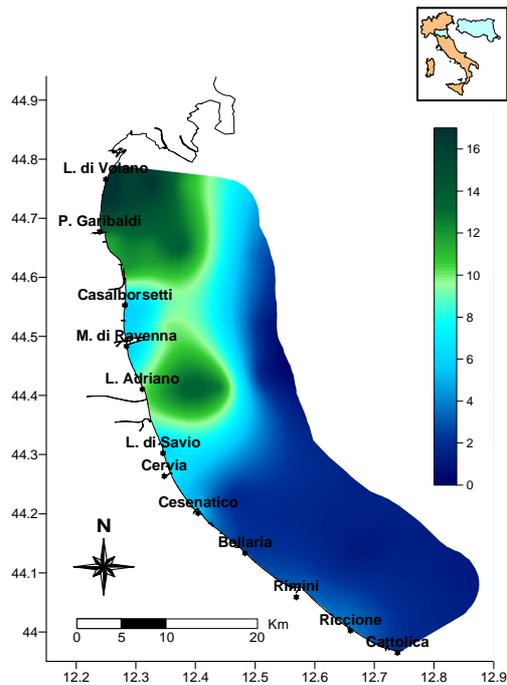


Figura 27 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) lungo la costa fino a 20 km al largo durante alcuni controlli eseguiti il 09-10 ottobre

Perdura anche a novembre la tendenza ad una diminuzione dei valori di temperatura nelle acque superficiali in correlazione alla diminuzione di quelle esterne. L’aumento delle precipitazioni nel corso del mese di novembre ha portato al picco eccezionale delle portate dai bacini costieri ed in particolare da quello padano. Il giorno 27 nella stazione di rilevamento a Pontelogoscuro si è registrato un massimo di 7677 mc/sec. Questo carico di acque dolci ha contribuito a diluire fortemente le acque marine (Figura 28).

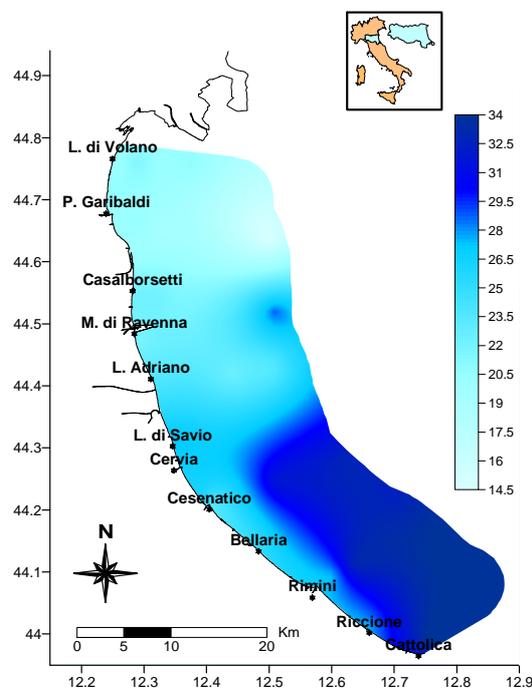


Figura 28 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) lungo la costa fino a 20 km al largo durante alcuni controlli eseguiti il 27-28 novembre

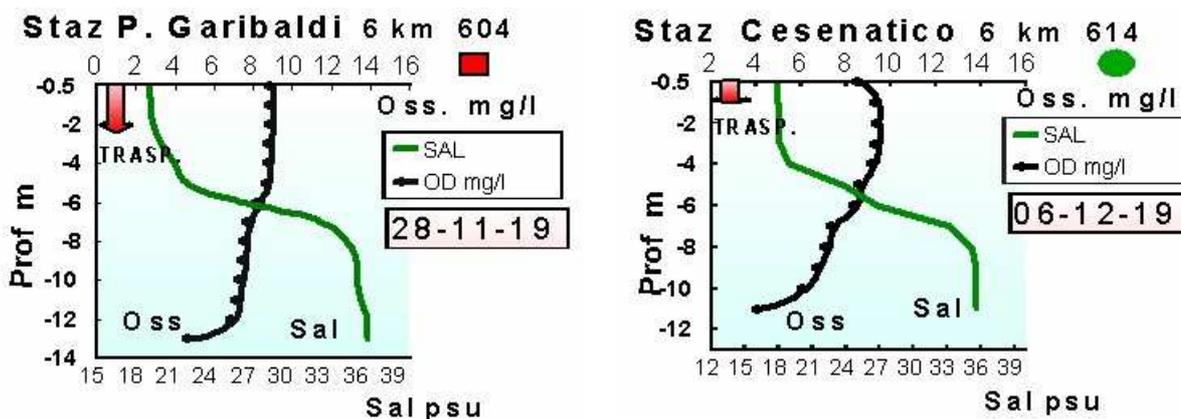


Figura 29 – Profili verticali di salinità (psu) e ossigeno disciolto (mg/l) nella stazione a 6 km davanti a Porto Garibaldi il 28 novembre e davanti a Cesenatico il 6 dicembre

Gli ultimi controlli dell'anno hanno registrato temperature medie in superficie intorno ai 10-11°C ed un aumento delle concentrazioni di clorofilla "a". L'immissione di acque dolci ha contribuito anche all'aumento di elementi eutrofizzanti quali fosforo e azoto che hanno sostenuto e alimentato la componente microalgale favorendone un repentino sviluppo e aumentando così la produttività dell'ecosistema marino (Figura 30). L'analisi al microscopio ottico eseguito in laboratorio ha evidenziato la presenza di Diatomee in particolare appartenenti al genere *Skeletonema* spp.

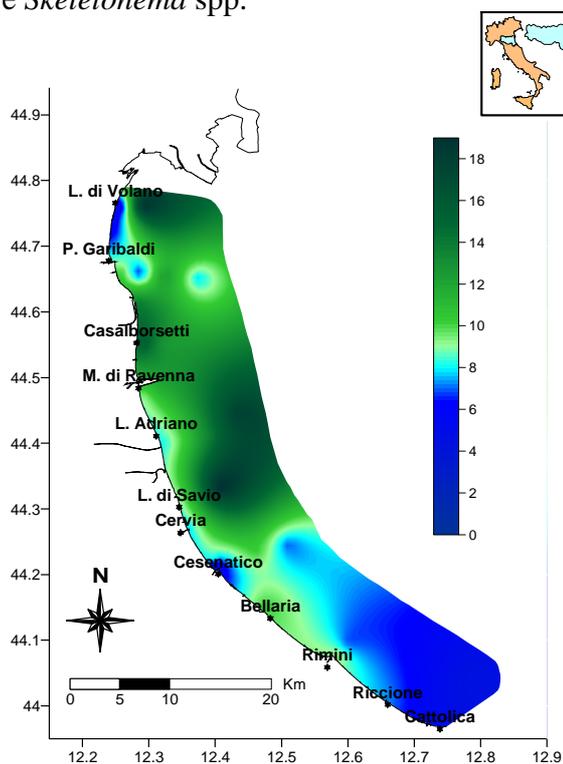


Figura 30 – Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) lungo la costa fino a 10 km al largo durante alcuni controlli eseguiti il 16-17 dicembre

2.3 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 MARE IN-FORMA (Figura 31) pubblicato in Internet e disponibile al seguente indirizzo: www.arpa.emr.it/daphne/ per la consultazione.

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;
- 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); elaborazione di mappe tematiche di distribuzione su tutta la costa di: temperatura, clorofilla "a", salinità, trasparenza e ossigeno disciolto sul fondo (Figura 32).

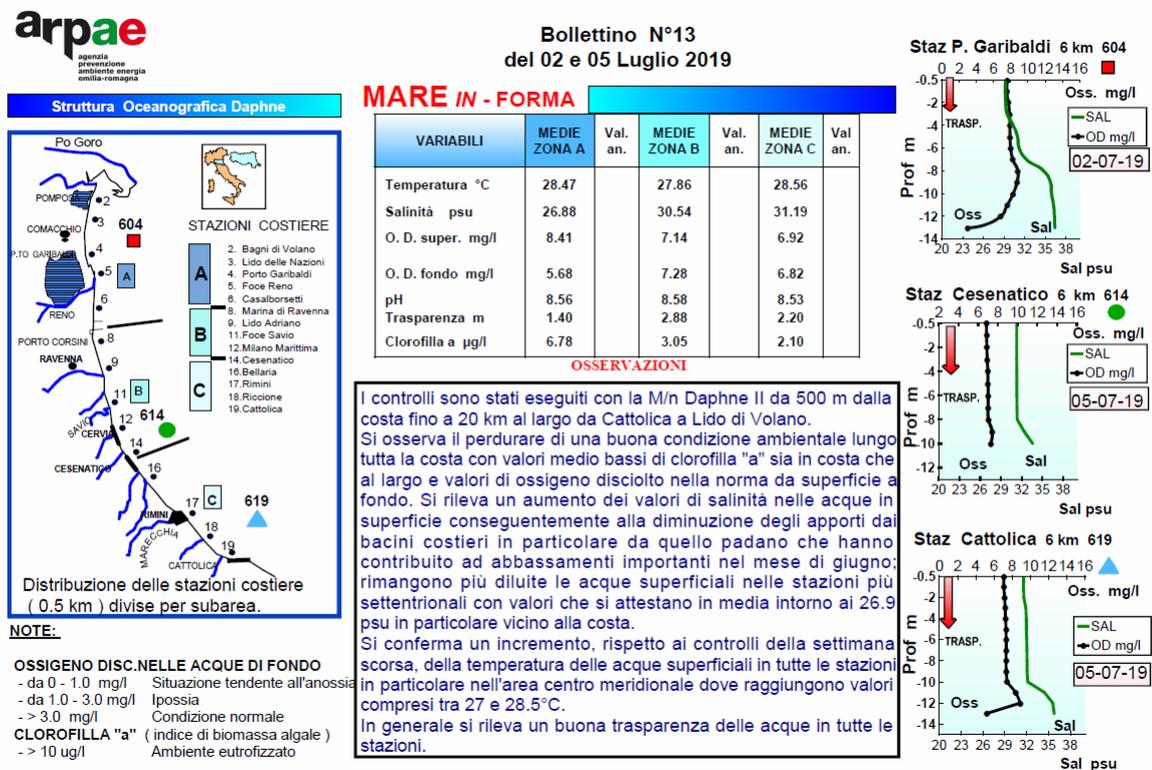


Figura 31 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

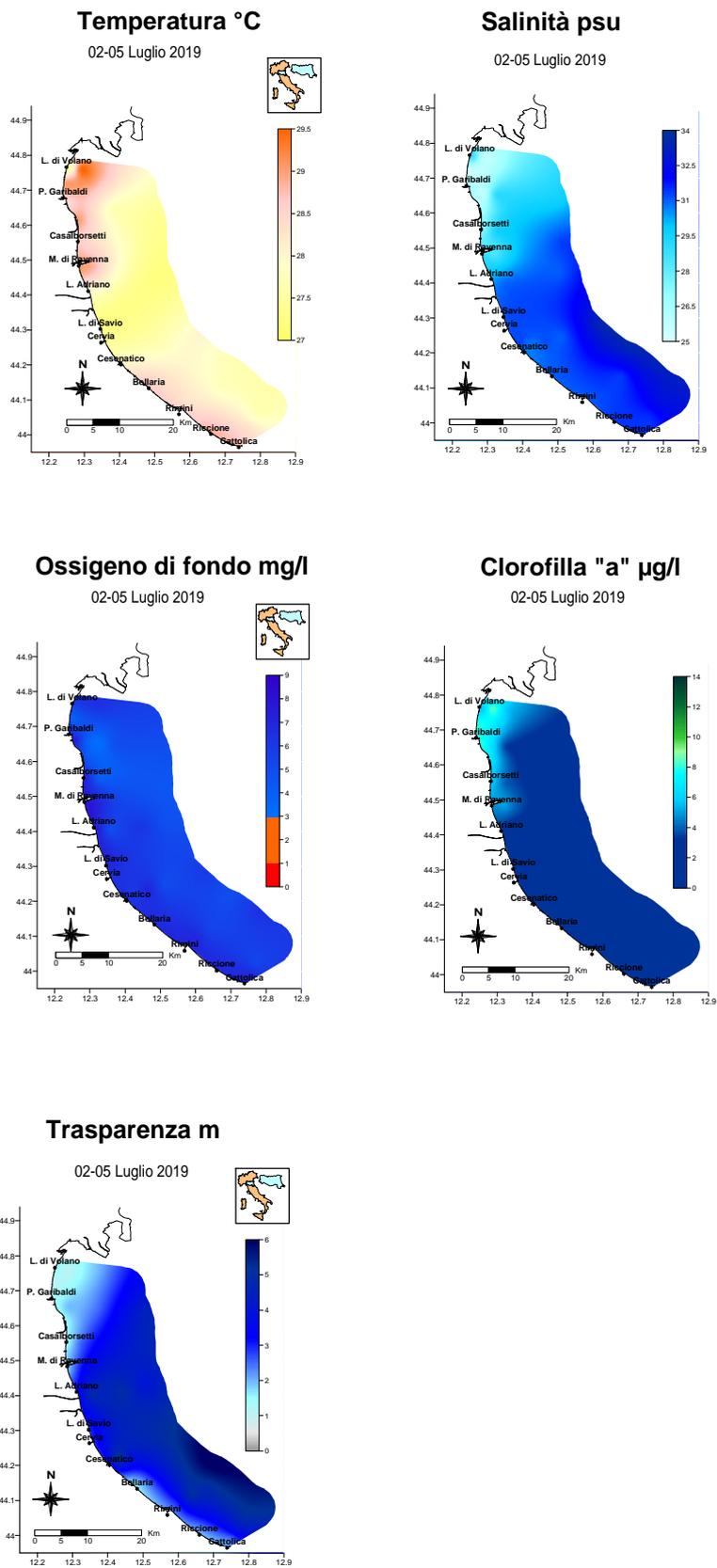


Figura 32 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzate a conclusione di un monitoraggio

Monitoraggio e risultati

I paragrafi che seguono contengono analisi e valutazioni dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2019.

In particolare si esaminano i risultati relativi ai parametri idrologici ed agli elementi nutritivi.

2.3.1 Parametri idrologici

2.3.1.a Temperatura

L'andamento della temperatura presenta anche per il 2019 la tipica tendenza sinusoidale con i minimi a inizio e fine anno, in inverno e autunno, e massimi in estate (Figura 33).

I valori più bassi si sono rilevati nel corso del primo monitoraggio dell'anno eseguito nelle giornate dell'8 e 15 gennaio con il minimo assoluto pari a 4.66°C alla stazione 11, a 0.5 km davanti alla foce del fiume Savio. Il mese più caldo dell'anno invece è stato agosto con il valore massimo di 29.77°C misurato il giorno 12 nella stazione 3, localizzata a 0.5 km davanti a Lido delle Nazioni nella zona a nord della costa.

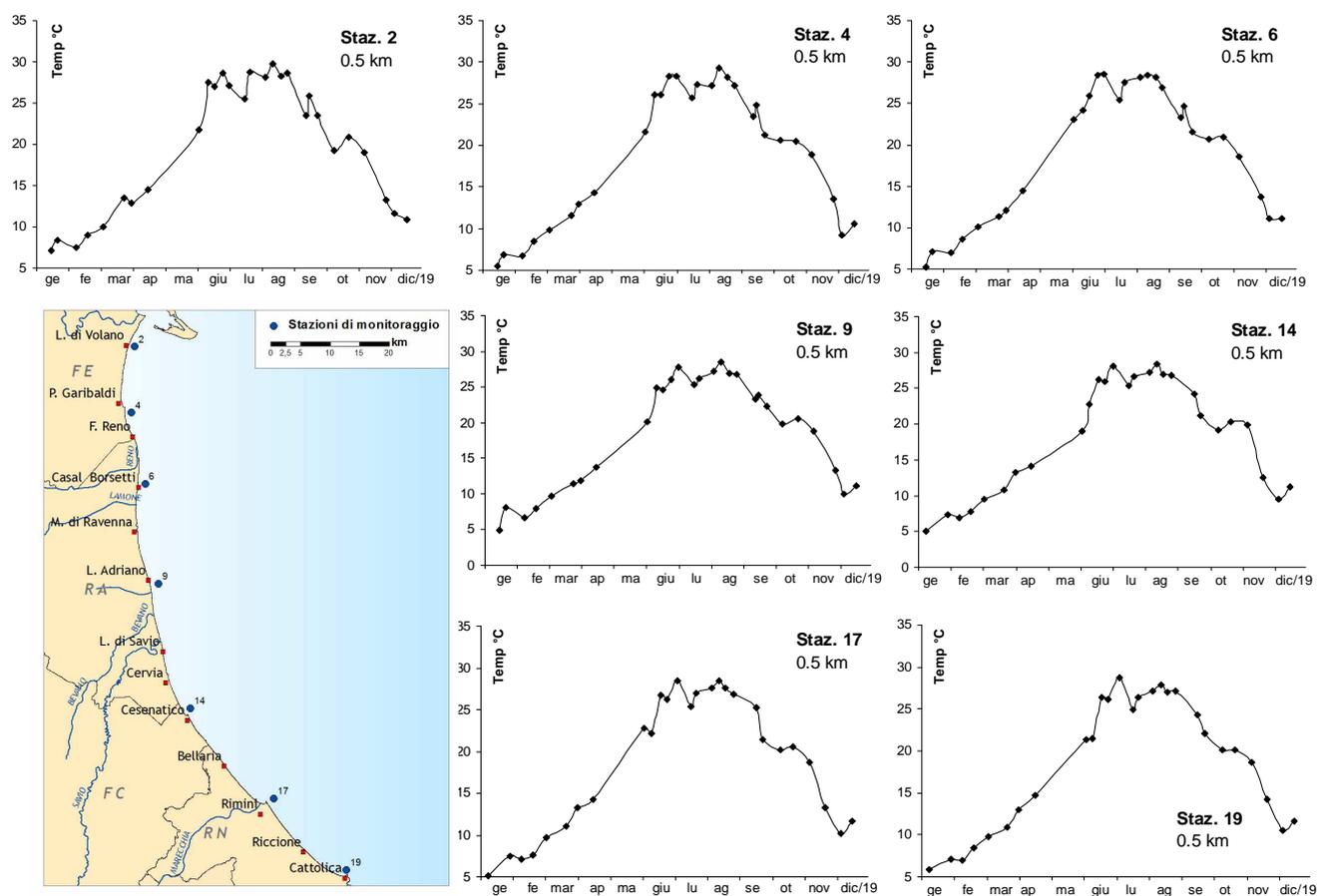


Figura 33 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Anche il 2019, come il 2018, è stato caratterizzato da temperature particolarmente alte in estate e più miti durante la stagione autunnale rispetto agli anni precedenti. L'elaborazione dei

dati medi stagionali (Figura 34) rilevati nelle stazioni più vicino a costa in autunno, confermano valori compresi tra 15.45 e 16.01 °C più alti a confronto con quelli del 2018 con un range compreso tra 13.88 e 15.05 °C.

Confrontando i valori calcolati questo anno con quelli elaborati per il 2018 si segnala un incremento in inverno nelle stazioni 2 e 19 posizionate agli estremi della costa, rispettivamente la prima più a nord e la seconda più a sud. A Lido di Volano (st. 2) il dato medio nei primi tre mesi dell'anno è stato di 9.28 °C a confronto con quello calcolato per l'inverno 2018 pari a 7.76 °C, a Cattolica (st. 19) di 8.16 °C rispetto ai 7.73 °C dell'anno precedente. Nelle altre stazioni le medie invernali si sono mantenute molto simili.

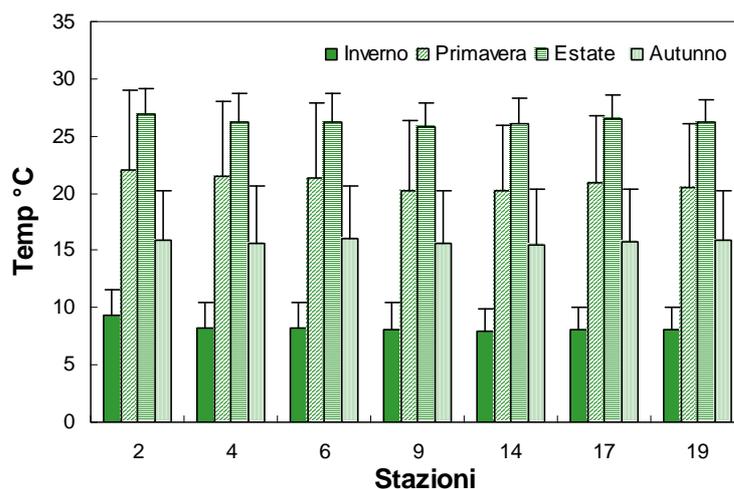


Figura 34 – Valori medi stagionali e deviazione standard della temperatura calcolate nelle acque di superficie i alcune stazione a 0.5 km dalla costa

Andando ad analizzare l'andamento annuale (Figura 33) si segnala la mancanza di dati a maggio in quanto, per condizioni meteo marine di forte instabilità che ha caratterizzato il periodo, non si sono potute eseguire le normali attività di controllo istituzionale. Il grafico mostra un netto incremento delle temperature delle acque in superficie a fine aprile (16 aprile ultimo monitoraggio eseguito) ed inizio giugno (3 giugno ripresa attività in mare) in tutte le stazioni lungo la costa di circa 7°C.

In particolare nella stazione 2 (Lido di Volano) il 16 aprile le temperature rilevate con la sonda multiparametrica registravano 14.44 °C mentre il 3 giugno 21.72 °C.

Il mese di giugno, secondo il rapporto Idrometeo-clima Emilia Romagna, è stato il più caldo dal 1961 in termini di temperature esterne massime e secondo come valori medi. Questa condizione ha contribuito all'innalzamento delle temperature delle acque marine di superficie sia in costa che al largo.

Confrontando i dati del parametro misurati in superficie e sul fondo (Figura 35) si può notare come i primi presentino un andamento sinusoidale con minimo invernale e massimo in estate mentre quelli di fondo, pur seguendo questa tendenza, evidenziano temperature inferiori da maggio e agosto e superiori nel periodo invernale. L'irraggiamento solare, interessando i primi metri della colonna, riscalda solo una porzione d'acqua lasciando la restante parte con valori più freddi. Questo comportamento è più evidente nel periodo primaverile estivo, nel quale le masse d'acqua si raffreddano e si riscaldano più lentamente rispetto alla terraferma, per poi trattenere più a lungo il calore riducendo la variazioni termiche. La colonna rimane in uno stato di piena circolazione (instabilità termica) generalmente nel periodo invernale e inizio primavera, mentre si stratifica nei restanti mesi come è osservabile nella Figura 36 dove sono

illustrate le isolinee di temperatura nelle stazioni a 10 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Quando la colonna d'acqua è stratificata la profondità dello strato di passaggio tra lo strato di superficie rimescolato e lo strato di acqua profonda viene chiamato termocline e può variare.

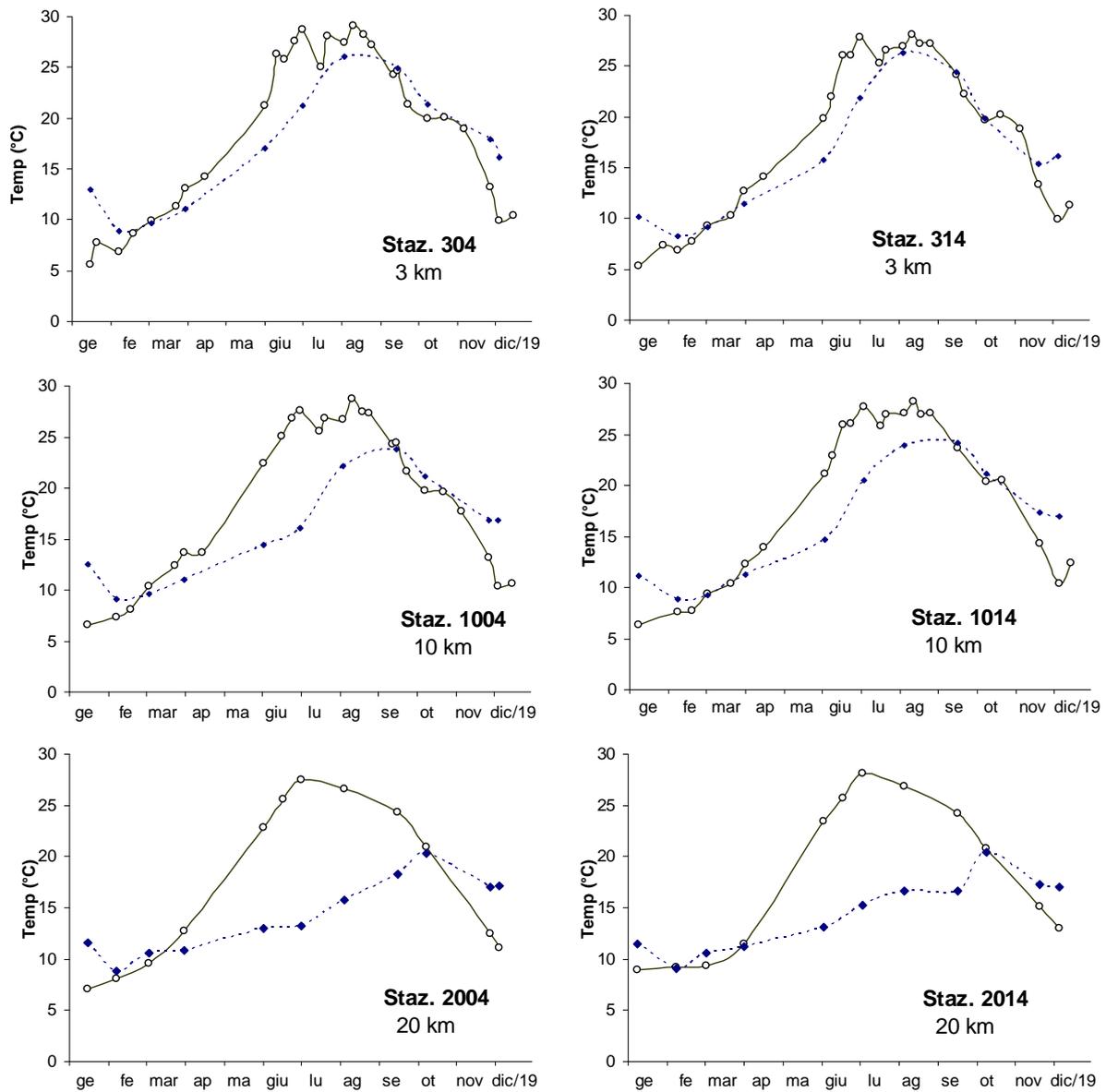


Figura 35 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transeiti di Porto Garibaldi e Cesenatico

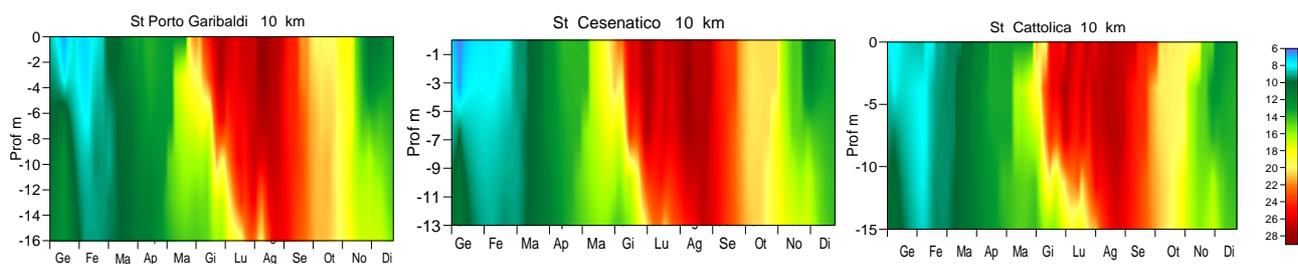


Figura 36 – Isoleone di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Termoclini molto evidenti nel 2019 si sono registrati in estate in concomitanza ad una minore idrodinamicità delle masse d’acqua che ha favorito una maggior stabilità di tutta la colonna d’acqua (Figura 36). Temperature esterne elevate anche durante la notte che hanno caratterizzato tutta l’estate 2019, hanno contribuito ad un incremento delle temperature anche più in profondità.

Ad esempio il profilo del parametro in Figura 37, eseguito il 6 agosto nella stazione 2014 a 20 km davanti a Cesenatico, rileva valori intorno ai 26°C nei primi 9 metri della colonna.

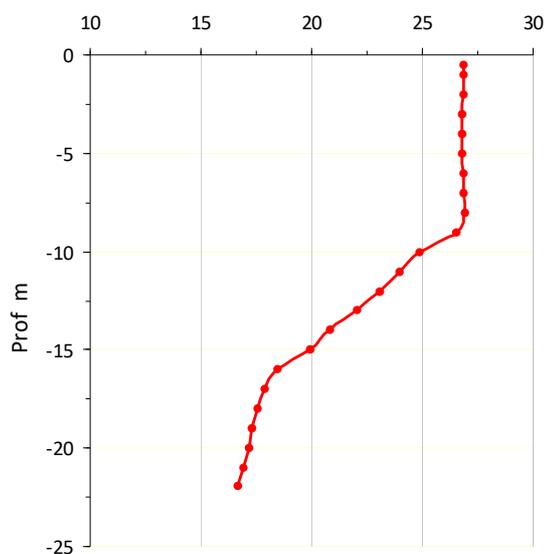


Figura 37 – Profilo della temperatura (°C) nella stazione 2014 a 20 km dalla costa il 6 agosto 2019

Anche in inverno si sono rilevate alcune situazioni di stratificazione termica. La Figura 38 mostra il profilo della temperatura in due stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi a 3 (colore blu) e 10 (colore rosso) km dalla costa durante il monitoraggio del 5 dicembre che rileva la presenza di termoclini: si evidenziano i primi due metri della colonna con temperature di 5,6°C e 6,5°C e sul fondo di 12,9°C e 12,5°C con una differenza di 7 e 6°C.

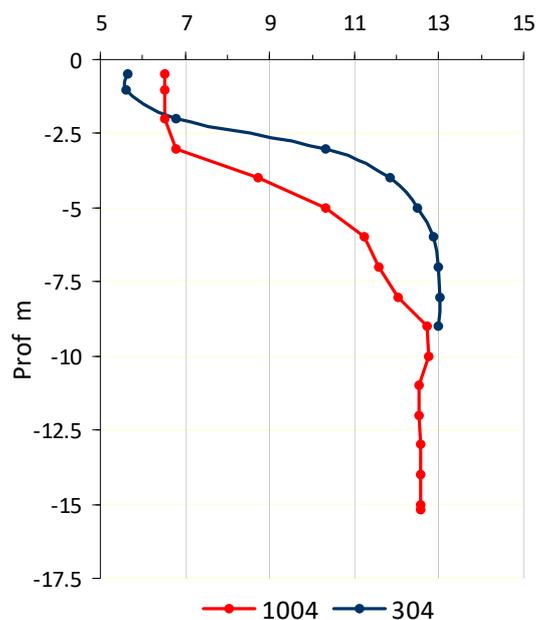


Figura 38 – Profilo della temperatura (°C) nelle stazione 304 e 1004, a 3 e 10 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, il 5 dicembre 2019

Medie annuali delle temperature delle acque marine di superficie lungo i quattro transetti di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica rappresentati in Figura 39, evidenziano valori molto simili da 0.5 a 10 km dalla costa e valori inferiori nelle stazioni posizionate più al largo, a 20 km. Si osserva una differenza più marcata lungo il transetto di Porto Garibaldi con una media di 19,08°C in costa contro i 17,39°C rilevati nella stazione a 20 km.

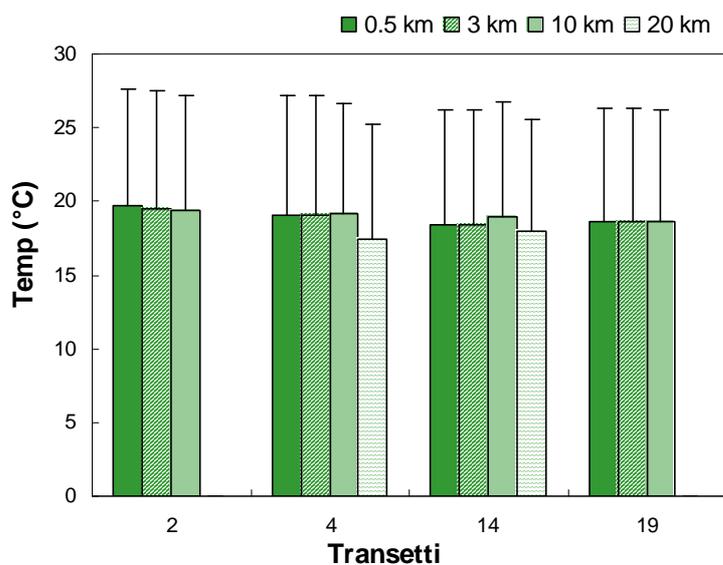


Figura 39 – Valori medi annuali della temperatura lungo i transetti di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

2.3.1.b Salinit 

Da sempre l'andamento della salinit  nelle acque marine superficiali dell'Emilia Romagna   influenzata dagli apporti fluviali dolci provenienti dai bacini costieri, in particolare da quello padano che porta a fluttuazioni e variabilit  a volte molto importanti condizionando la qualit  ambientale dell'ecosistema marino. Il 2019   stato un anno in alcuni momenti molto piovoso con record assoluto di precipitazioni mensili nel mese di maggio (media regionale 229 mm) e a novembre (media regionale 270 mm). Assai elevata   stata anche la variazione pluviometrica per queste precipitazioni straordinarie che hanno portato a eventi di piena anche in altri fiumi regionali. Tra il 22 novembre e il 3 dicembre il fiume Po ha mostrato nella stazione di Pontelagoscuro una piena significativa di circa 8000 m³/s con superamento della massima soglia di allertamento in tutte le stazioni del tratto emiliano. Questa situazione ha contribuito a immettere grosse quantit  di acque dolci in mare ed a determinare forti diluizioni e marcata stratificazione lungo la colonna.

Nei grafici seguenti sono rappresentate le portate del Po registrate a Pontelagoscuro nel 2019 e nel 2018 che mostrano un valore medio annuale molto simile 1515 m³/s e 1540 m³/s, valori questi in tendenza con la media calcolata dal 1982 pari a 1457 m³/s (Figura 41).

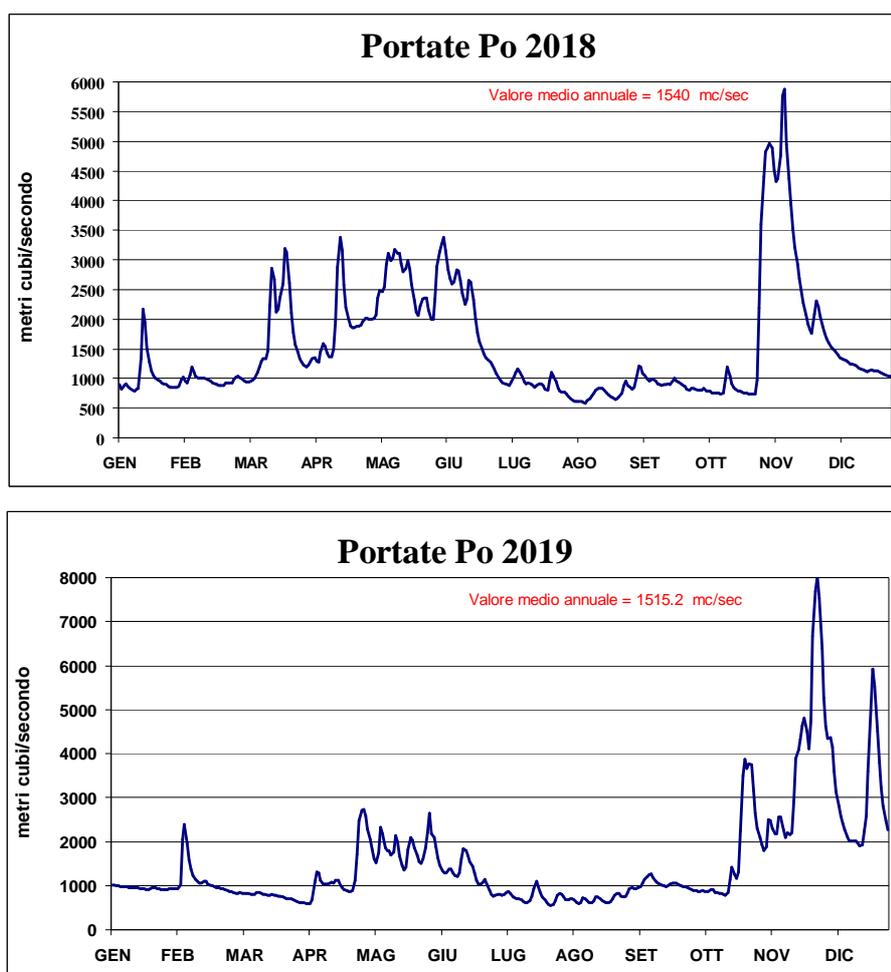


Figura 40 –Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2018 e 2019 (Fonte: ARPAE SIMC)

Durante l'anno si sono verificati 3 eventi di portata importanti, uno a inizio febbraio durato pochi giorni e due più significativi per volume d'acqua e numero di giornate consecutive in maggio come accennato sopra, e in novembre con il massimo raggiunto il giorno 28 novembre pari a 8012 m³/s. Il confronto con i valori medi mensili calcolati sul lungo periodo (1917-2018) in Figura 42 mette in evidenza l'anomalia di dicembre rispetto al valore di riferimento. A inizio anno e durante la stagione estiva al contrario le portate sono state basse e inferiori ai valori medi della serie storica.

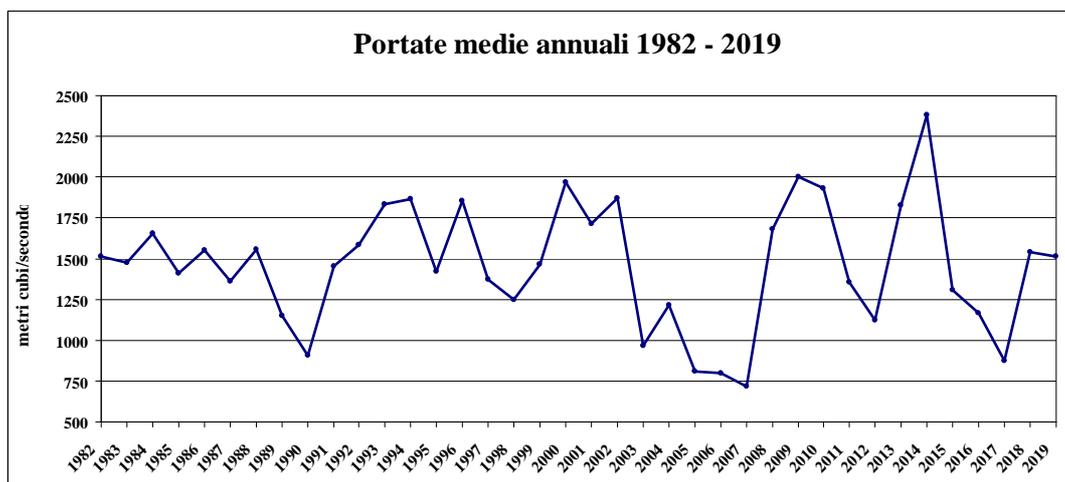


Figura 41 – Valori medi annuali di portata del Po rilevati a Ponteloscuro (FE) dal 1982 al 2019

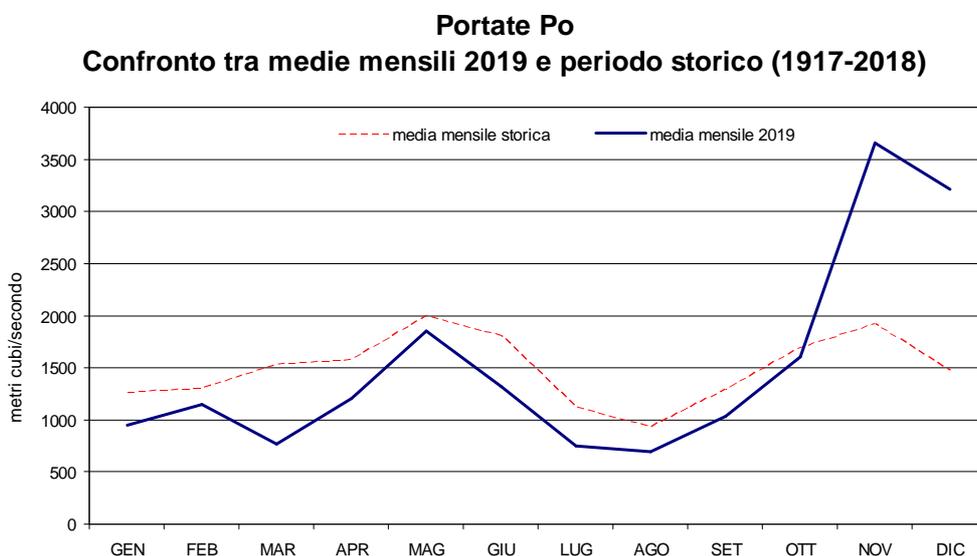


Figura 42 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po rilevate a Ponteloscuro (FE) nel 2019 con le medie calcolate per il periodo storico 1917-2018

L'analisi delle medie annuali della salinità nelle stazioni localizzate lungo transetti ortogonali alla costa in Figura 43 conferma un trend crescente nord sud e costa largo. Da sempre le stazioni localizzate nell'area settentrionale rimangono maggiormente coinvolte e influenzate dalla presenza di acque dolci immesse dai bacini costieri soprattutto da quello del Po.

Infatti, in concomitanza a eventi di grosse portate, si decremento della salinità non solo in superficie ma anche nei primi metri lungo la colonna d'acqua con formazione di marcati picnoclini. Nelle stazioni più settentrionali (2 - Lido di Volano e 4 - Porto Garibaldi) i valori medi si mantengono inferiori ai 30 psu fino ai 10 km dalla costa e la differenza tra media calcolata nella stazione 2 localizzata più a nord della costa e la stazione 19 (Cattolica) più a sud con 24.27 psu e 32.9 psu è di circa 8 psu.

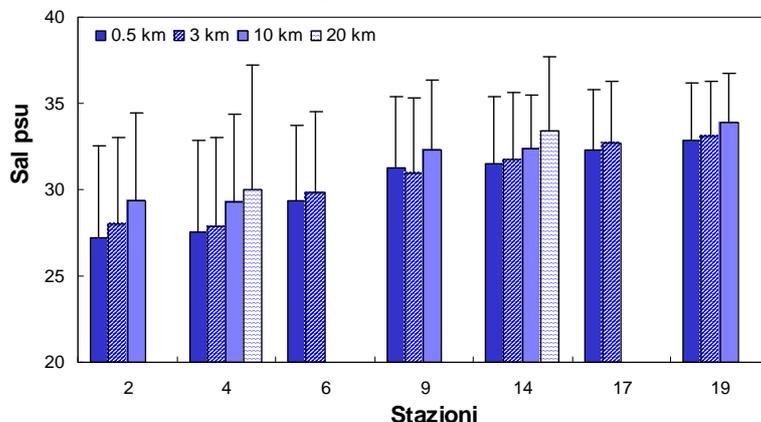


Figura 43 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolate lungo i transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km da costa

L'analisi dell'andamento annuale della salinità nelle stazioni in costa (Figura 44) evidenzia fluttuazioni più marcate ed una maggior variabilità del parametro proprio nelle stazioni localizzate nell'area più settentrionale della costa rispetto a quelle meridionali, in correlazione con le portate del Po (Figura 40). Il valore minimo di salinità si è registrato nelle acque di superficie a Porto Garibaldi a 0.5 km dalla costa il 5 dicembre pari a 12.10 psu.

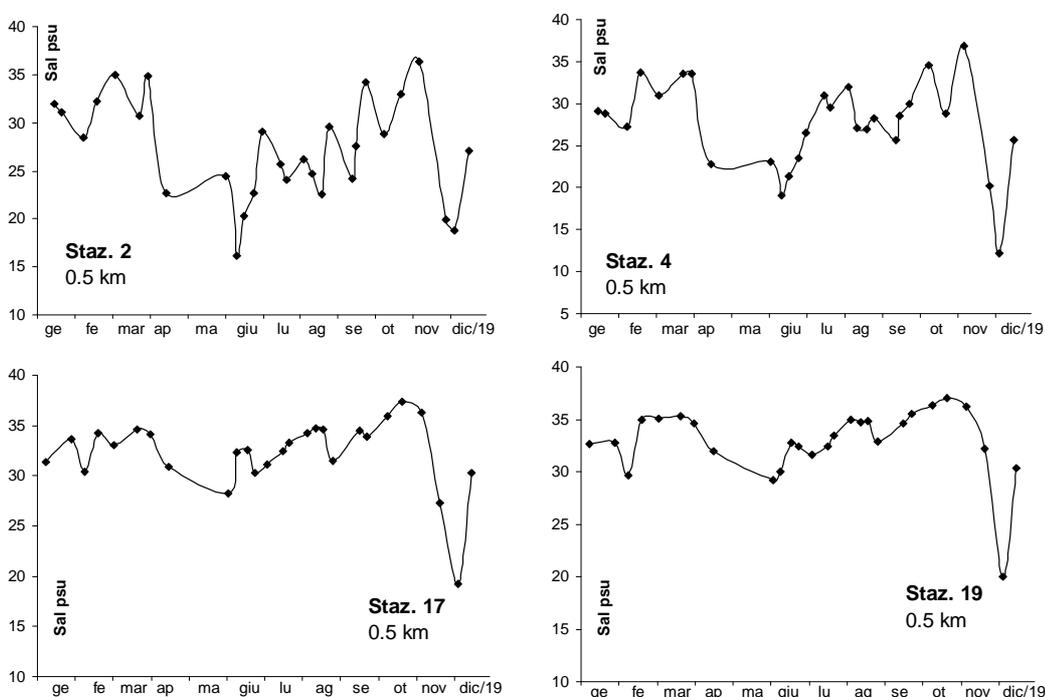


Figura 44 – Andamento annuale della salinità (psu) in alcune stazioni posiziona a 0.5 km dalla costa

Questa situazione si osserva anche nelle stazioni più esterne a 10 km al largo sia a nord della costa (1002) che a sud (1019) lungo la costa come mostrato nella Figura 45.

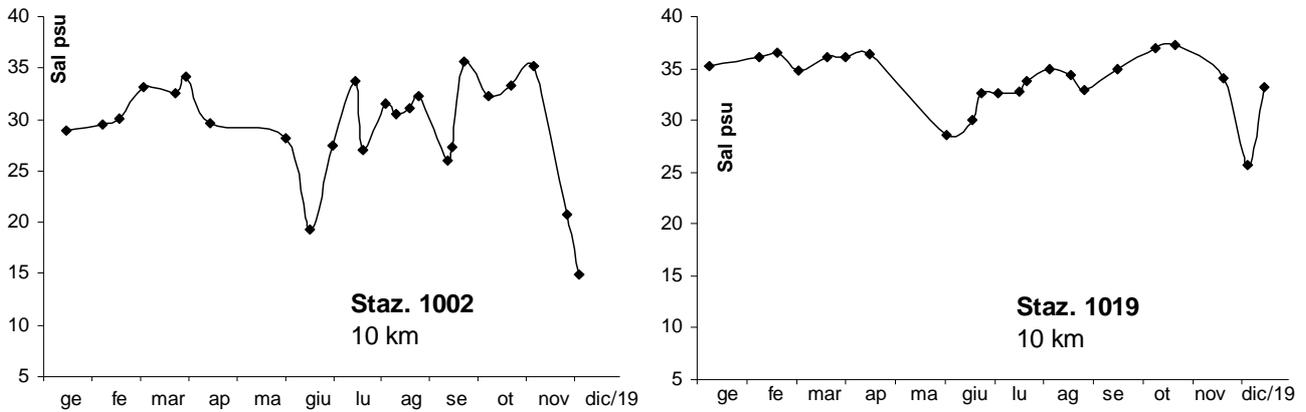


Figura 45 – Andamento annuale della salinità (psu) a 10 km dalla costa antistante Lido di Volano (1002) e Cattolica (1019)

Analizzando i dati di superficie a confronto con quelli di fondo (Figura 46) si osserva una linearità e omogeneità di questi ultimi confermando una maggior stabilità delle masse d'acqua negli ultimi metri della colonna, con valori che si mantengono superiori ai 35 psu. Il grafico mette in evidenza anche in alcuni monitoraggi nette differenze tra superficie e fondo, sempre correlate agli eventi descritti in precedenza. Il flusso di acqua dolce ha creato stratificazioni nette e marcate nelle stazioni più settentrionali come viene messo in evidenza nella Figura 47 che rappresenta le isolinee rilevate durante l'anno nelle stazioni posizionate a 10 km al largo da Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.

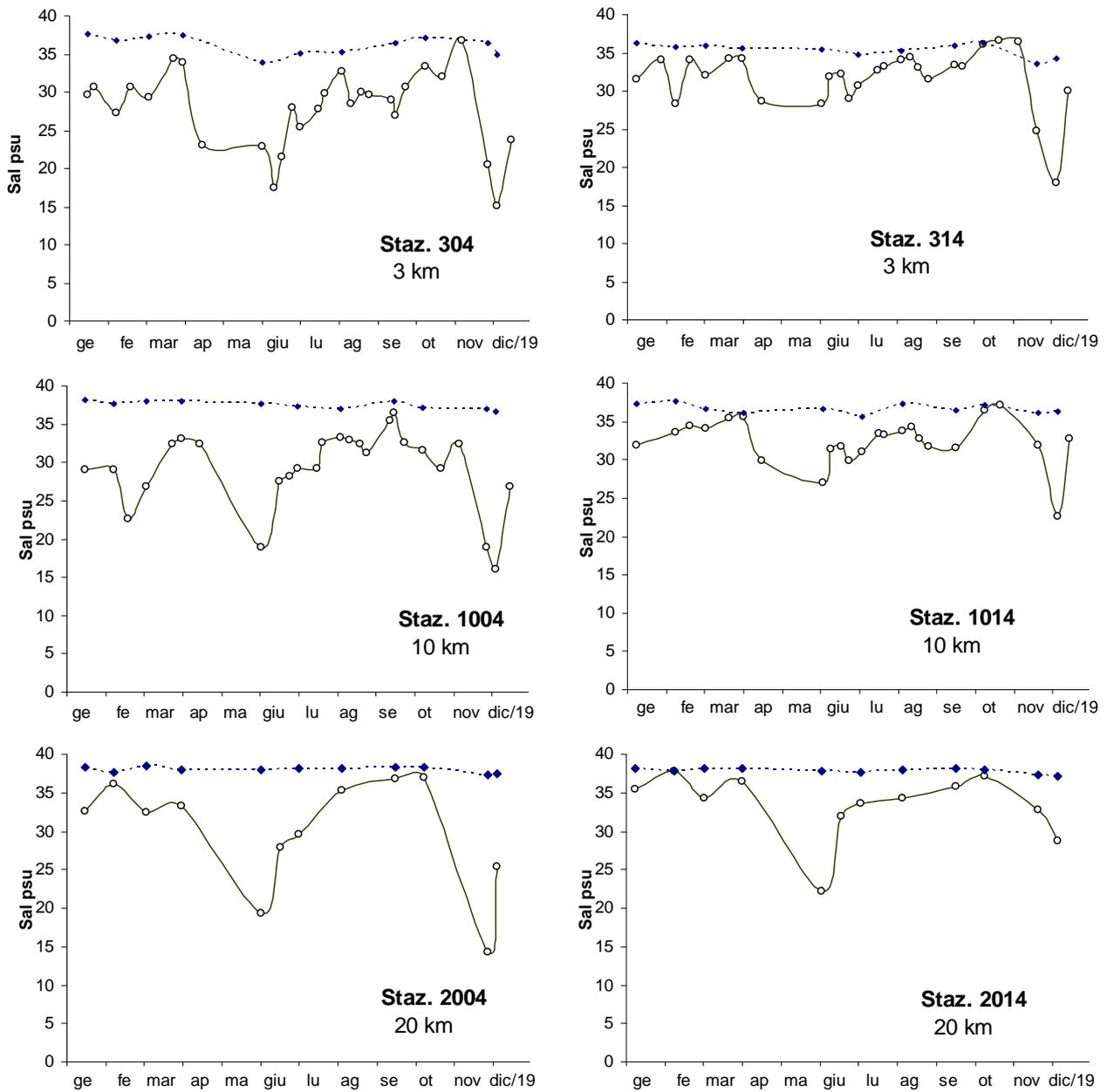


Figura 46 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

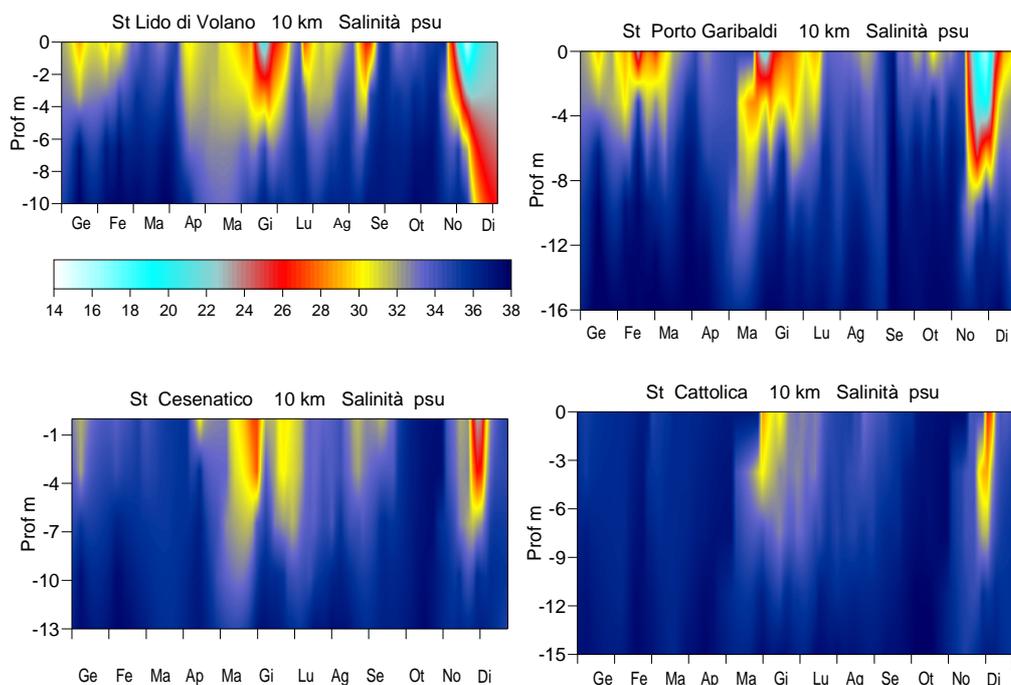


Figura 47 – Isolinee di salinità (psu) nelle stazioni a 10 km dalla costa davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Come accennato in precedenza, a maggio si sono verificate condizioni meteorologiche particolarmente instabili caratterizzate anche da importanti eventi di pioggia su tutta l'Italia che hanno causato piene importanti e prolungate di molti fiumi in particolare del Po. Il perdurare di apporti superiori a 1000 mc/sec con picchi anche di 3000 mc/sec ha innescato una forte diluizione delle acque marine di superficie in particolare nell'area più settentrionale della costa nei primi giorni di giugno. Guardando il grafico delle medie stagionali calcolate in alcune stazioni della rete di monitoraggio (Figura 48), si confermano valori minimi in primavera e autunno, più marcati nelle stazioni 2 e 4 rispetto alle stazioni localizzate nell'area centro meridionale che si mantengono più elevate e in linea fra loro. Un confronto con i dati medi del 2018 registra una diminuzione del parametro nelle due stazioni sia in primavera che in autunno, ad esempio a Lido di Volano nel 2018 la media stagionale era di 29.49 psu contro 27.31 psu calcolata per il 2019. Nelle altre stagioni i valori medi elaborati rimangono in linea con quelli del 2018.

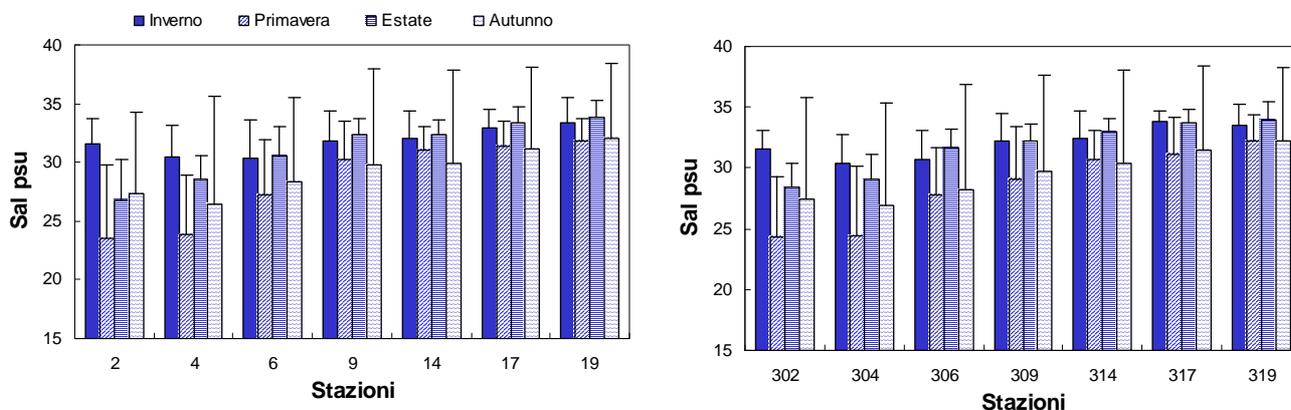


Figura 48 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Nelle figure seguenti vengono rappresentati profili di salinità eseguiti con la sonda multiparametrica il 3 giugno nella stazione 1004 e il 5 dicembre sempre nella stazione 1004 e 1002 che ben rappresentano due eventi di stratificazione salina rilevata durante le attività di controllo. Mentre a giugno il flusso di acqua dolce ha influito solo nei primi metri della colonna, nel controllo di dicembre si rileva una salinità bassa, inferiore ai 30 psu, fino a 6 metri di profondità a conferma di come l'apporto di acque dolci fosse maggiore.

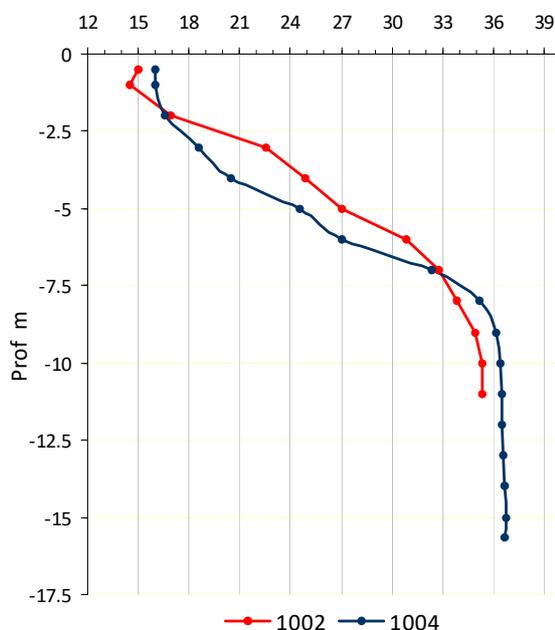


Figura 49 – Profilo della salinità (psu) nelle stazione 1002 e 1004 a 10 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Porto Garibaldi il 5 dicembre

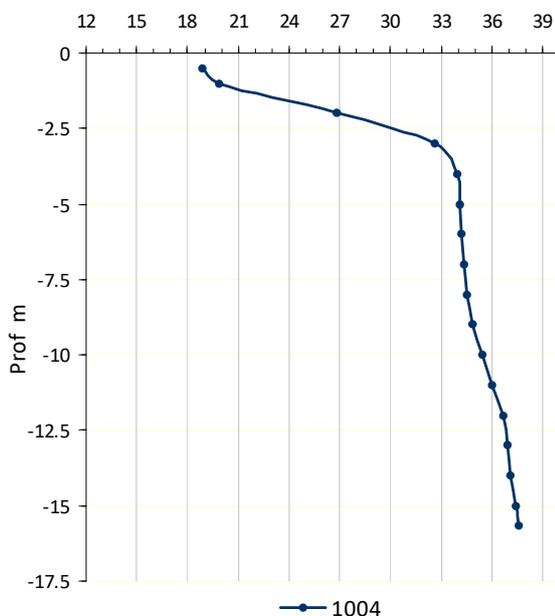


Figura 50 – Profilo della salinità (psu) a 10 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi il 3 giugno

2.3.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno è un importante indicatore dello stato trofico dell'ecosistema e risulta strettamente correlato alla presenza di fitoplancton marino. Da sempre le acque marine antistanti l'Emilia Romagna sono definite estremamente produttive e l'instaurarsi di condizioni eutrofiche che si protraggono nel tempo, in concomitanza a condizioni idrodinamiche e meteo marine particolari, possono creare l'insorgere di situazioni critiche a livello di fondale con diminuzioni di concentrazioni di ossigeno tendenti all'ipossia e anossia. Situazioni di ipossia e anossia tendono a prendere avvio negli ultimi strati della colonna d'acqua per l'incremento dell'attività metabolica degli organismi eterotrofi (detritivori) sulla biomassa organica che si deposita sul fondo a fine ciclo vitale, dopo estese fioriture microalgali.

La mancanza di ossigeno negli ultimi strati lungo la colonna d'acqua può destabilizzare le comunità bentoniche strettamente legate alla vita di fondo con ripercussioni anche drastiche se protratta troppo nel tempo e questo può verificarsi sia in costa che al largo. Spesso situazioni critiche con diminuzioni significative di ossigeno in profondità si risolvono in breve tempo grazie all'instaurarsi di intensi movimenti idrodinamici a seguito di mareggiate o forti venti.

L'elaborazione delle medie annuali nelle stazioni a 0.5 ed a 3 km da costa (Figura 51) evidenzia valori di ossigeno disciolto più elevati in superficie, dove è più intensa l'attività produttiva della comunità microalgale in confronto con il fondo (Figura 33). Nelle stazioni a 0.5 km si osservano valori medio bassi in particolare nella stazione 2 rispetto agli altri valori, mentre nelle stazioni a 3 km si delinea un trend più omogeneo in aumento sempre a livello di fondo, da nord a sud.

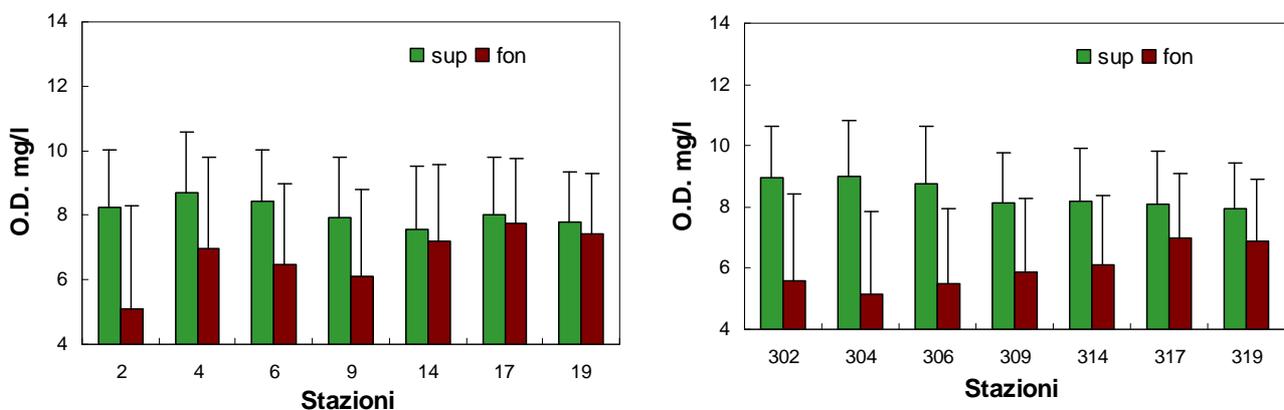


Figura 51 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'ossigeno disciolto nelle acque superficiali e sul fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'andamento temporale dell'ossigeno disciolto sia in superficie che sul fondo mostrato in Figura 52 evidenzia ampie fluttuazioni in superficie (linea continua) intorno al valore di saturazione, correlate principalmente alla presenza di fioriture microalgali in mare che si sono manifestate in alcuni periodi dell'anno. Ad esempio a giugno, contemporaneamente a valori di ossigeno in costa in media intorno ai 10 mg/l, si rilevava la presenza di fioriture di Diatomee con dominanza in particolare dei generi *Cerataulina* spp. e *Chaetoceros* spp. L'intensa attività fotosintetica della componente autotrofa marina porta all'incremento dell'ossigeno disciolto in acqua determinando situazioni di sovra saturazione specialmente nei primi metri della colonna d'acqua.

I grafici di Figura 52 mostrano l'andamento del parametro anche a livello di fondo che tende ad una minore variabilità rispetto alla superficie, ma evidenzia la presenza in alcuni momenti dell'anno di diminuzioni di concentrazioni non solo in costa ma anche al largo.

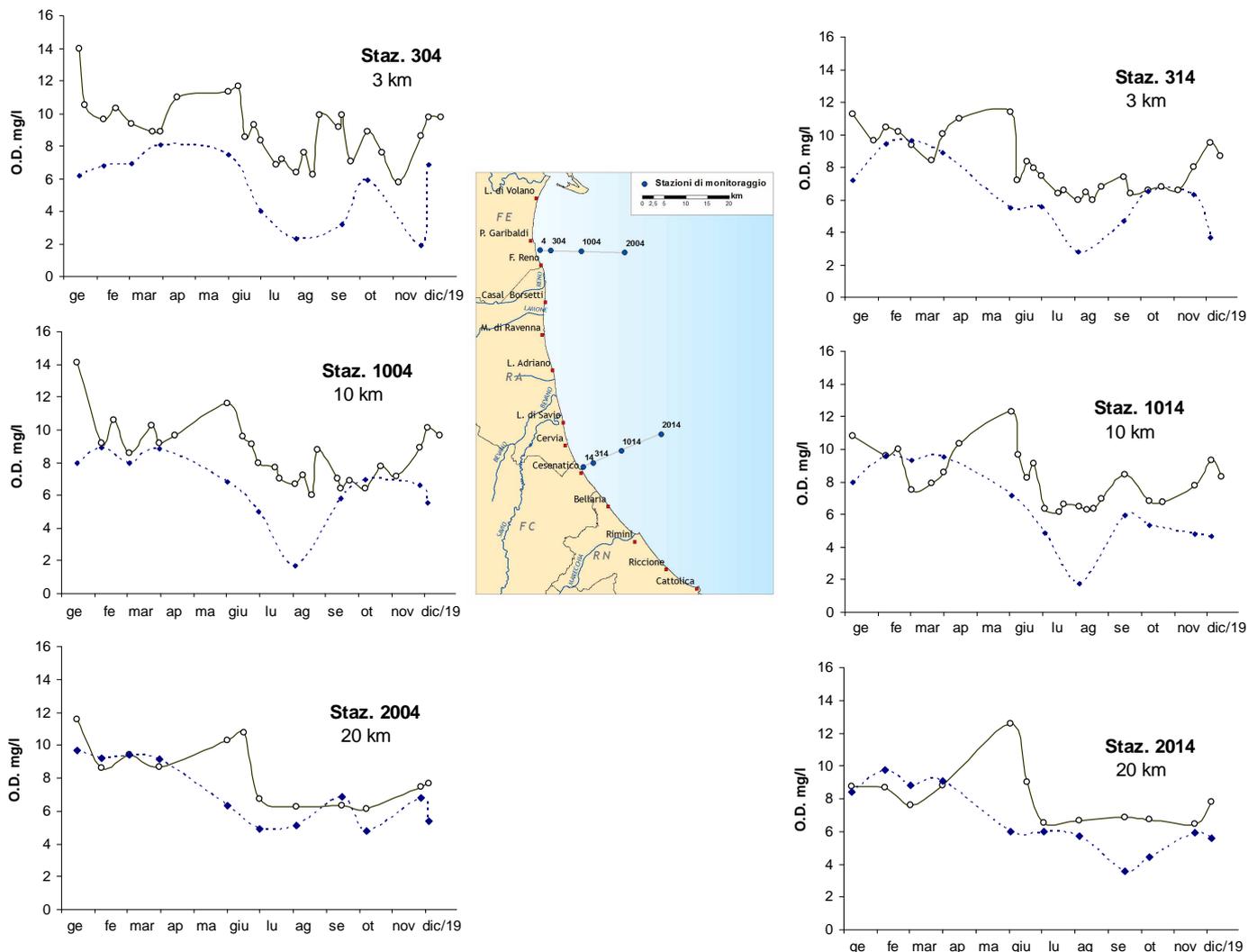


Figura 52 – Andamenti temporali dell'ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

Le mappe raffigurate di seguito rappresentano i momenti del 2019 durante i quali si sono rilevate situazioni di ipossia/anossia lungo la costa (Figura 53). L'area settentrionale è stata quella più soggetta a fenomeni di ipossia/anossia a livello del fondale. Per quasi tutto il mese di agosto, ed a settembre, in alcune stazioni si sono rilevate concentrazioni anche inferiori a 1 mg/l rilevando situazione di anossia che in alcuni momenti hanno causato sofferenza degli organismi a stretto contatto con il fondo.

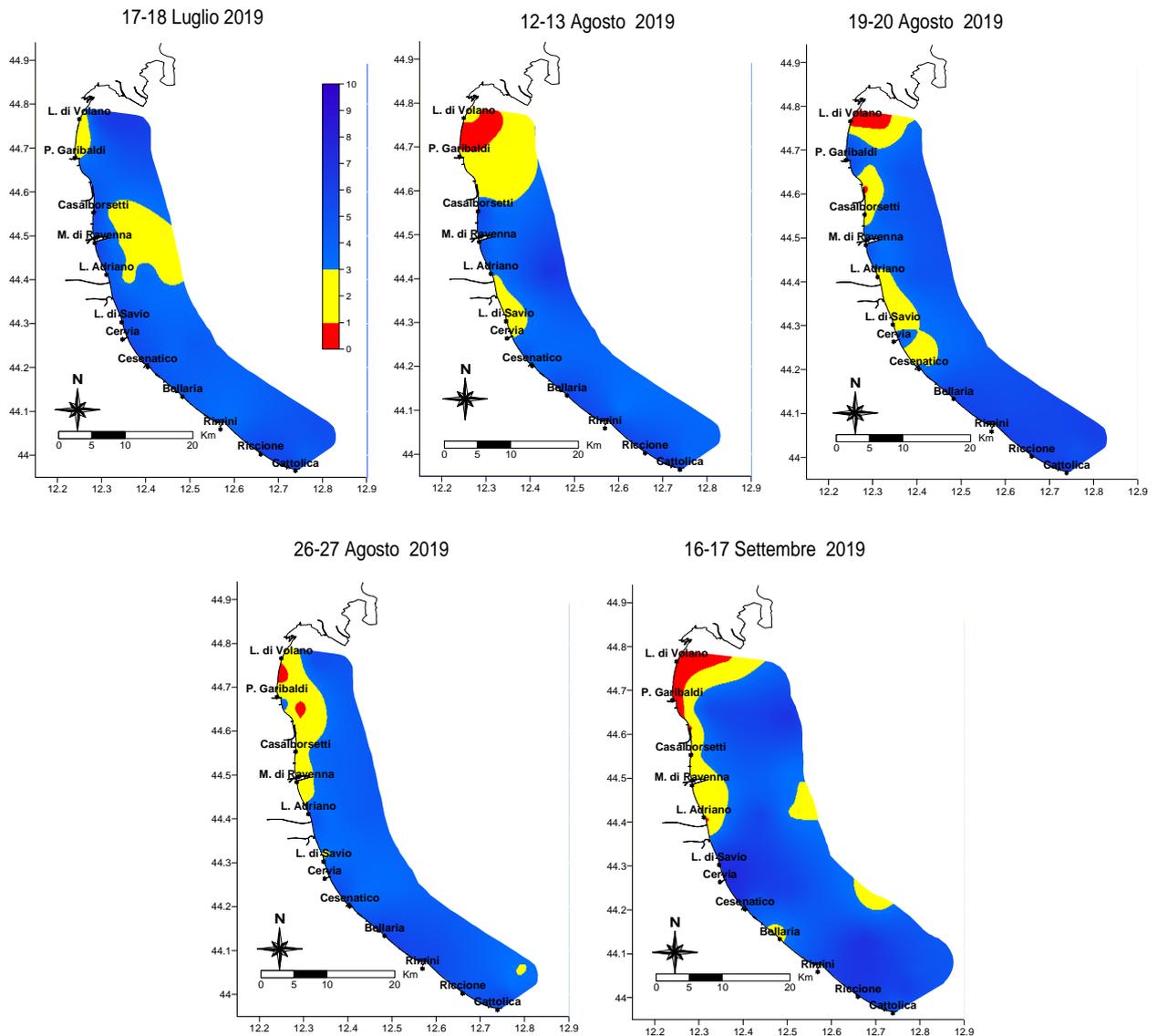


Figura 53 – Mappe di distribuzione dell’ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) lungo la costa rilevati durante alcuni monitoraggi

Il valore più basso pari 0.2 mg/l si è registrato durante i controlli del 19-20 agosto nell’area più a nord della costa precisamente presso la stazione 2 (Lido di Volano). Anche i controlli della settimana dopo hanno confermato, in quella zona, il perdurare della criticità sul fondo e la Figura 54 riporta il profilo eseguito nella stazione a 0.5 km davanti a Lido delle Nazioni nei controlli del 20 e 26 agosto, evidenziando concentrazioni basse nell’ultimo tratto della colonna d’acqua.

Diminuzioni sul fondo sono state registrate anche nei controlli del 16-17 settembre in più stazioni prevalentemente in costa ma anche al largo con valori tendenti all’ipossia; l’area più settentrionale a partire da Porto Garibaldi fino a Lido di Volano ha invece rilevato valori più bassi, inferiori a 1 mg/l. I profili di Figura 55 riportano l’andamento dell’ossigeno disciolto lungo la colonna nelle stazioni posizionate lungo la direttrice di Lido di Volano, da 0.5 a 10 km al largo.

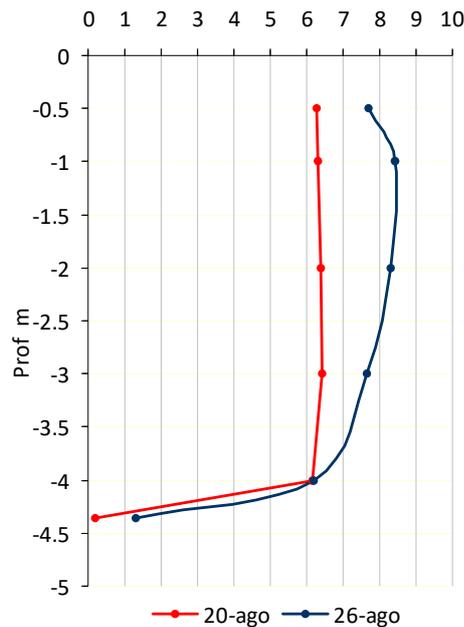


Figura 54 – Profilo dell’ossigeno disciolto (mg/l) nella stazione 2 (0.5 km davanti a Lido di Volano) nelle giornate del 20 e 26 agosto

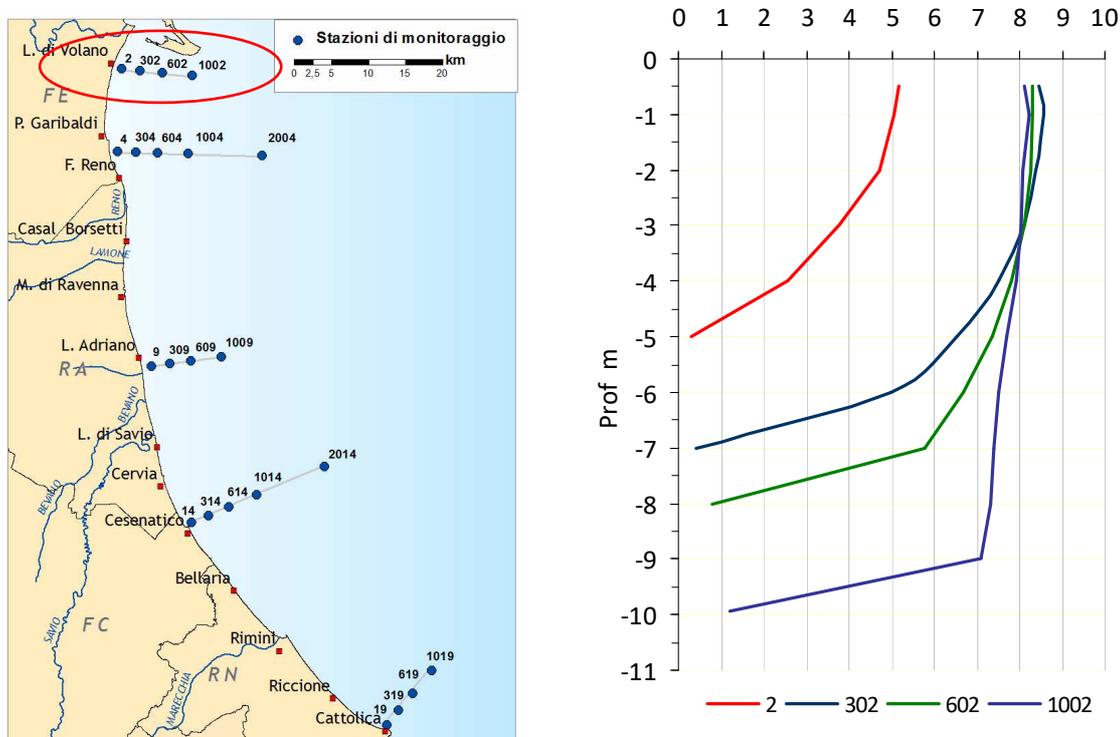


Figura 55 – Profilo dell’ossigeno disciolto (mg/l) nelle stazione lungo il transetto di Lido di Volano durante il monitoraggio del 16 settembre

2.3.1.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. Rappresenta un efficace indicatore della produttività del sistema e determina il livello di eutrofizzazione delle acque. È un componente fondamentale degli indici trofici (valutazione della produzione primaria) come ad esempio il TRIX, dell’indice di torbidità TRBIX, 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 tenere più sotto controllo le diverse fasi eutrofiche.

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 trent’anni di monitoraggi a frequenza settimanale/quindicinale, 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 2019 nelle varie stazioni di campionamento. Osservando i grafici si nota che le stazioni ubicate più a nord sono caratterizzate in genere da una variabilità maggiore rispetto a quelle più meridionali. Le stazioni più settentrionali presentano concentrazioni maggiori di clorofilla “a” soprattutto nei mesi tardo-primaverili/estivi. 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”.

2019

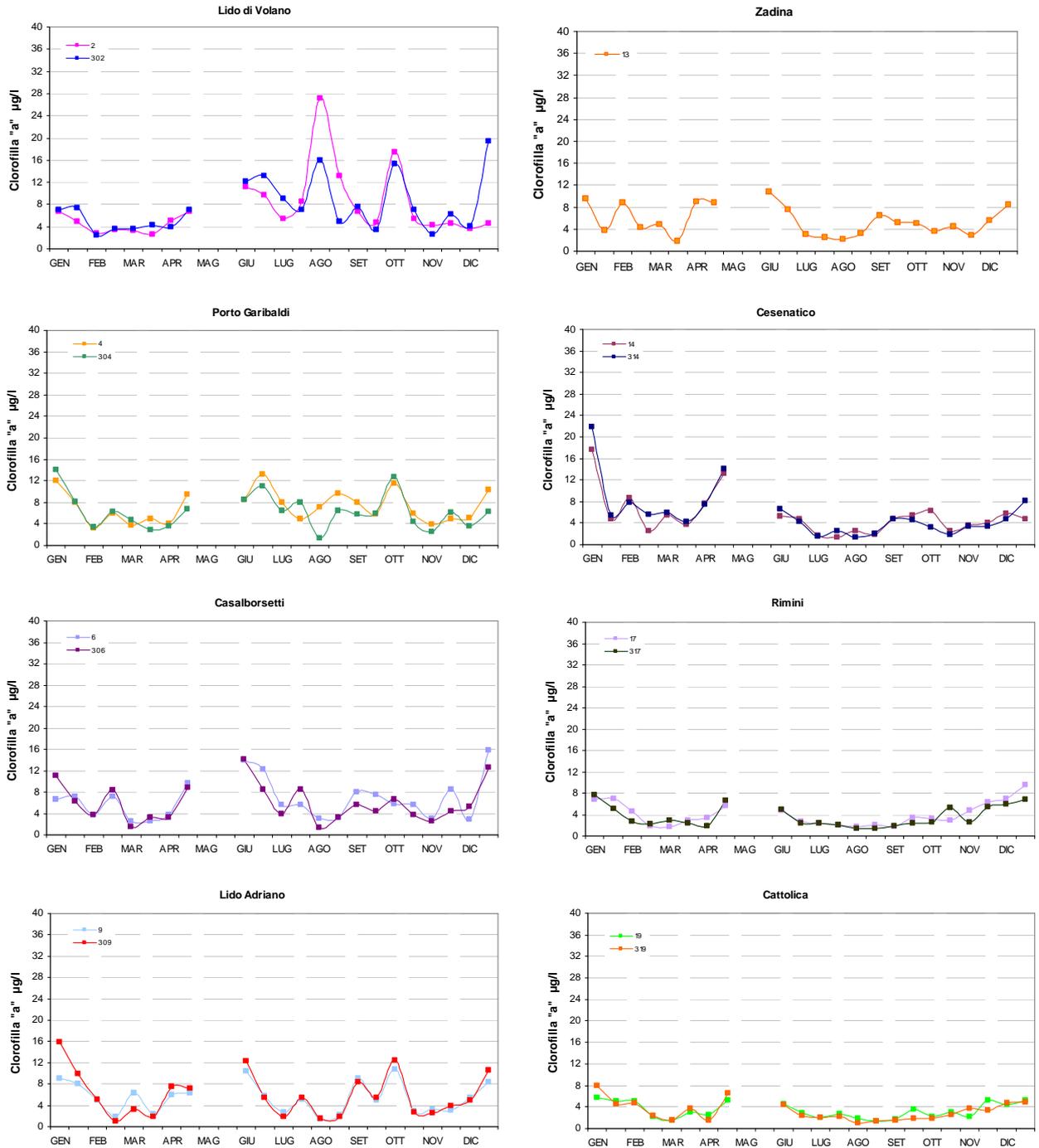


Figura 56 – Andamenti temporali della clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (stazioni 9, 309, 13, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2019

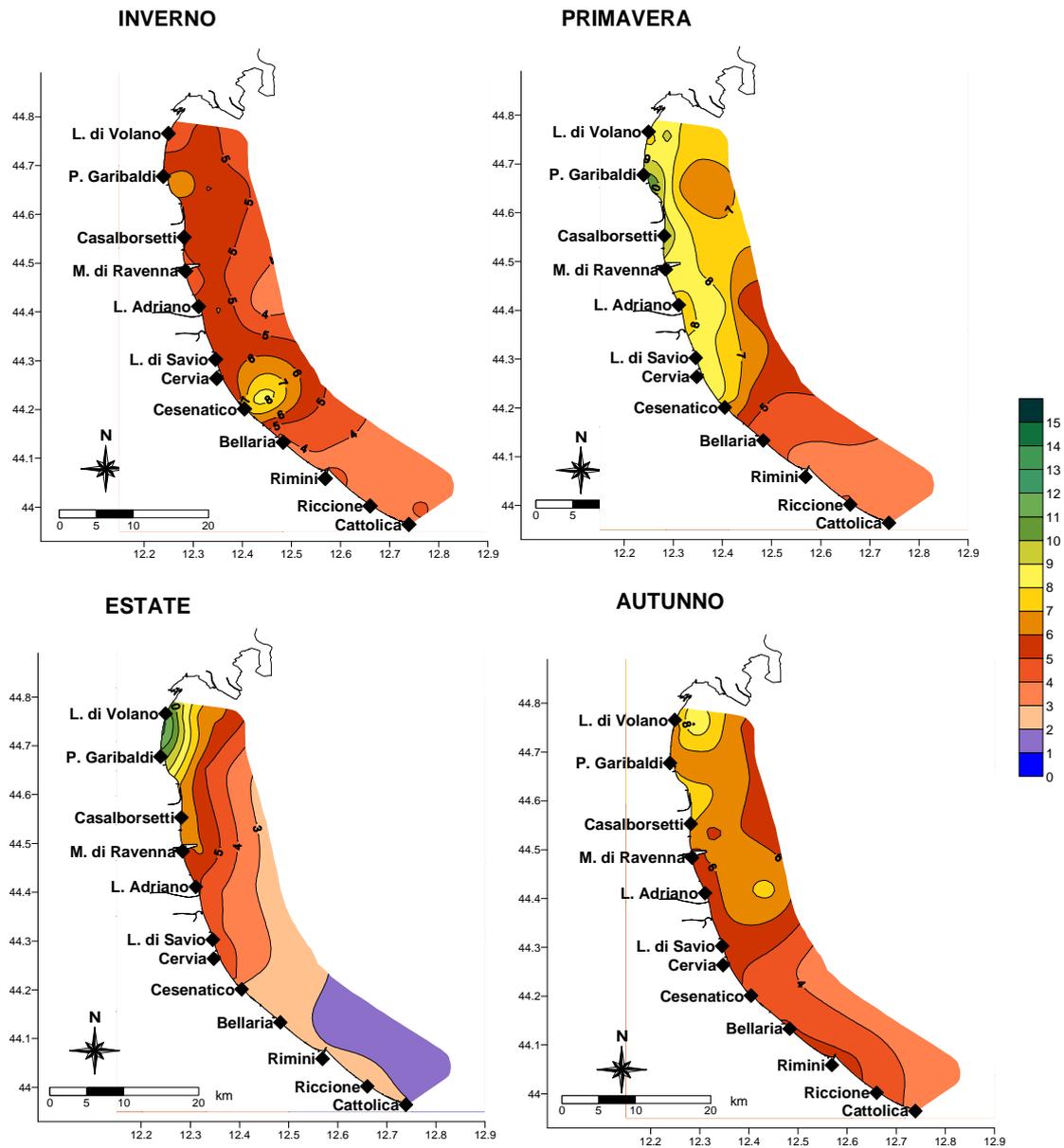


Figura 57 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

2.3.2 Elementi nutritivi

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

L'azoto nitrico è una componente solubile dell'azoto e il suo andamento annuale è strettamente correlato alle portate dei fiumi che immettono acqua dolce in mare a loro volta influenzate dalle precipitazioni atmosferiche.

L'elaborazione delle medie annuali calcolate lungo i transetti Figura 58 mostra un marcato gradiente decrescente di concentrazione procedendo dalle stazioni posizionate più a nord verso quelle a sud.

L'azoto nitrico ha raggiunto i valori medi più alti nel 2019 nei punti di campionamento lungo il transetto di Lido di Volano (transetto 2), localizzato nell'area settentrionale a ridosso del bacino padano, con il massimo pari a 473 $\mu\text{g/l}$ nella stazione più esterna a 10 km dalla costa. Lungo tutti i transetti controllati durante le attività di monitoraggio si rileva anche un gradiente negativo costa largo evidente a partire da Lido Adriano (transetto 9) fino a Cattolica (transetto 19). Nella stazione a 20 km davanti a Cesenatico si è registrato il valore medio più basso pari a 93.93 $\mu\text{g/l}$.

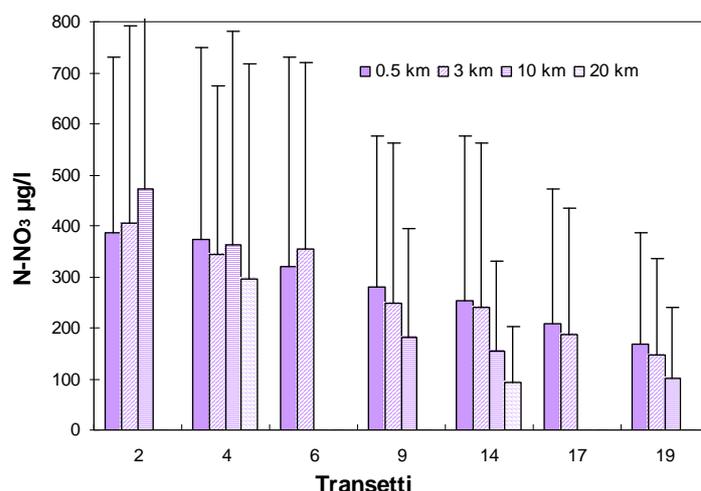


Figura 58 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Analizzando l'andamento temporale delle concentrazioni di $N-NO_3$ durante l'anno si confermano fluttuazioni più marcate del parametro nelle stazioni settentrionali a conferma della maggior influenza degli apporti diretti e più cospicui di acque dolci dal bacino padano che in alcuni momenti ne caratterizza la qualità ambientale. In Figura 59 sono rappresentati più in dettaglio gli andamenti temporali del parametro in superficie in due stazioni a 0.5 km dalla costa; la prima, la stazione 2, localizzata più a nord davanti a Lido delle Nazioni e l'altra, la stazione 19, più a sud davanti a Cattolica che sottolineano il diverso comportamento del parametro durante l'anno.

Nel corso del 2019 sono state rilevate concentrazioni più elevate di azoto nitrico nell'area di studio più a nord e una maggior fluttuazione; si evidenzia che per entrambe le stazioni i valori massimi nel 2019 si sono segnalati nel mese di dicembre rispettivamente pari a 1447.91 $\mu\text{g/l}$ a Lido di Volano (st. 2) e 792.81 $\mu\text{g/l}$ a Cattolica (st.19). I picchi di concentrazione rilevati a dicembre, come quelli rilevati anche durante i controlli di febbraio, si sono avuti in seguito ad

eventi di precipitazione intense che hanno interessato tutta la regione e che hanno determinato un aumento importante delle portate da tutti i bacini costieri. Il valore più elevato rilevato nelle acque controllate durante il 2019 è stato di 1796,23 $\mu\text{g/l}$ nella stazione 6 a 0.5 km dalla costa davanti a Casalborsetti.

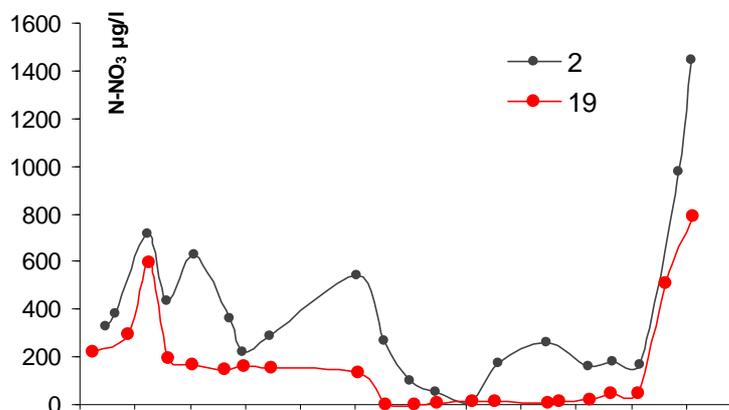


Figura 59 – Andamento temporale dell’azoto nitrico in superficie nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km antistante Lido di Volano e Cattolica

Anche l’elaborazione dei dati per stagione conferma il trend decrescente nord sud con valori più elevati in inverno ed autunno in tutte le stazioni e minimi in estate, queste ultime strettamente correlate alla portate basse o assenti dai fiumi costieri (Figura 60).

Durante la stagione estiva il dato medio calcolato nella stazione 2 è stato di 122.24 $\mu\text{g/l}$ mentre nella stazione 19 posizionata più a sud si è attestato intorno a 8.67 $\mu\text{g/l}$ confermando anche nelle concentrazioni più basse valori più elevati a nord rispetto a quelli rilevati nell’area meridionale.

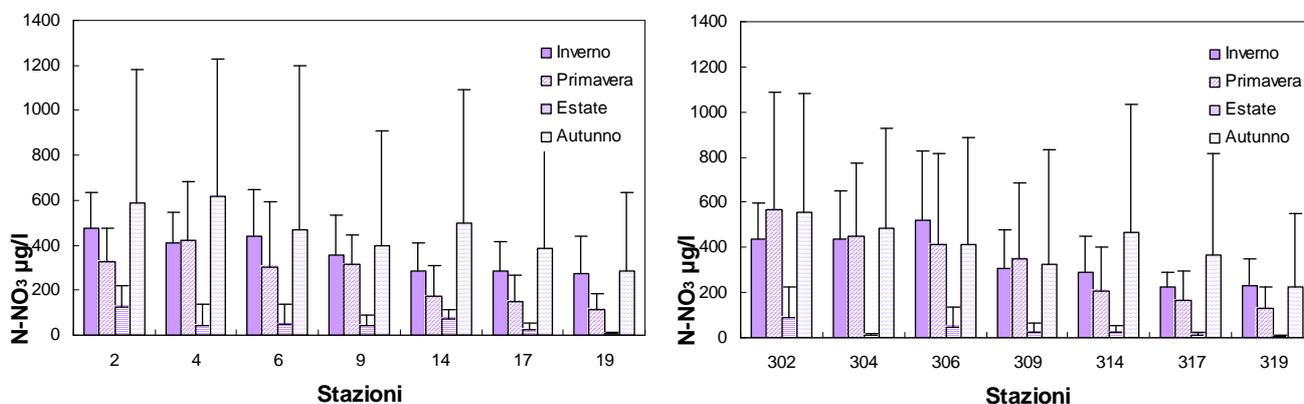


Figura 60 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

Le mappe rappresentate in Figura 61 descrivono la distribuzione spaziale dell’azoto nitrico in superficie lungo la costa da 0.5 km a 10 km al largo come media stagionale, confermando il trend nord-sud descritto in precedenza. L’area settentrionale con concentrazioni sempre più alte rispetto a quelle calcolate nell’area meridionale, testimonia bene l’influenza diretta degli apporti di acque dolci in ambiente marino da parte del Po.

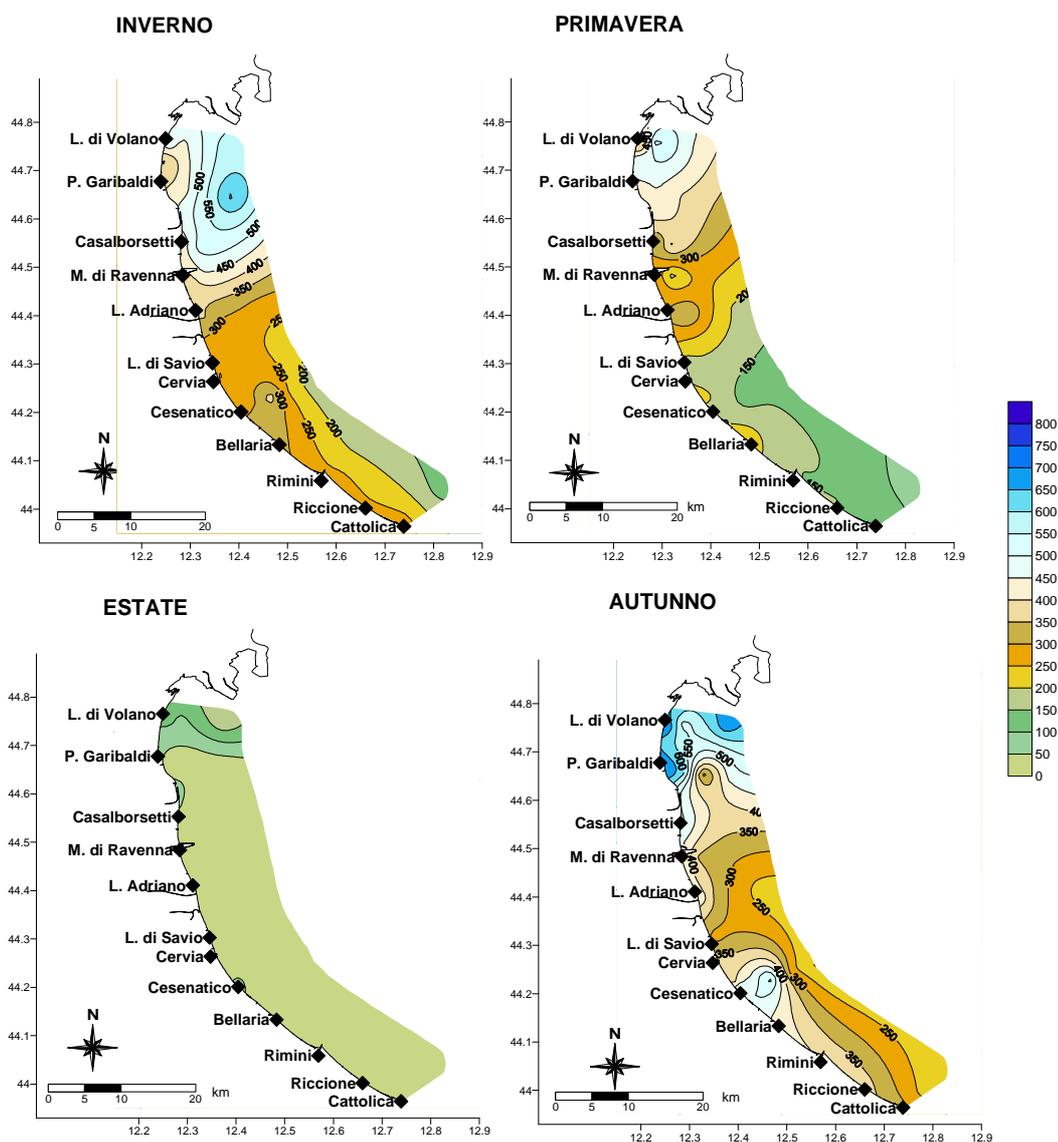


Figura 61 – Mappa di distribuzione delle medie stagionali di N-NO₃ in superficie da costa fino a 10 km al lago (µg/l)

L'andamento dell'azoto nitrico in superficie mostra un'elevata variabilità sia in costa che al largo se confrontate con quelle rilevate a livello del fondale che delineano al contrario una maggior stabilità delle masse d'acqua negli ultimi metri della colonna d'acqua. Le acque di superficie, a differenza di quelle su fondo, risentono sensibilmente delle variazioni di portata dai bacini costieri e ne sono direttamente influenzate.

Nelle figure seguenti sono rappresentati gli andamenti temporali di N-NO₃ alle due quote di prelievo lungo i transetti di Porto Garibaldi (Figura 62) e Cesenatico (Figura 63); lungo il transetto più settentrionale il valore più alto è stato di 1445.29 µg/l nei controlli di dicembre nei campioni di superficie, mentre sul fondo le concentrazioni massime non hanno superato i 260 µg/l. Lungo il transetto di Cesenatico il valore più elevato sul fondo si è registrato nella stazione a 3 km nel mese di novembre pari a 384.25 µg/l.

Ad entrambe le quote analizzate l'azoto nitrico nel 2019 è presente in concentrazioni maggiori nei mesi autunnali (novembre e dicembre) a differenza di quanto osservato nel 2018 quando i valori massimi erano stati rilevati nei mesi primaverili (marzo, aprile).

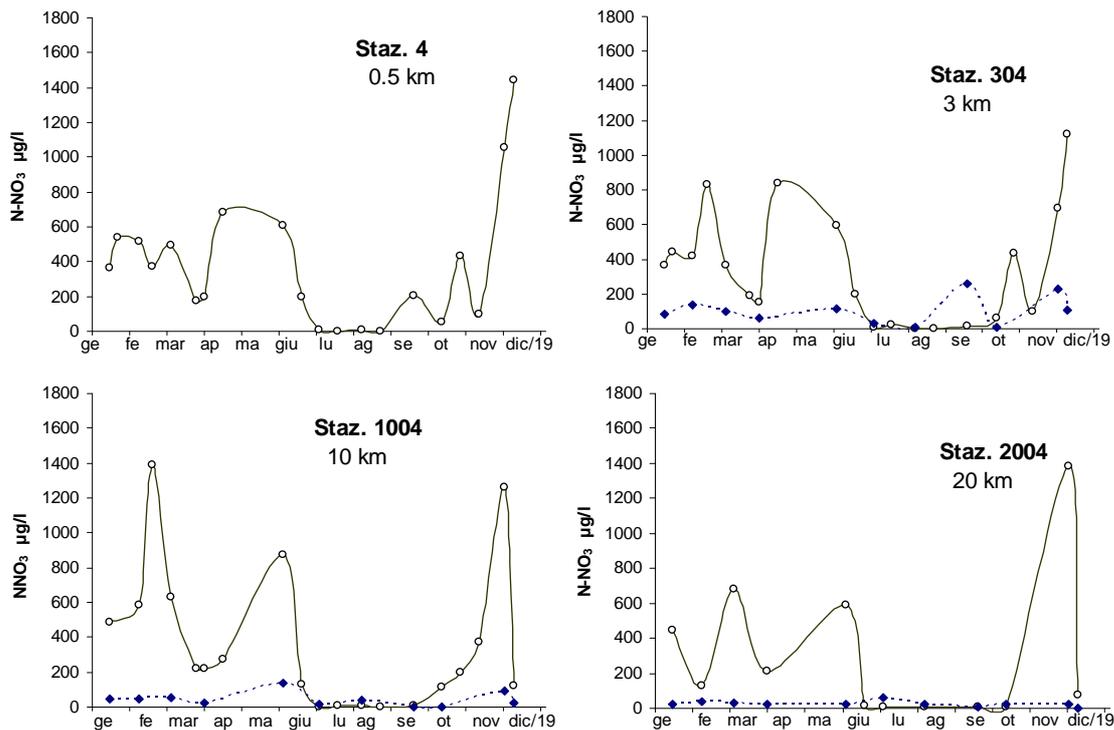


Figura 62 – Andamenti temporali dell’azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

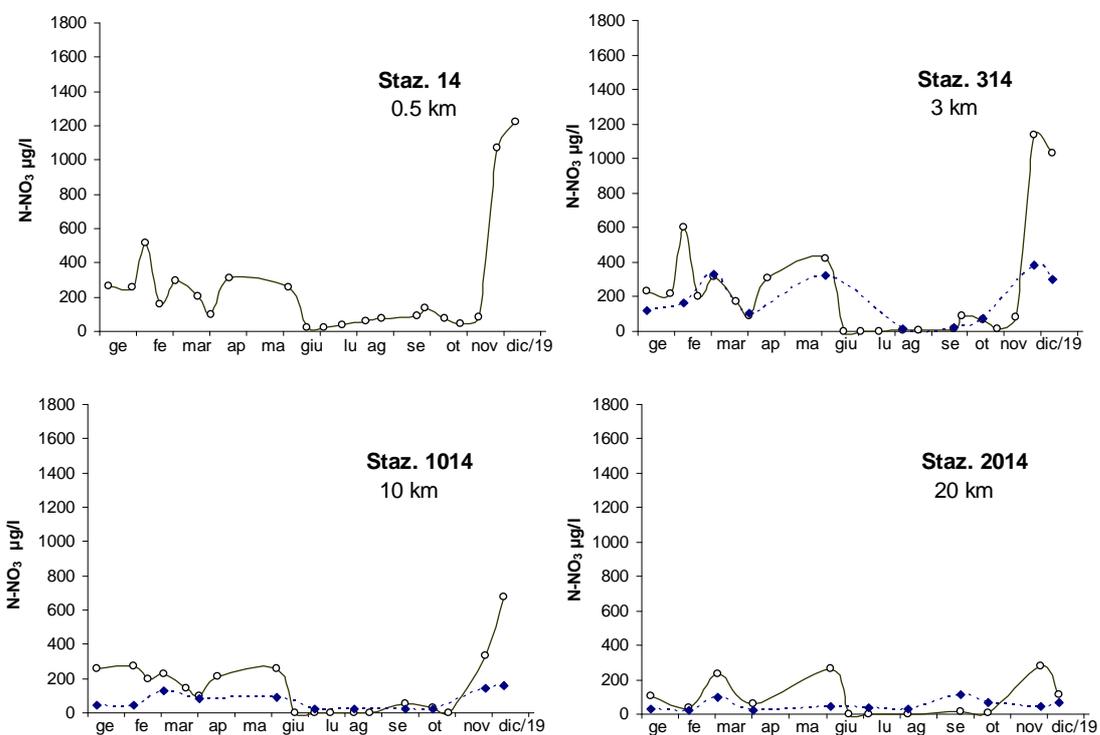


Figura 63 - Andamenti temporali dell’azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Cesenatico

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

Il comportamento dell'azoto nitroso è molto simile a quello visto per l'azoto nitrico come si osserva dalla Figura 64, dove sono rappresentati gli andamenti temporali nel 2019 dei due parametri in quattro stazioni situate ad una distanza di 3 km dalla costa, ed è sempre fortemente correlato alle portate dei fiumi in particolare del fiume Po.

La tendenza del parametro mostra valori più elevati nei primi mesi dell'anno ed a novembre/dicembre, con un picco significativo a giugno correlato a condizioni di portate elevate dai bacini costieri ed prevalentemente da quello padano. Dai grafici rappresentati in Figura 64 si evidenziano concentrazioni più elevate e fluttuazioni più ampie nelle stazioni 302 e 304 localizzate nell'area più a nord della costa a confronto con le stazioni 314 e 319 posizionate in quella centro meridionale; Il valore più elevato pari a $42,67 \mu\text{g/l}$ si è registrato nella stazione 304 davanti a Porto Garibaldi il 5 dicembre.

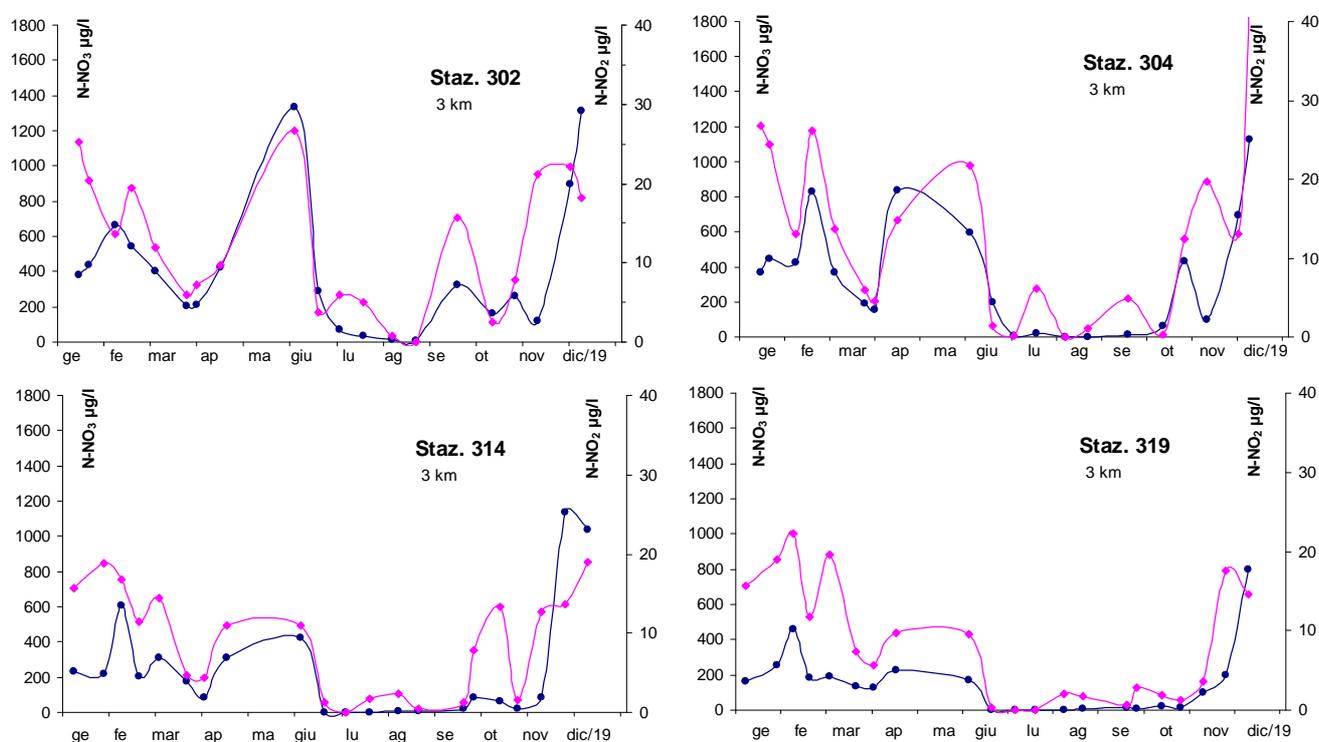


Figura 64 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico $N\text{-NO}_2$ (linea blu) e nitroso NO_3 (linea rosa) nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Analizzando le medie annuali di azoto nitroso lungo i transetti si evidenzia un gradiente decrescente nord sud più marcato nei punti di controllo a 10 km da costa (Figura 65). I dati elaborati nelle stazioni localizzate lungo le direttici da 0.5 a 10 km al largo, rilevano una diminuzione di concentrazione più netta lungo i transetti 2 (Lido di Volano), 9 (Lido Adriano) e 19 (Cattolica). Il valore medio più alto nel 2019 è stato calcolato nella stazione 2 pari a $15,86 \mu\text{g/l}$ mentre il più basso nella stazione più a sud, la 19, con una media annuale pari a $8,77 \mu\text{g/l}$.

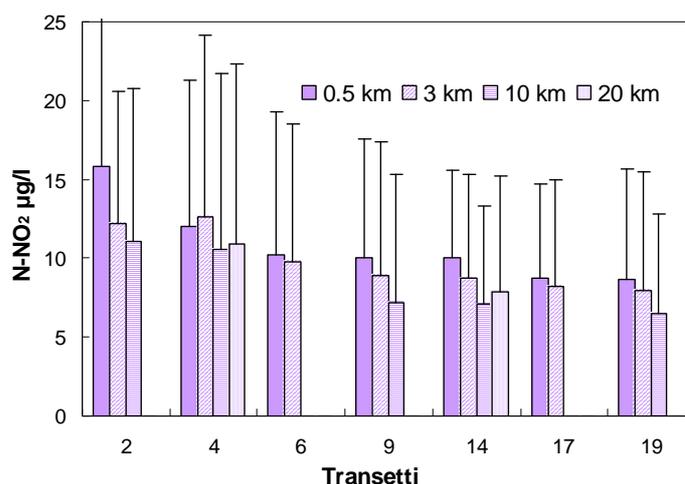


Figura 65 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L’analisi dei dati medi stagionali (Figura 66) dell’N-NO₂ a 0.5 km dalla costa evidenzia concentrazioni alte in inverno ed autunno in generale in tutte le stazioni, fa eccezione la stazione 2 (Lido di Volano) dove il valore massimo risulta a primavera con 21,93 µg/l. Le concentrazioni calcolate in inverno si mantengono molto simili nelle stazioni da Lido di Volano e Lido Adriano; a Cesenatico risultano le più basse mentre tendono ad aumentare andando verso Cattolica.

Confrontando le medie calcolate nelle stazioni a 0.5 km con quelle a 3 km dalla costa si osserva un andamento simile ad eccezione della stazione 302 con valori inferiori (11.81 µg/l) rispetto alla 2 più vicina alla costa (21.93 µg/l).

Durante i mesi estivi si osserva un netto calo della concentrazione del parametro in linea con le basse portate fluviali.

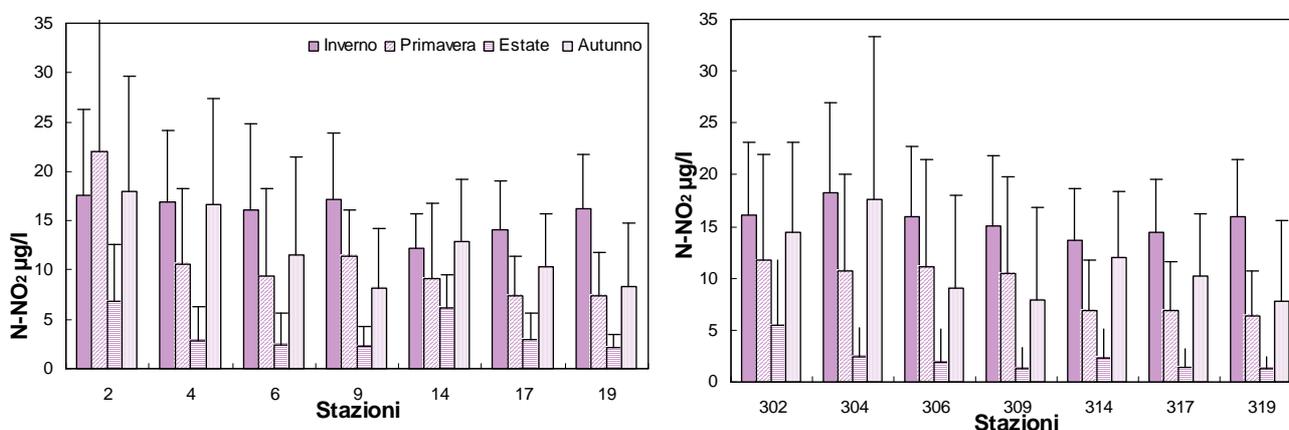


Figura 66 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

In Figura 67 sono rappresentati gli andamenti temporali dell’azoto nitroso nelle stazioni di campionamento situate rispettivamente a nord, stazione 2, ed a sud, stazione 19, dell’area di studio. La stazione 2 (Lido di Volano) presenta valori più elevati a confronto con quelli di Cattolica ed una maggior variabilità; a Lido di Volano la concentrazione più alta riscontrata pari a 50.6 µg/l (campionamento del 5 giugno) è risultata essere anche la più alta del 2019, mentre nella stazione 19 il valore massimo è stato di 22.02 µg/l nei controlli dell’8 febbraio.

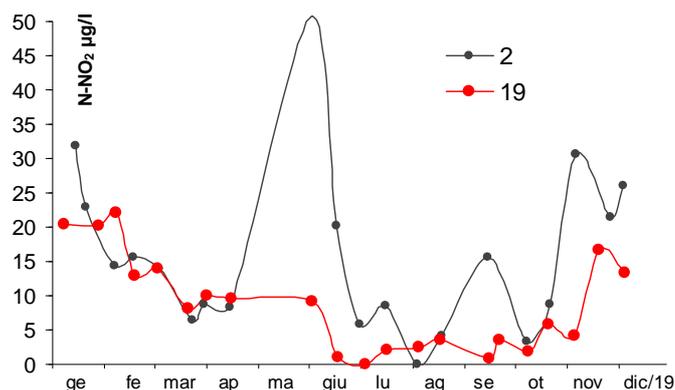


Figura 67 – Andamento temporale dell’azoto nitroso in superficie nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km antistante Lido di Volano e Cattolica

A differenza di quanto osservato per l’azoto nitrico, l’azoto nitroso presenta livelli elevati a volte anche nello strato di fondo oltre che in superficie, sia nelle stazioni situate lungo il transetto di Porto Garibaldi (Figura 68) che lungo il transetto di Cesenatico (Figura 69). Valori elevati di N-NO₂ sul fondo sono stati osservati sia a 3 km da costa che a 10 e 20 km al largo nelle stazioni più esterne. In particolare a 10 km davanti a Porto Garibaldi (stazione 1004) si è registrata la concentrazione più alta del 2019 pari a 28.3 µg/l, mentre a 20 km davanti a Cesenatico (stazione 2014) la seconda, di poco inferiore, pari a 27.28 µg/l. Concentrazioni sul fondo superiori a quelle di rilevate in superficie, si sono riscontrate anche nelle stazioni 304 e 314 nel mese di dicembre, rispettivamente pari a 26.91 µg/l a Porto Garibaldi (304) e 25.03 µg/l a Cesenatico (314).

Questa condizione si verifica normalmente in concomitanza a situazioni di ipossia e anossia che si instaurano a livello del fondale in cui, la mineralizzazione della sostanza organica da parte della comunità detritivora, provoca consumo di ossigeno e rimessa in circolo di nutrienti come l’azoto nitroso.

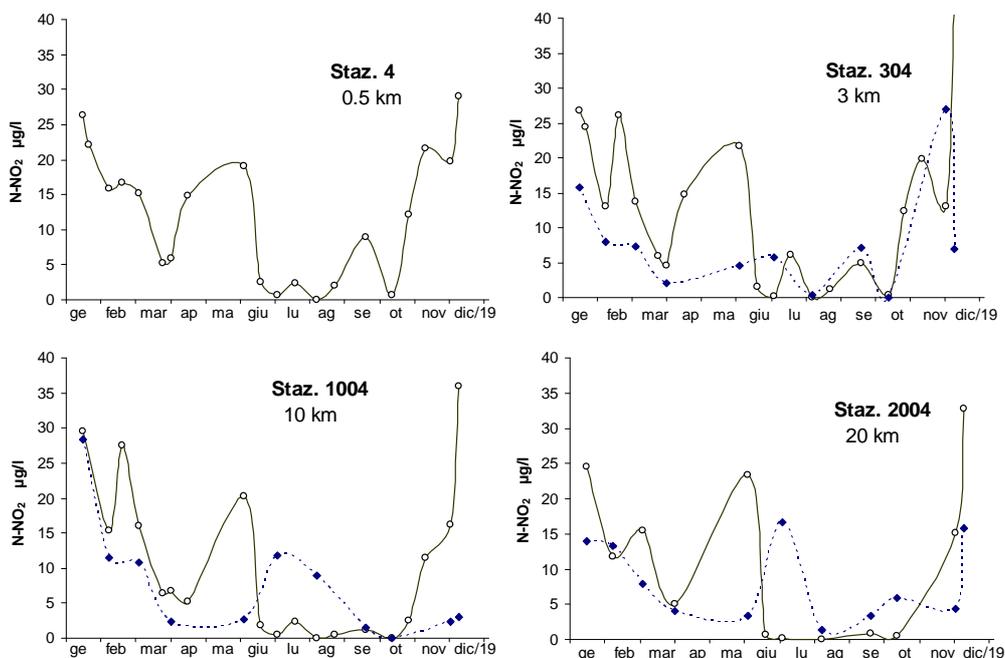


Figura 68 – Andamenti temporali dell’azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

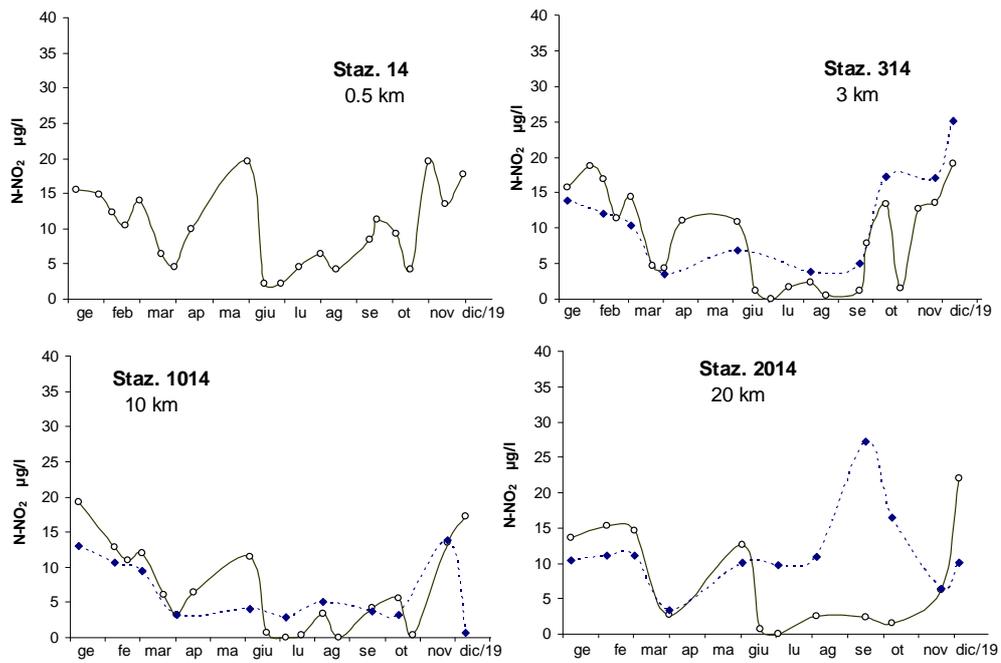


Figura 69 – Andamenti temporali dell’azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Cesenatico

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

L'elaborazione dei dati relativi all'ammoniaca come medie annuali (Figura 70) nelle stazioni lungo i transetti all'interno della rete di monitoraggio di Arpae, evidenzia concentrazioni più alte nelle stazioni in costa a 0.5 km dalla riva, rispetto a quelle calcolate al largo. Questo trend si osserva più netto lungo la direttrice di Cesenatico. Il valore medio più elevato è nella stazione 14 con 29,46 $\mu\text{g/l}$ mentre il più basso a 10 km davanti a Lido Adriano con 6,65 $\mu\text{g/l}$. Rispetto ai dati elaborati nel 2018 si rileva in generale una diminuzione media di azoto ammoniacale in tutte le stazioni controllate. A differenza delle altre due componenti azotate esaminate fino a questo momento, per l'azoto ammoniacale non si osserva una netta tendenza alla diminuzione procedendo da nord a sud. I valori calcolati a 10 km lungo il transetto di Porto Garibaldi (9.39 $\mu\text{g/l}$) sono molto simili a quelli calcolati 10 km a Cattolica (9.76 $\mu\text{g/l}$).

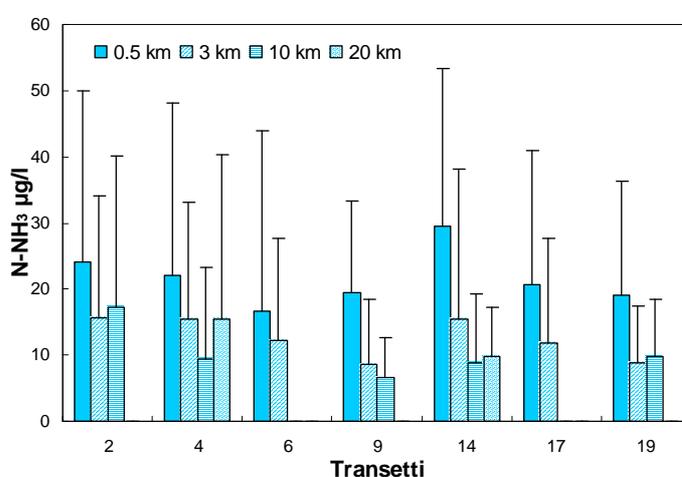


Figura 70 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Nella Figura 71 è rappresentato l'andamento annuale dell' $N-NH_3$ a Lido Adriano a 0.5 km e 3 km dalla costa che mostra fluttuazioni simili ma concentrazioni maggiori nella stazione 9 a confronto della 309 nella maggioranza dei campioni analizzati.

Il valore più elevato rilevato nel 2019 pari a 100 $\mu\text{g/l}$ è stato analizzato nei campioni prelevati a novembre, il giorno 28, nella stazione 6 a 0.5 km davanti a Casalborsetti.

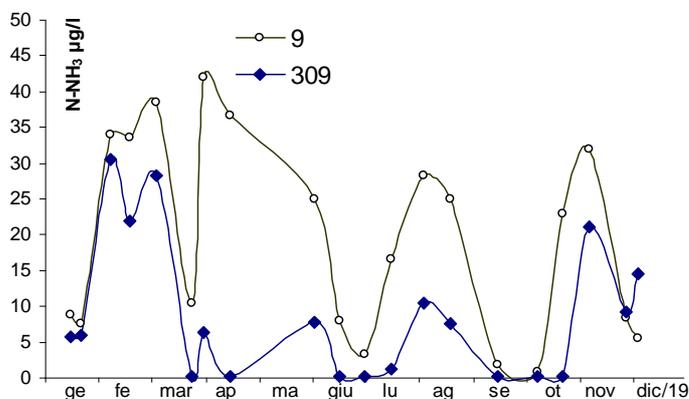


Figura 71 – Andamento temporale dell'azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni 9 e 309 a 0.5 e 3 km antistante Lido Adriano

Analizzando i dati di N-NH₃ mediati per stagione in alcune stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa (Figura 72) si osservano alcune differenze: nelle stazioni in costa dove le concentrazioni sono sempre più alte a 0,5 km rispetto a quelle calcolate a 3 km. Questa tendenza è più evidente in estate e autunno, infatti in estate la stazione 14 (Cesenatico) mostra i valori medi annuali più alti pari a 47,72 µg/l.

Nelle stazioni a 3 km le concentrazioni medie rimangono sempre al di sotto dei 30 µg/l ad eccezione della 314 (Cesenatico) che si discosta nettamente da tutte le altre nella stagione autunnale con un dato medio di 45,10 µg/l.

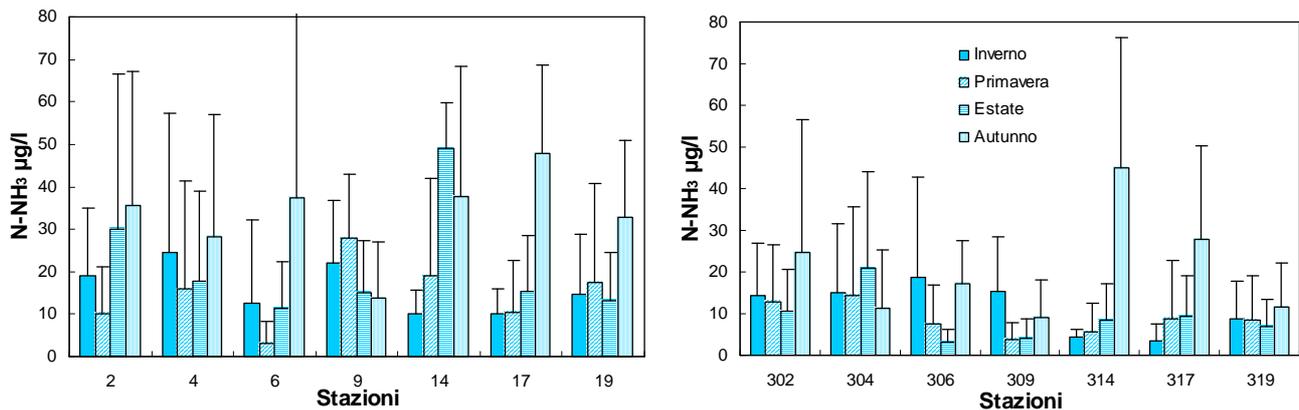


Figura 72 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

La distribuzione lungo la colonna d’acqua rileva concentrazioni del parametro che tendono a volte ad essere superiori sul fondo rispetto alla superficie. Questa condizione è la conseguenza della minirealizzazione della sostanza organica depositata sul fondo ad opera dei microrganismi che vivono nel sedimento marino e che rendono solubile l’N-NH₃. Nei grafici di Figura 73 sono rappresentati gli andamenti annuali dell’azoto ammoniacale nelle stazioni lungo la direttrice di Cesenatico alle due quote, in superficie e sul fondo, da costa fino a 20 km al largo.

In questi si osserva una maggior variabilità del parametro nelle stazioni più in costa rispetto a quelle esterne ed in certi monitoraggi incrementi sul fondo superiori a quelli registrati in superficie. Queste ultime situazioni si sono verificate in corrispondenza a fenomeni di ipossia evidenziati sul fondo causati da un aumento dell’attività metabolica degli organismi eterotrofi detritivori. Quest’attività che contribuisce alla diminuzione dell’ossigeno disciolto in acqua porta anche alla mineralizzazione della sostanza organica e alla rimessa in circolo di composti quali ad esempio l’ammoniaca con il conseguente aumento di concentrazione.

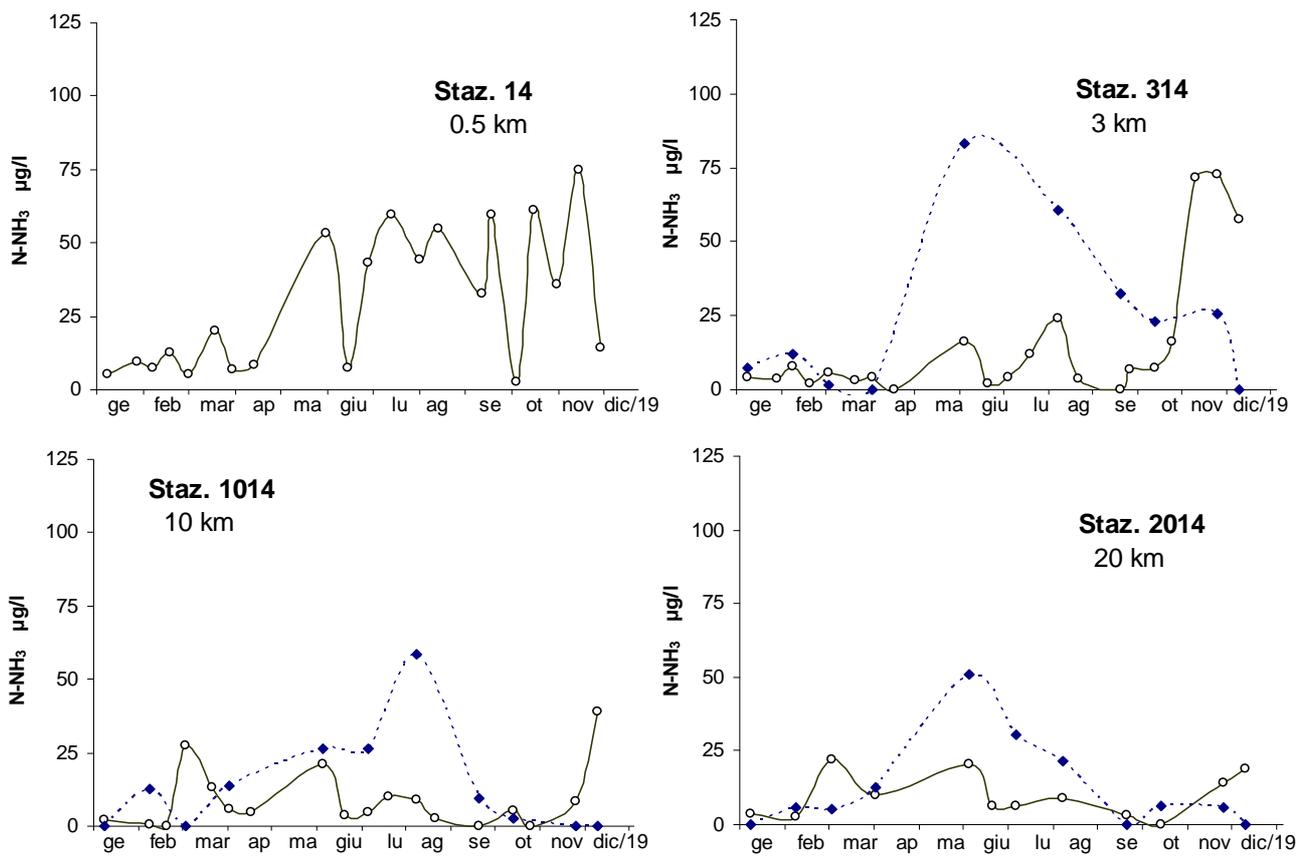


Figura 73 – Andamenti temporali dell’azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Cesenatico

2.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

L'azoto inorganico disciolto denominato DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) corrisponde alla somma delle tre componenti solubili azotate: azoto nitroso, azoto nitrico ed azoto ammoniacale.

L'andamento annuale del DIN è strettamente correlato alle portate dei fiumi che insistono sulla costa emiliano-romagnola ed in particolare al fiume Po, che rappresenta il maggiore affluente in quest'area.

L'azoto nitrico ($N-NO_3$) è la forma azotata più rappresentativa delle tre all'interno DIN, come si osserva in Figura 74 dove è rappresentato l'andamento annuale nella stazione costiera 2, localizzata ad una distanza di 0.5 km da costa davanti a Lido di Volano. I valori che durante il 2019 hanno raggiunto concentrazioni maggiori di 1000 $\mu g/l$, si sono avuti a novembre e dicembre, in concomitanza ad abbondanti portate del fiume Po, nettamente superiori rispetto ad eventi segnalati nei mesi precedenti. Le concentrazioni più basse di DIN si sono invece osservate in luglio e agosto in corrispondenza a scarse immissioni di acque dolci dai bacini costieri registrate in questo periodo.

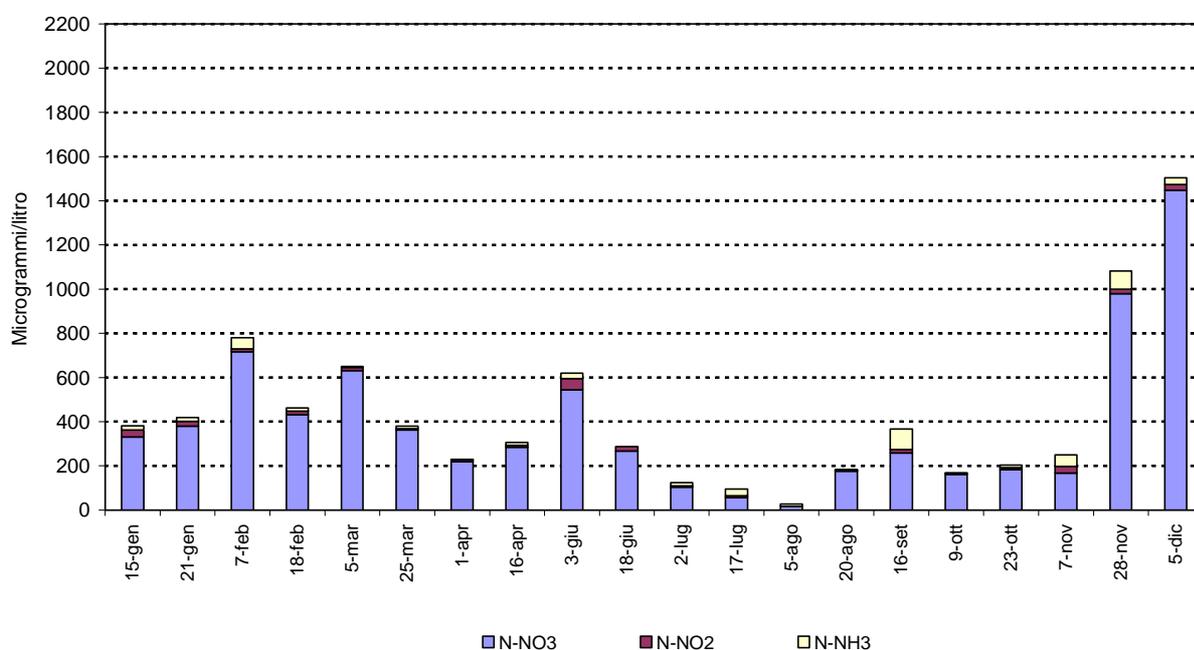


Figura 74 – Istogrammi in pila degli andamenti dei nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione a 0.5 km davanti a Lido di Volano

Gli istogrammi in Figura 75 riportano le variazioni dei valori medi mensili di DIN nel 2019 in tre stazioni collocate ad una distanza di 3 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica, in confronto al valore medio climatologico calcolato nel periodo 1993 - 2002. Questa elaborazione permette di evidenziare eventuale scostamenti avvenuti nel corso dell'anno rispetto ai valori medi calcolati nelle medesime stazioni nel lungo periodo come condizioni di riferimento. Nei mesi di febbraio, aprile, giugno e dicembre si evidenzia in tutte le stazioni un incremento dei valori di DIN rispetto alle condizioni di riferimento, più marcato nella stazione 304. Per tutte l'incremento più significativo si segnala a dicembre. Per la stazione 314 anche a novembre si registra un incremento dei valori di DIN rispetto ai valori di riferimento. Al contrario a luglio, agosto, settembre ed ottobre il DIN risulta in diminuzione.

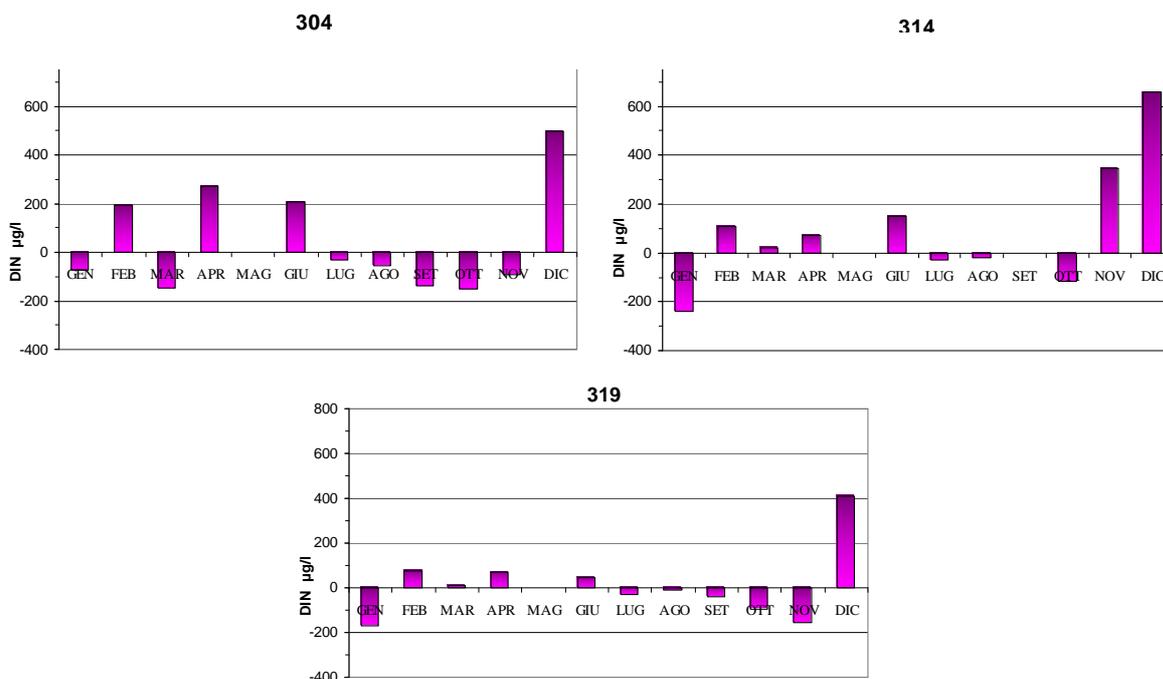


Figura 75 – Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)

In Figura 76 sono rappresentate le medie geometriche annuali nel lungo periodo, 1982-2019, in tre aree lungo la costa rappresentative di tutta l'area regionale: 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) e una più meridionale antistante Cattolica (stazioni 19 e 319). Nel grafico le linee tratteggiate indicano le linee di tendenza di tipo lineare che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva del sistema. Si osserva un incremento dei valori di DIN nell'area più settentrionale, mentre nelle altre aree si registra un lieve calo.

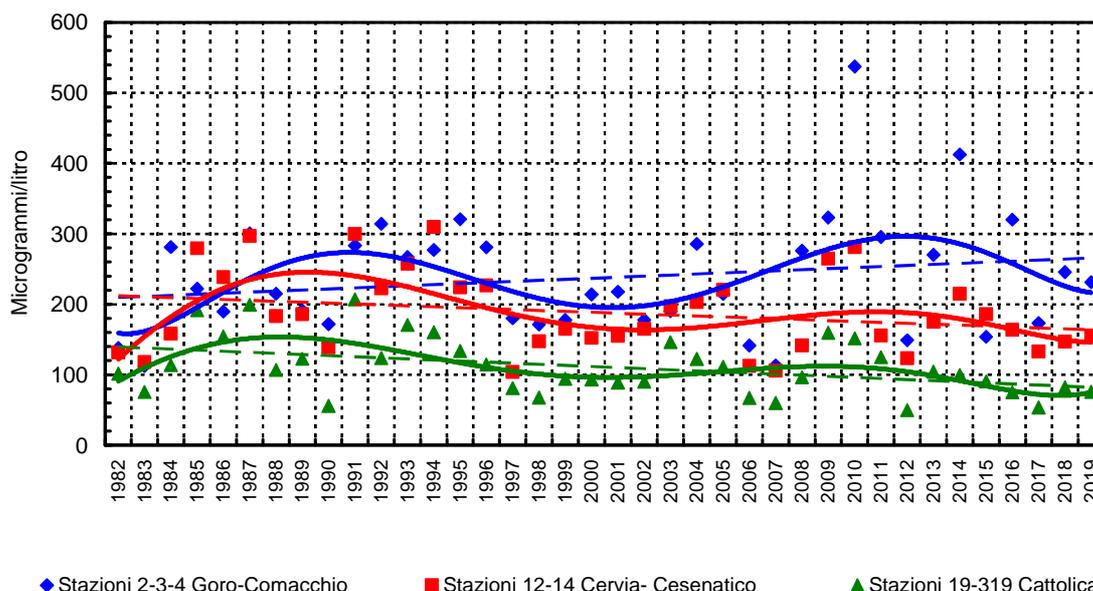


Figura 76 – Medie geometriche annuali per il trend evolutivo del DIN in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2019)

2.3.2.e Azoto totale (N tot)

Come già visto precedentemente per le tre forme di azoto solubili, si conferma anche per l'azoto totale un trend decrescente da nord a sud lungo la costa e da costa a largo, a partire in particolare da Lido Adriano. Nell'area più settentrionale, compresa tra Lido di Volano e Casalborsetti, i valori medi annuali calcolati nelle varie stazioni si mantengono molto simili e più alti rispetto a quelli calcolati in quelle centro meridionali (Figura 77). Nella stazione a 10 km al largo lungo il transetto di Cattolica (st 1019), si sono trovate le concentrazioni medie più basse di azoto totale pari a 310,39 µg/l.

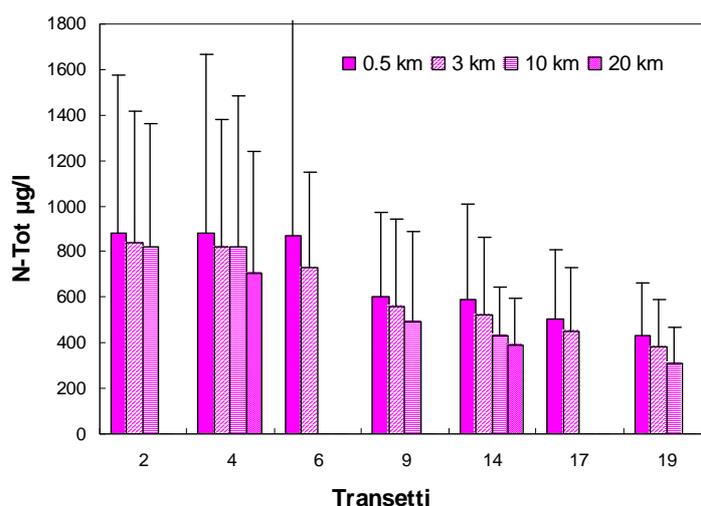


Figura 77 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Nelle figure Figura 78 e Figura 79 sono rappresentati gli andamenti temporali del parametro sia nello strato superficiale che sul fondo nelle stazioni lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. In entrambi i casi si osserva una maggiore variabilità in superficie rispetto al fondo dove le concentrazioni rimangono più contenute e più stabili, comprese in un range di 200-850 µg/l.

Per quanto riguarda il transetto di Porto Garibaldi si osservano fluttuazioni più ampie in termini di concentrazione di azoto totale tra le due quote della colonna in particolare nei controlli di dicembre con un massimo in superficie pari a 3508,14 µg/l nella stazione più costiera; nelle acque di fondo le concentrazioni di N_totale rimangono sempre inferiori a 800 µg/l.

A Cesenatico invece sono stati osservati range più contenuti tra superficie e fondo compresi tra 200-850 µg/l); fa eccezione la stazione 314 dove la concentrazione di azoto totale in superficie nel mese di novembre ha raggiunto un valore massimo di 1513.06 µg/l.

Nel grafico di Figura 80 sono messi a confronto gli andamenti temporali dell'azoto totale nelle due stazioni opposte lungo l'area monitorata, una localizzata a nord (st. 2, Lido di Volano) e l'altra a sud (st. 19 Cattolica) che evidenziano concentrazioni più elevate nella prima rispetto alla seconda.

Le fluttuazioni più ampie si evidenziano a Lido di Volano confermando la maggiore variabilità anche di questo parametro nell'area settentrionale a confronto con quella meridionale che presenta fluttuazioni minori e concentrazioni più contenute.

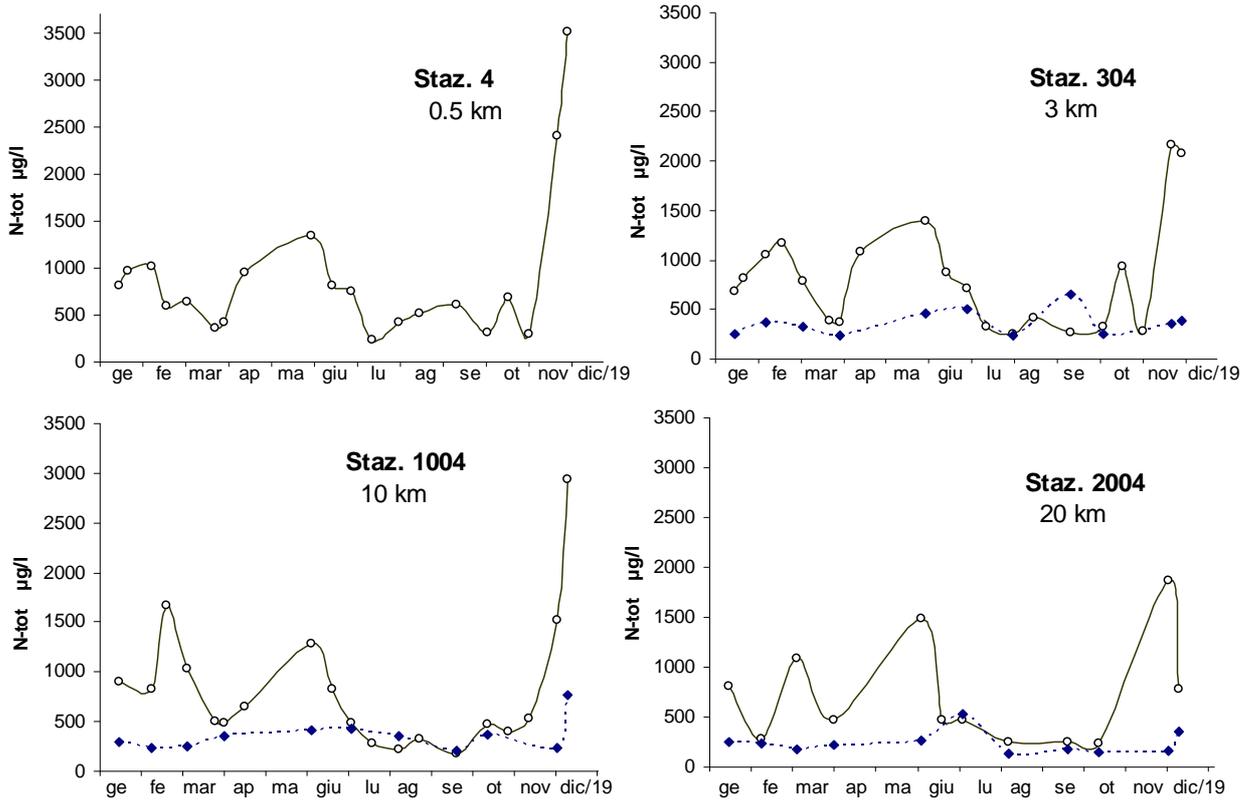


Figura 78 – Andamenti temporali dell'azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

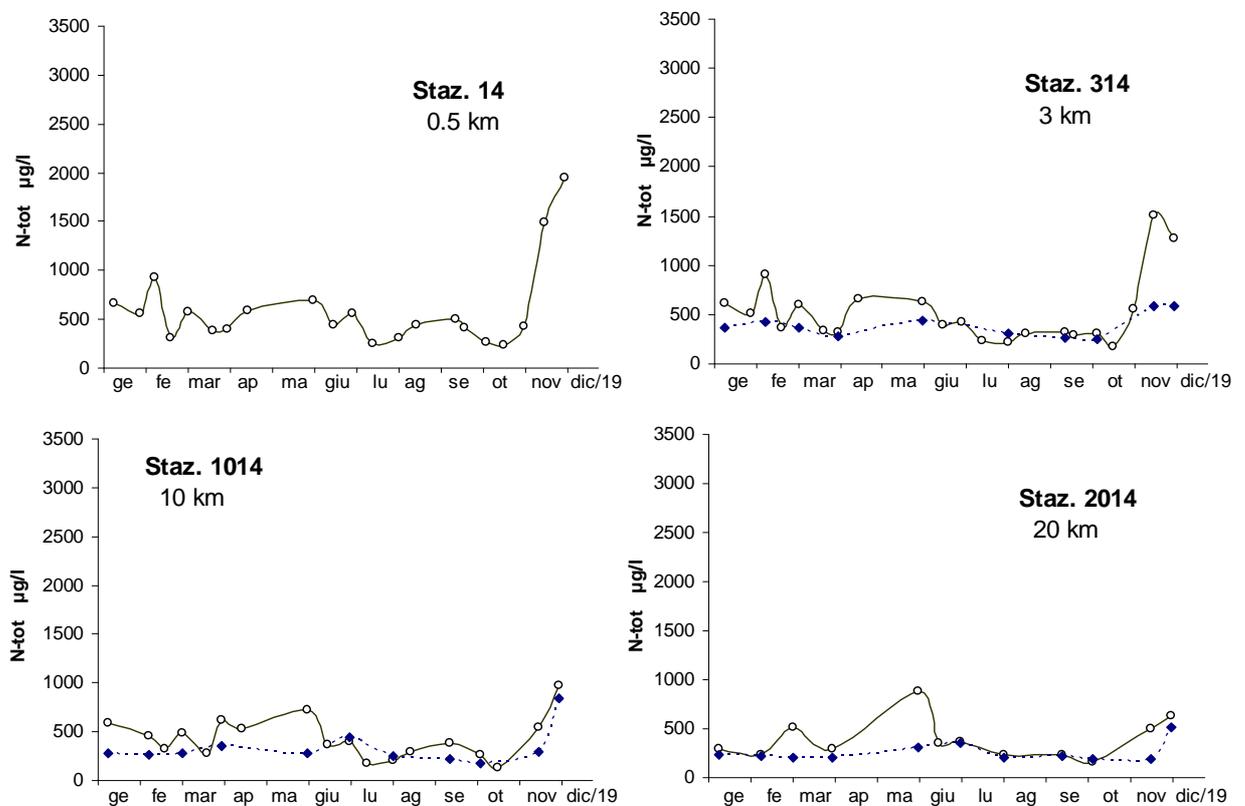


Figura 79 – Andamenti temporali dell'azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Cesenatico

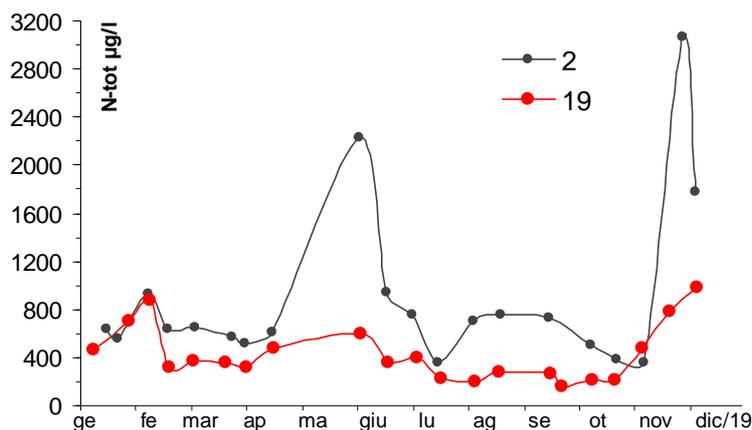


Figura 80 – Andamento temporale dell’azoto totale in superficie nelle stazioni a 0.5 km rispettivamente Lido di Volano (staz. 2) e Cattolica (staz.19)

Nella Figura 81 sono rappresentate le variazioni delle medie mensili di azoto totale nel 2019 rispetto al valore medio climatologico calcolato nel periodo 1993-2002.

Come visto per il DIN è stato osservato un incremento maggiore nel mese di dicembre in tutte e tre le stazioni di campionamento. Anche nei mesi di febbraio, aprile, giugno e luglio si è registrato un aumento del valore medio di azoto totale rispetto al valore climatologico di riferimento in tutte le stazioni, più netto nella stazione 304 di fronte a Porto Garibaldi. A novembre si osservano valori positivi di N_totale nelle stazioni 304 e 314, mentre nelle stazione 319 il valore medio è inferiore a quello di riferimento. I restanti mesi (gennaio, maggio, agosto e settembre) si discostano di poco dal valore climatologico calcolato.

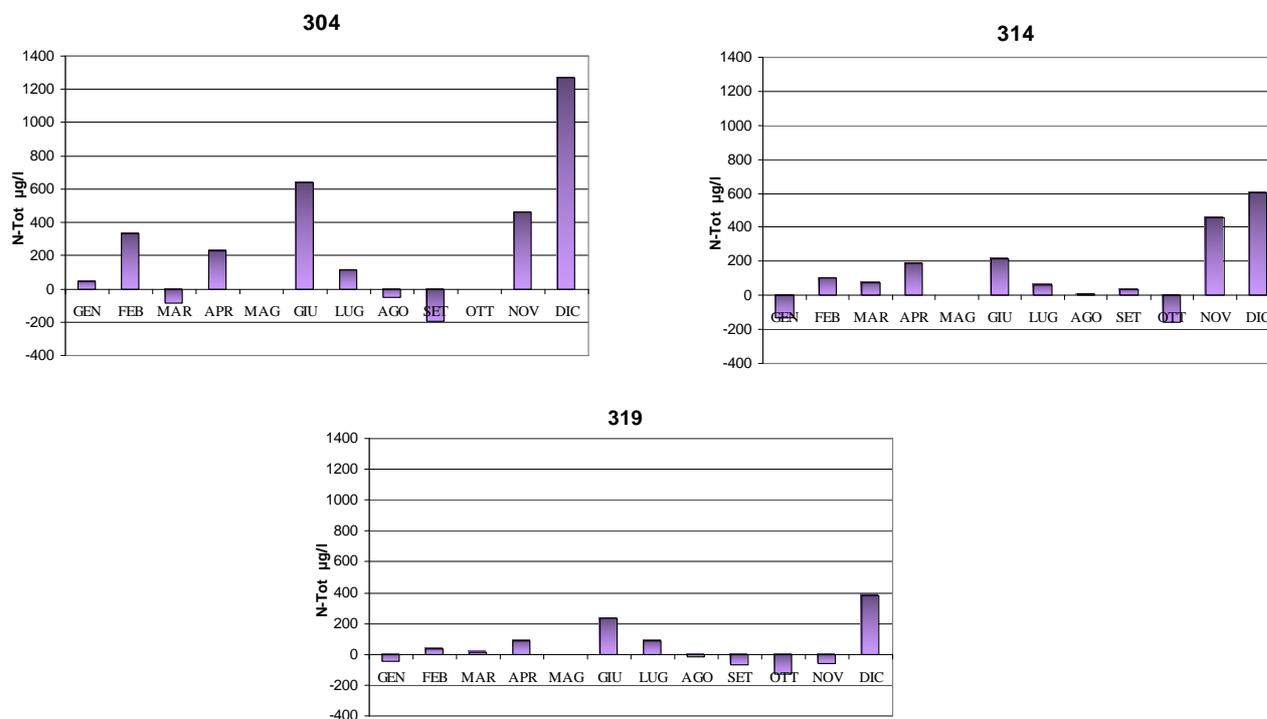


Figura 81 – Variazione dei valori medi mensili dell’azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)

L'elaborazione delle medie stagionali dell'azoto totale mostrano massimi valori in autunno in tutte le stazioni di campionamento, a differenza dell'anno precedente con i valori più elevati nella stagione invernale. I dati evidenziano concentrazioni medie superiori a 1000 µg/l nelle tre stazioni più settentrionali della costa con il massimo pari a 1550.49 µg/l nella stazione 6, davanti a Casaborsetti. I valori medi stagionali elaborati evidenziano concentrazioni più basse in estate, come osservato anche nel 2018 sempre in correlazione con le portate più basse del periodo.

Dalle elaborazioni fatte si evidenzia anche in questo caso una maggiore variabilità stagionale nelle stazioni più settentrionali rispetto a quelle più meridionali.

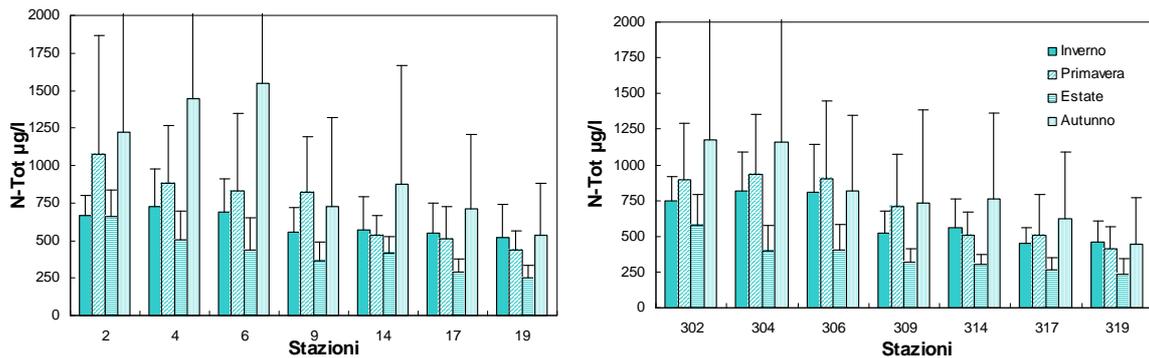


Figura 82 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

2.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

Le concentrazioni di fosforo reattivo lungo i transetti non presenta grande variabilità nel 2019 (Figura 83). I valori risultano essere compresi nel range 0-3.26 µg/l e in confronto a quelli calcolati nel 2018 si rileva una diminuzione in particolare nelle stazioni più settentrionali. I valori più alti sono stati registrati nelle stazioni situate lungo il transetto di Lido di Volano che, come più volte sottolineato, risente maggiormente dell'influenza degli apporti fluviali in particolare de Po che ne condiziona a volte la qualità ambientale. I valori più bassi sono stati calcolati a Lido Adriano, lungo tutto il transetto; la media annuale più bassa uguale a 0.93 µg/l è stata calcolata nella stazione a 10 km dalla costa.

Lungo la direttrice di Cesenatico, rispetto agli altri transetti, si evidenzia una più netta differenza tra le stazioni entro i 3 km dalla costa a confronto con quelle più al largo, oltre i 10 km.

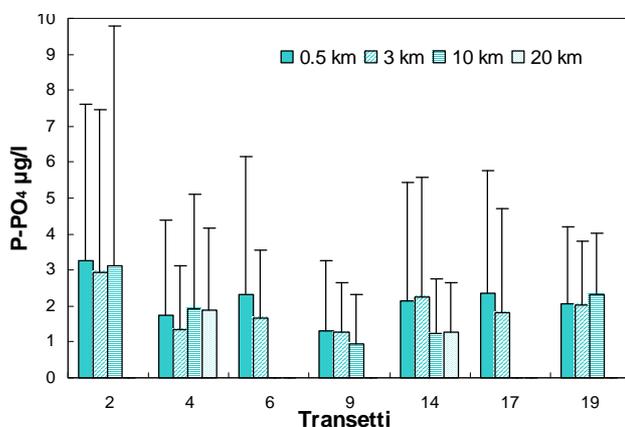


Figura 83 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'andamento del fosforo reattivo, come per gli altri elementi nutritivi, mostra una variabilità correlata all'andamento degli apporti dei bacini fluviali e in particolare da quello padano. L'elaborazione delle medie stagionali rappresentata in Figura 84 mostra valori molto più elevati in autunno (fino ad un massimo di 7.98 ± 6.43 µg/ nella stazione 2) rispetto alle altre stagioni strettamente correlati ad apporti di acque dolci dai bacini costieri più consistenti che si sono verificati a fine 2019. Una variabilità più contenuta si osserva nelle stazioni di Lido Adriano sia a 0.5 km che a 3 km al largo.

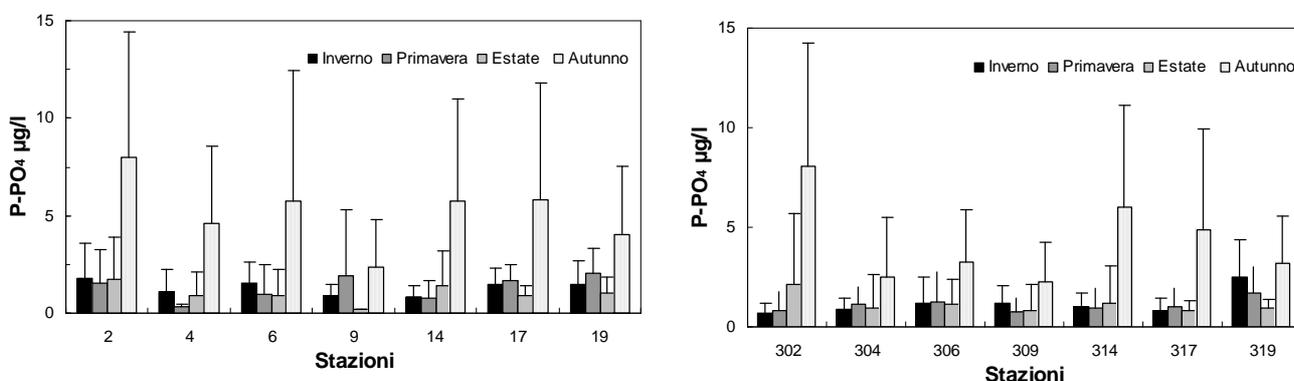


Figura 84 – Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

Nella Figura 85 sono riportate le variazioni dei valori medi mensili di fosforo reattivo rilevati durante l'anno nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica rispetto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993 - 2002). In tutte e tre le stazioni si nota un decremento delle concentrazioni medie rispetto alla condizione di riferimento durante tutto l'anno, più evidente a Porto Garibaldi, stazione 304, e Cesenatico, stazione 314, rispetto alla stazione più meridionale. Nel corso del 2019 si segnalano due leggeri incrementi rispetto ai valori medi di riferimento: nella stazione 314 nel mese di novembre (2.41 µg/l) e nella stazione 319 nel mese di marzo (1.11 µg/l).

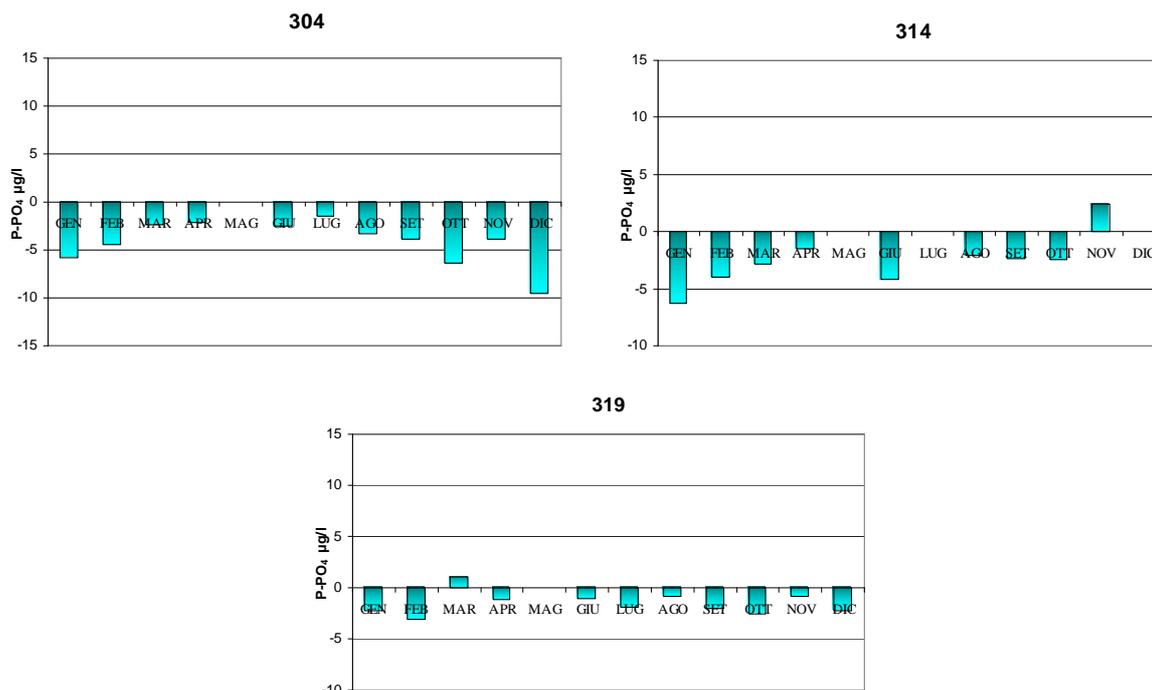


Figura 85 – Variazione dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)

In Figura 86 sono rappresentati gli andamenti temporali dell'ortofosfato nelle stazioni antistanti Porto Garibaldi posizionate a 3, 10 e 20 km dalla costa analizzato sia in superficie che sul fondo.

Anche il fosforo reattivo, come gli altri nutrienti analizzati fino a questo momento, presenta fluttuazioni maggiori nelle acque superficiali mentre i valori sul fondo si mantengono più contenuti e stabili. In superficie si segnalano in tutte le stazioni picchi di concentrazione a febbraio, giugno ed a fine anno.

In Figura 87 è rappresentato l'andamento annuale di fosforo reattivo in due stazioni di campionamento situate a nord (Porto Garibaldi: stazione 2) ed a sud (Cattolica: stazione 19) della costa. In entrambe le stazioni è stato raggiunto il valore massimo di P-PO₄ nel mese di novembre, rispettivamente 16.1 µg/l a Lido di Volano e 8.44 µg/l a Cattolica. Durante la maggior parte dell'anno le concentrazioni del parametro risultano essere più elevate nella stazione 2 che maggiormente risente dell'influenza degli apporti fluviali diretti del fiume Po nei periodi di maggior portata. Nei mesi di marzo ed aprile, in concomitanza a minimi apporti

dal bacino padano a Cattolica i valori nelle acque di superficie erano superiori a quelli riscontrati nelle acque della stazione più settentrionale.

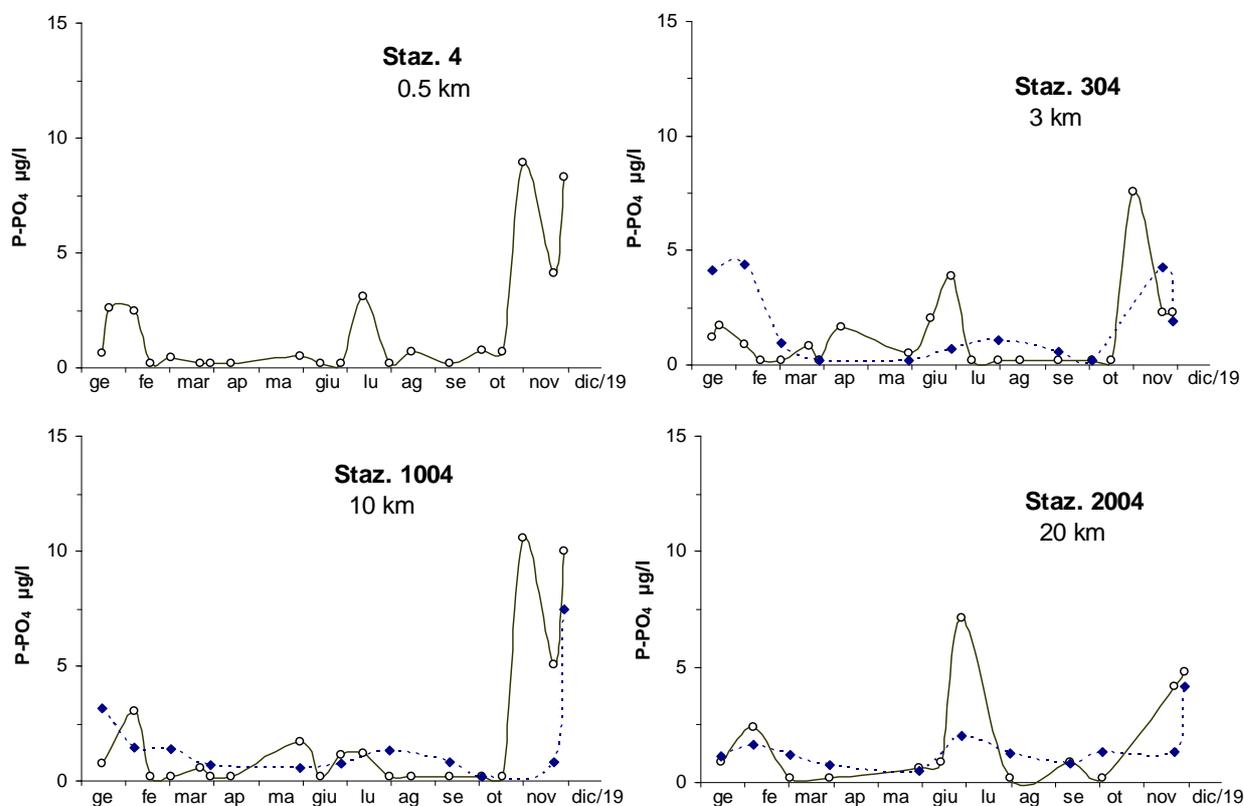


Figura 86 – Andamenti temporali del fosforo reattivo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Cesenatico

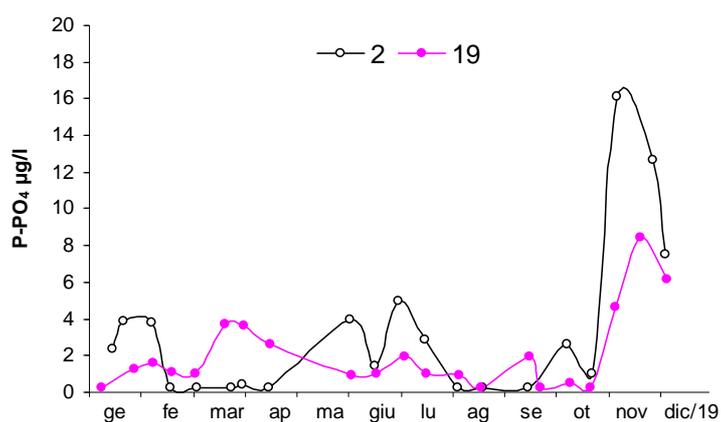


Figura 87 – Andamento temporale del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km antistante Lido di Volano e Cattolica

Il grafico di Figura 88 mostra il trend evolutivo dell'ortofosfato nelle tre aree rappresentative della fascia costiera dell'Emilia-Romagna. Come si evince dal grafico l'andamento del fosforo reattivo nelle acque marine costiere è in diminuzione come avvenuto anche per il 2018.

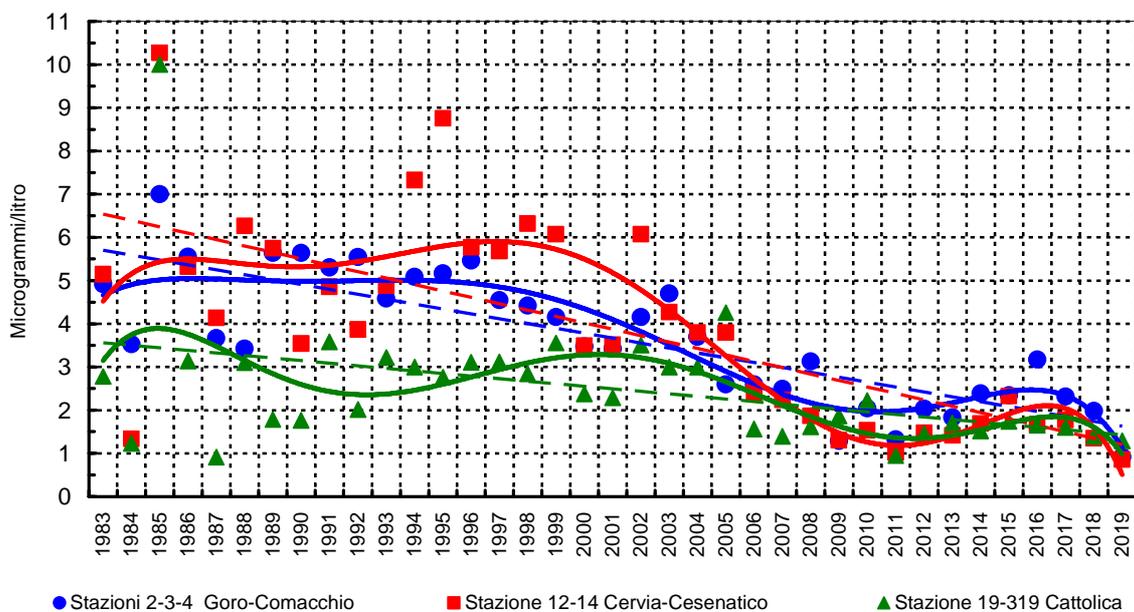


Figura 88 – Medie geometriche annuali per il trend evolutivo del fosforo reattivo in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2019)

2.3.2.g Fosforo totale (P tot)

L'analisi delle medie annuali di fosforo totale lungo i transetti (Figura 88) evidenzia un gradiente decrescente sia nord sud che costa largo. Fanno eccezione i transetti di Lido Adriano con valori medi simili nelle stazioni da 0.5 a 10 km al largo e Cesenatico con medie quasi uguali nelle stazioni a 0.5 e 20 km e più basse a 3 e 10 km.

Il valore massimo di fosforo totale è stato calcolato nella stazione costiera di Lido di Volano ($20.14 \pm 10.73 \mu\text{g/l}$).

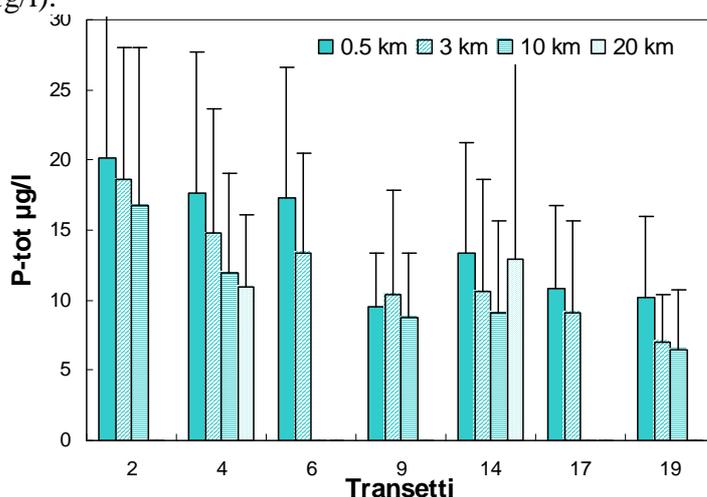


Figura 89 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Anche l'elaborazione delle medie stagionali sottolinea sempre il trend decrescente nord sud del fosforo totale come si evidenzia nella Figura 90. Il calcolo dei valori medi mostra una generale tendenza all'incremento durante l'anno; in tutte le stazioni i valori più alti si registrano in inverno. Anche l'elaborazione stagionale conferma i dati più bassi a Lido Adriano tutto l'anno.

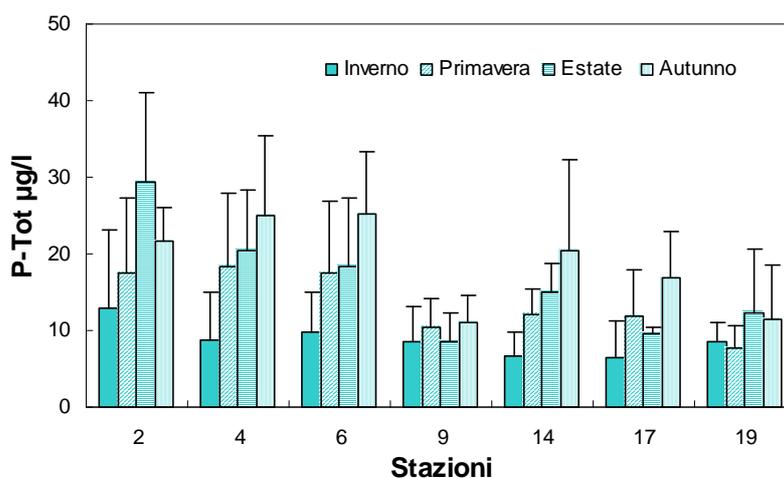


Figura 90 – Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 km dalla costa

Il confronto tra le medie mensili calcolate per il 2019 rispetto alla media climatologica calcolata invece su un dataset di medie mensili dal 1993 al 2002, mostra un trend in diminuzione (Figura 91) come osservato anche per il fosforo reattivo. Per tutte e tre le stazioni considerate, i valori di fosforo totale risultano essere inferiori al valore di riferimento. Sono stati riscontrati solo due valori positivi, superiori cioè al valore climatologico di riferimento, uno nel mese di dicembre e l'altro a novembre rispettivamente per le stazioni 304 (12.22 $\mu\text{g/l}$) e 314 (8.39 $\mu\text{g/l}$).

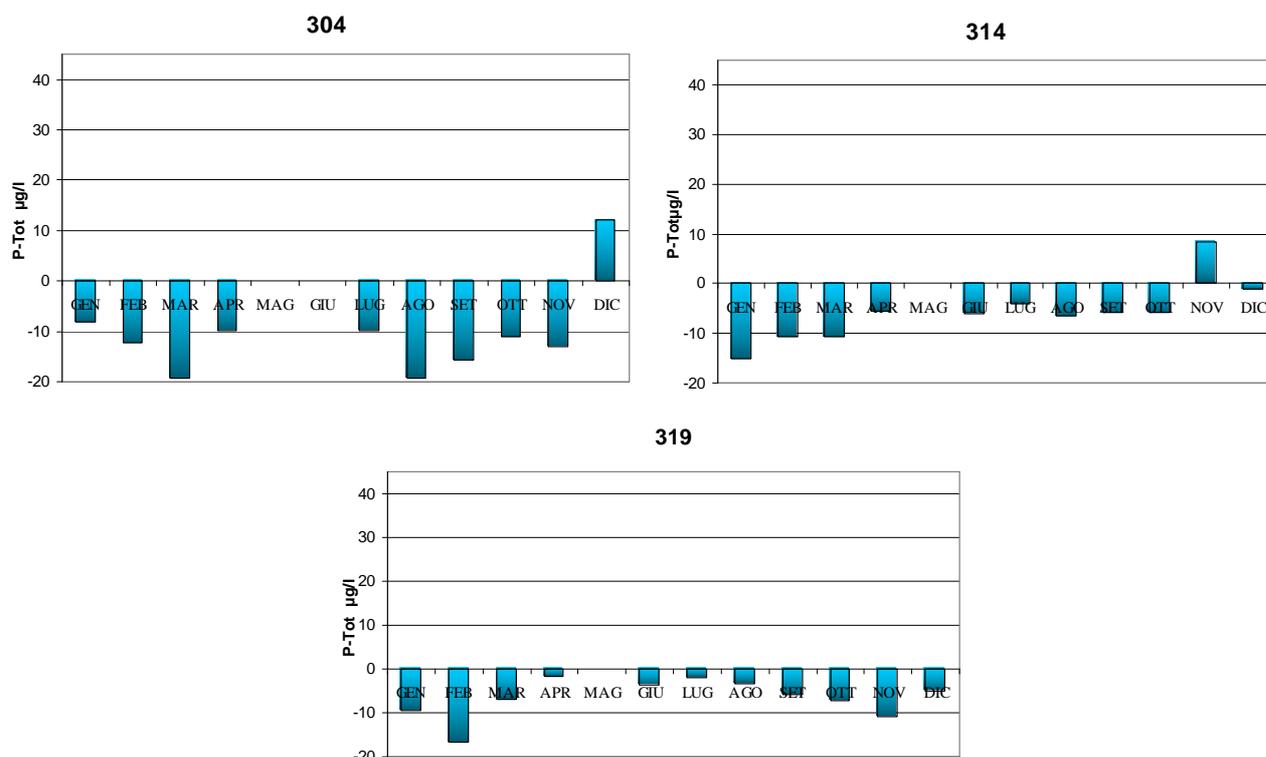


Figura 91 – Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)

In Figura 92 sono rappresentati gli andamenti del fosforo totale analizzati sia nelle acque superficiali sia in quelle di fondo, nelle stazioni posizionate lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico ad una distanza da costa compresa tra 3 e 20 km. Come si evince dal grafico Porto Garibaldi presenta fluttuazioni di fosforo totale in superficie più marcate e valori mediamente più elevati rispetto al transetto di Cesenatico, eccetto che per il mese di dicembre nella stazione 2014 dove si è registrato il valore più alto di fosforo reattivo (61,81 $\mu\text{g/l}$). Le concentrazioni di fosforo totale nello strato di fondo sono più basse rispetto allo strato superficiale in entrambi i transetti.

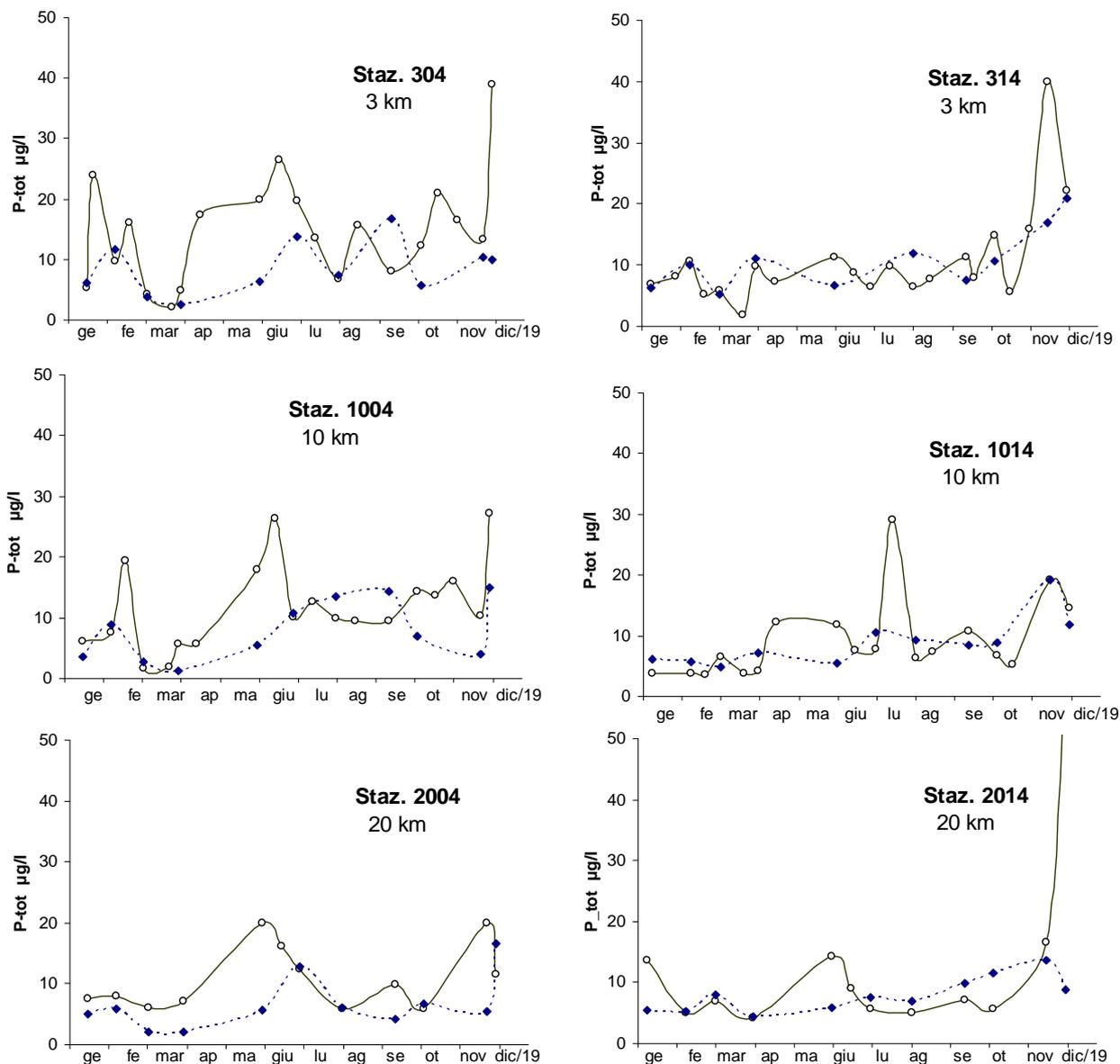


Figura 92 – Andamenti temporali del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi e Cesenatico

Il confronto tra le concentrazioni di fosforo totale analizzate nella stazione più settentrionale della costa (st. 2, Lido di Volano) con quelle analizzate nella stazione a sud (st. 19, Cattolica) confermano picchi più elevati a Lido di Volano e fluttuazioni più ampie durante l'anno (Figura 93).

In Figura 94 sono rappresentate le medie geometriche annuali di fosforo totale calcolate nelle tre aree costiere. In tutte le aree si è verificata, nel lungo periodo, una diminuzione delle concentrazioni di fosforo totale. Il grafico mostra, per ciascuna area, le linee di tendenza di tipo lineare (linee tratteggiate), che indicano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi e le linee di tendenza di ordine superiore (linee continue) che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità. Le linee di tendenza di ordine superiore

evidenziano due cicli di circa 10 anni con massimi raggiunti negli anni 1985 e 2004. I valori relativi al 2019 mantengono il trend in diminuzione registrato negli anni precedenti.

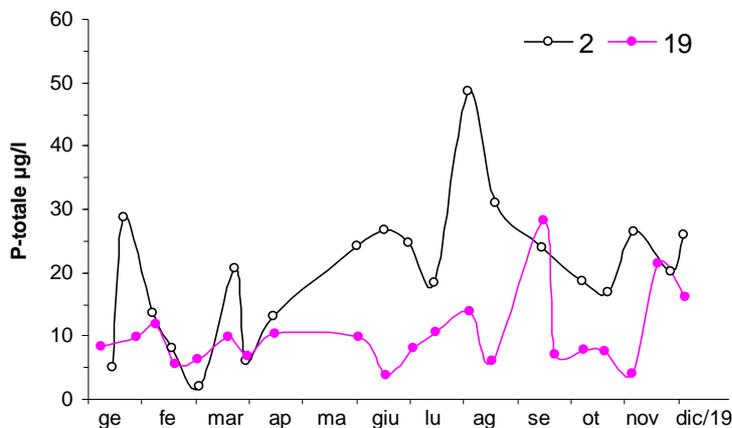


Figura 93 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km antistante Lido di Volano e Cattolica

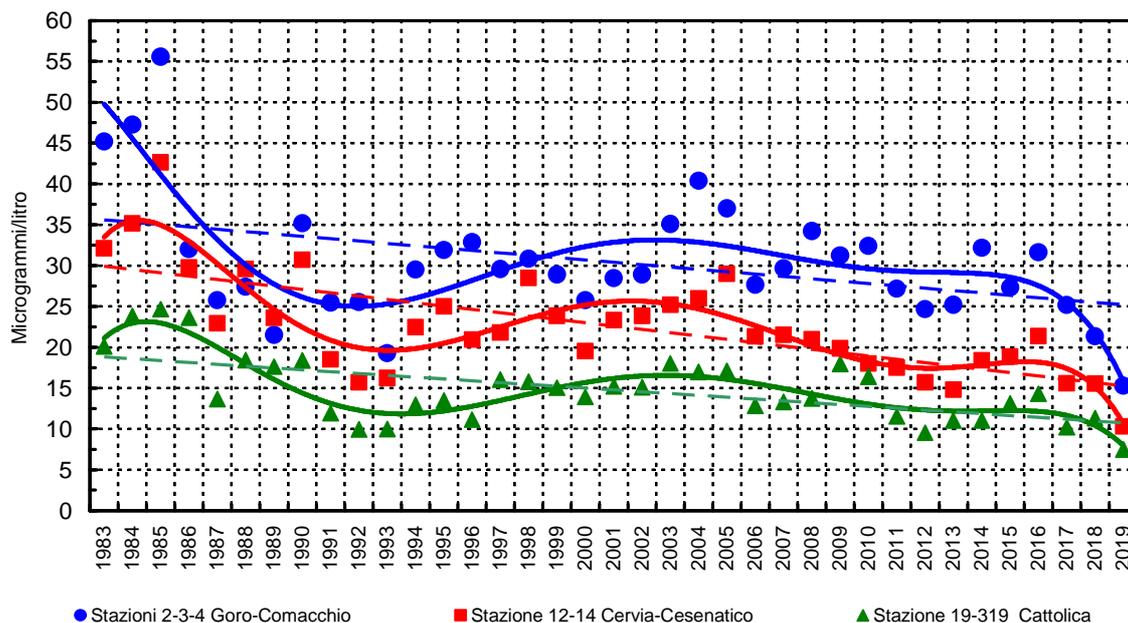


Figura 94 – Medie geometriche annuali per il trend evolutivo del fosforo totale in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2019)

Gli andamenti temporali di fosforo reattivo e fosforo totale registrati nella stazione costiera del transetto di Lido di Volano mostrano come già evidenziato, un'alta variabilità di questo elemento. Le concentrazioni più elevate (> 30 µg/l) sono state raggiunte nei campionamenti del 21 gennaio (P-tot: 28.74 µg/l; P-PO₄: 3.88 µg/l), 5 agosto (P-tot: 48.63 µg/l; P-PO₄: 0.22

µg/l), 20 agosto (P-tot: 30.97 µg/l; P-PO₄: 0.22 µg/l) 7 novembre (P-tot: 26.59 µg/l; P-PO₄: 16.1 µg/l) 28 novembre (P-tot: 20.18 µg/l; P-PO₄: 12.65 µg/l) e 5 dicembre (P-tot: 25.89 µg/l; P-PO₄: 7.53 µg/l); mentre i valori più bassi sono stati riscontrati nei campionamenti dei 15 gennaio (P-tot: 4.95 µg/l; P-PO₄: 2.37 µg/l), 5 marzo (P-tot: 1.91 µg/l; P-PO₄: 0.22 µg/l) e 1 aprile (P-tot: 6.14 µg/l; P-PO₄: 0.46 µg/l). Dal grafico di Figura 95 si osserva la netta predominanza del fosforo totale rispetto all'ortofosfato. Questa ultima forma di fosforo viene velocemente assimilata dalla comunità fitoplanctonica ed è quindi meno rintracciabile.

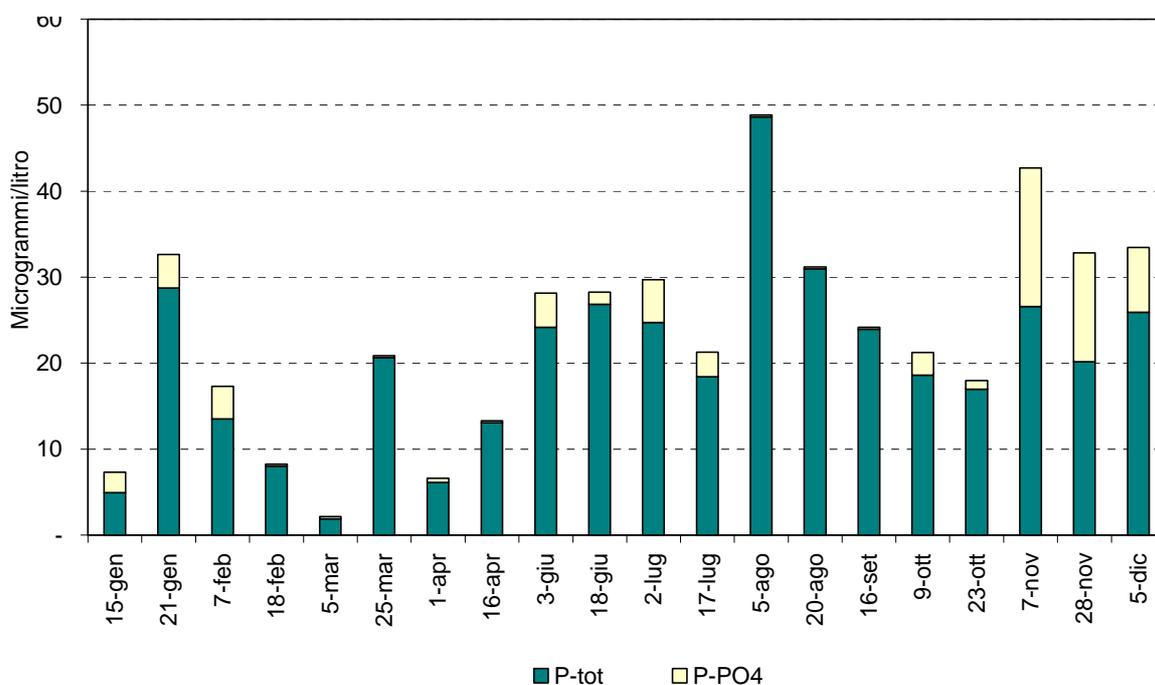


Figura 95 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali di fosforo totale e reattivo nella stazione 2 (Lido di Volano)

2.3.2.h Silice reattiva (Si-SiO₂)

Nel 2019 l'andamento delle medie annuali della silice reattiva nelle acque superficiali si allinea con quello degli altri elementi nutritivi analizzati nei paragrafi precedenti, evidenziando un gradiente decrescente sia costa largo che nord sud lungo tutta l'area monitorata (Figura 96). Le stazioni lungo il transetto 2 davanti a Lido di Volano risultano essere quelle con le più alte concentrazioni con il massimo pari a $653.97 \pm 508.88 \mu\text{g/l}$ a 0.5 km da costa.

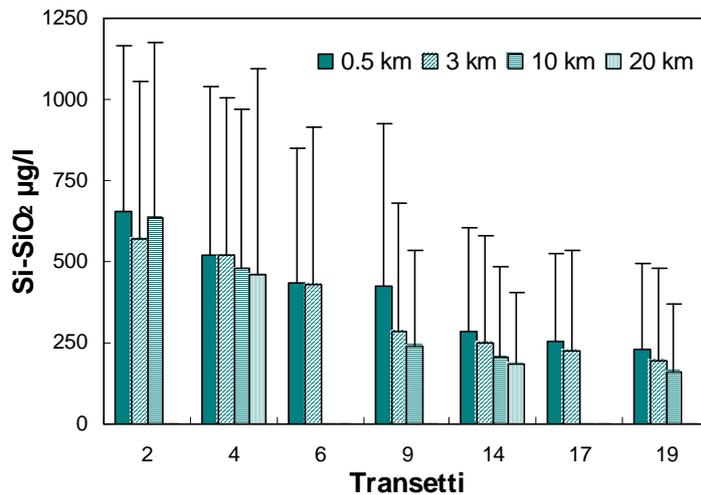


Figura 96 – Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Nei grafici seguenti sono rappresentate le concentrazioni analizzate nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa davanti a Lido delle Nazioni Figura 97 (A) e Cattolica Figura 97 (B). Anche in questo caso si evidenziano concentrazioni maggiori e fluttuazioni più ampie a Lido di Volano rispetto a Cattolica che raggiungo anche valori superiori a 2000 µg/l (dicembre). I valori a 0.5 e 3 km mantengono lo stesso andamento nella stazione più a sud, mentre in quella più settentrionale si discostano a giugno e ad agosto.

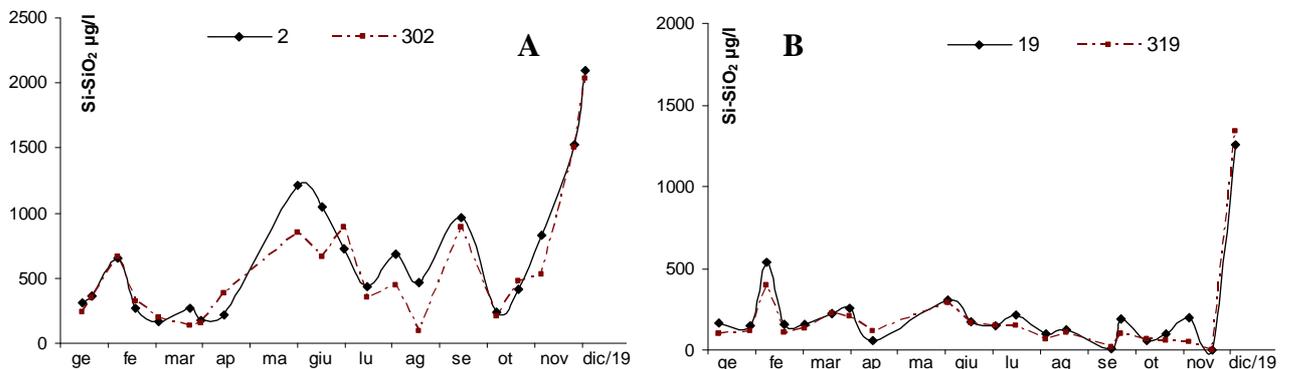


Figura 97 – Andamenti temporali della silice reattiva in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa antistante Lido di Volano (A) e Cattolica (B)

Anche la silice reattiva, come gli altri elementi nutritivi precedentemente analizzati, mostra un andamento strettamente correlato alle portate fluviali. I valori più alti di silice nelle acque marine di superficie sono stati registrati in autunno in tutte le stazioni con il massimo pari a $1023.41 \pm 778.50 \mu\text{g/l}$ nella stazione 2 (Figura 98). Si discosta da questa condizione la stazione 9, davanti a Lido Adriano che raggiunge le concentrazioni medie più alte in primavera. Infatti, in correlazione con eventi di piene e quindi aumenti di acque dolci dai bacini costieri si rilevano alti valori di silice anche in primavera, mentre in estate tutte le stazioni le concentrazioni medie rimangono basse.

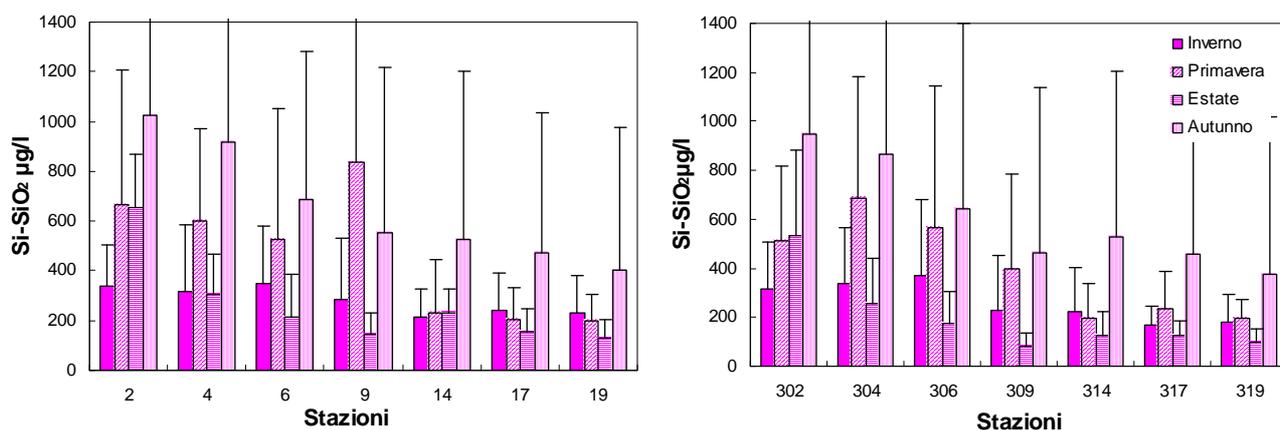


Figura 98 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3 km dalla costa

Le mappe rappresentate di seguito (Figura 99) mostrano la distribuzione spaziale in superficie della silice reattiva come media stagionale evidenziando quanto sopra affermato. In autunno lungo tutta la costa monitorata si rilevano concentrazioni medie elevate comprese tra 401 e 1023 $\mu\text{g/l}$.

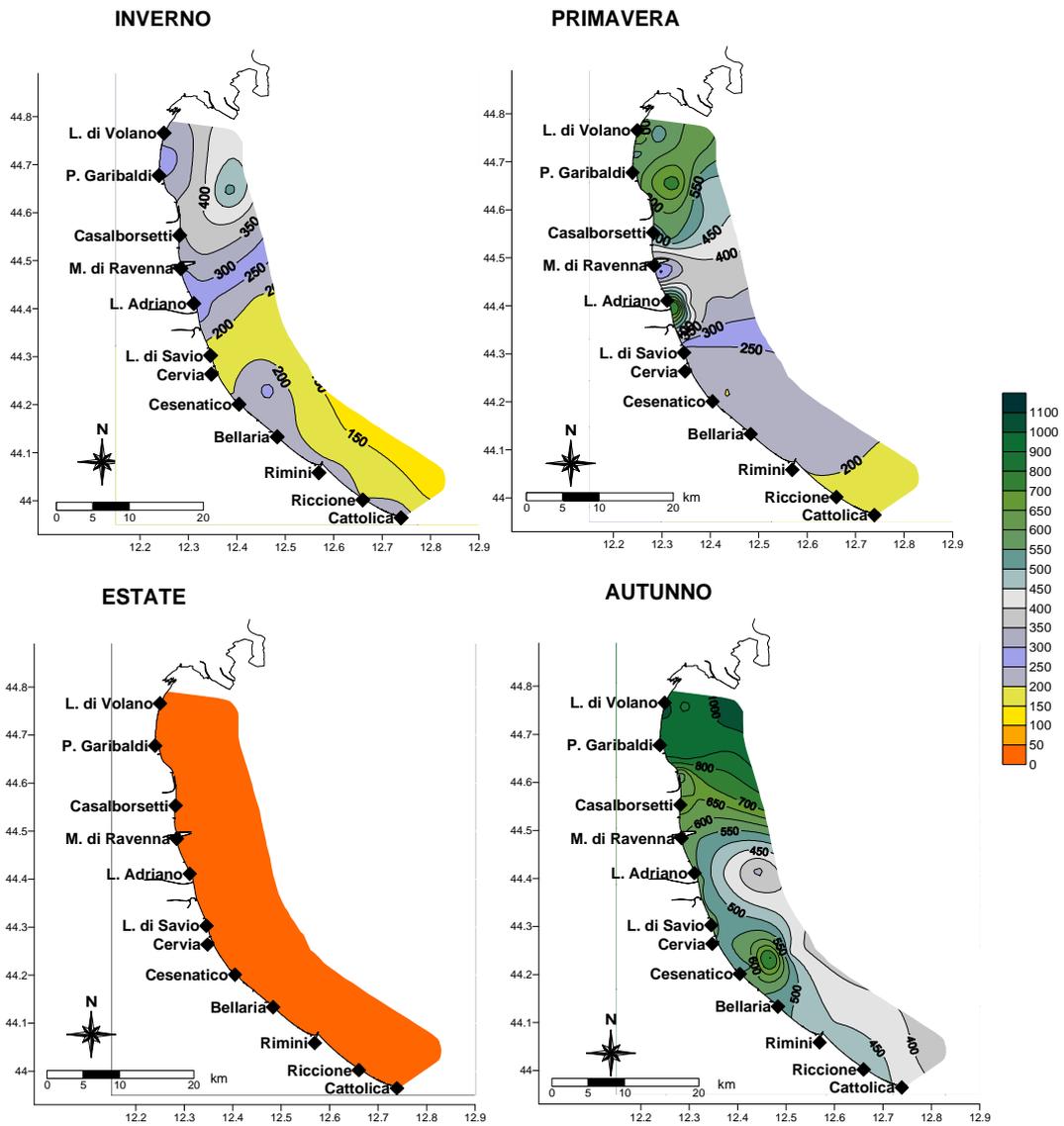


Figura 99 – Mappe di distribuzione della silice reattiva ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa fino a 10 km al largo (medie stagionali)

2.3.2.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. In genere la fosforo limitazione è il fattore che caratterizza le acque costiere con livelli trofici mediamente elevati, al contrario una condizione di azoto limitazione è tipica di ambienti costieri oligo dove il rischio eutrofico è molto limitato se non assente.

La distribuzione dei valori del rapporto N/P in alcune stazioni campione (Figura 100) posizionate rispettivamente nella zona più settentrionale (stazioni 2 e 302 di L. di Volano), centrale (stazioni 14 e 314 di Cesenatico) e meridionale (stazioni 19 e 319 di Cattolica), evidenzia sempre una marcata variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica), con una tendenza ai minimi generalmente nel periodo estivo.

Anche nel 2019 prevale lo stato di fosforo-limitazione con qualche eccezione durante i mesi estivi. L'andamento variabile del rapporto N/P è sempre più marcato nelle stazioni settentrionali e tende a ridursi in quelle centrali e meridionali.

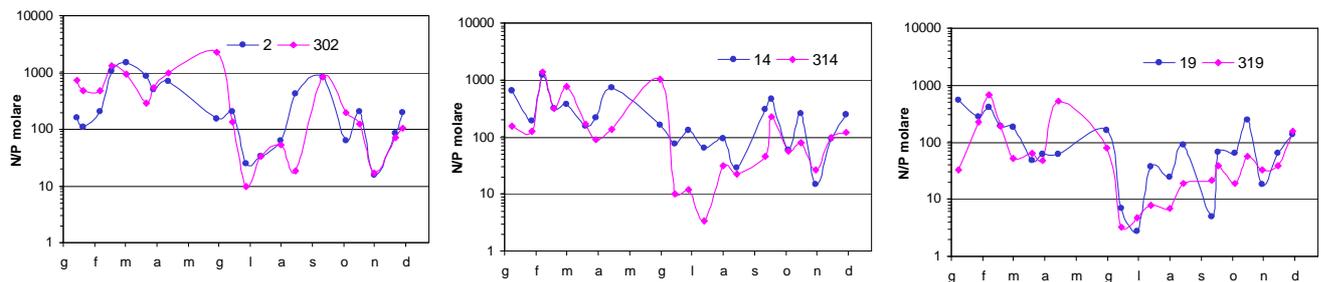


Figura 100 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per quanto riguarda il rapporto N/P si rappresenta di seguito il trend dei valori nelle tre aree costiere considerando il lungo periodo 1982-2018. Il calcolo delle medie geometriche annuali una tendenza all'aumento in tutte le aree (Figura 101).

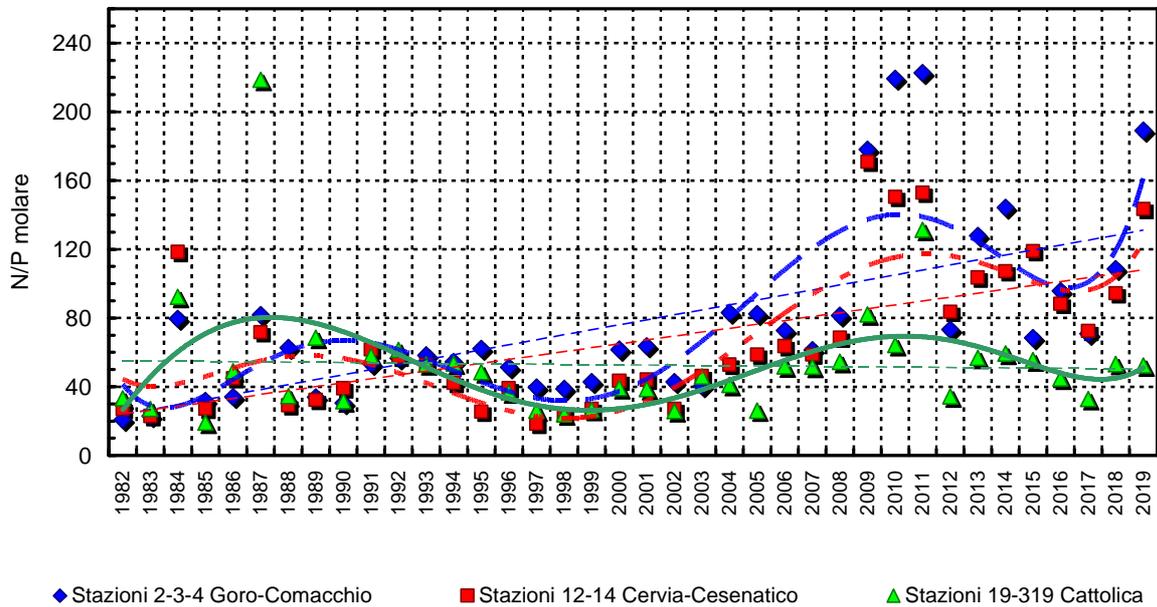


Figura 101 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2019)

2.4 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

2.4.1 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/m^3
- Ossigeno disciolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione: $\text{Ass}[100 - \text{O.D. \%}] = |\text{O.D.\%}|$

b) Fattori nutrizionali:

- Fosforo totale espresso in $\mu\text{g/l}$
- DIN azoto minerale disciolto ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NO}_2 + \text{N-NH}_3$) in $\mu\text{g/l}$

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:

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

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 trofic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Envirometrics Vol 9 issue 3 : 329-357.

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

L'andamento medio del TRIX nel 2019 mostra per le stazioni a 0.5 e 3 km lungo la costa, un trend di diminuzione passando da nord a sud con valori superiori a 5, valore limite di TRIX tra la classe "Buono" e "Sufficiente" (linea nera Figura 102) 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 sono risultati essere inferiori a 5 attestando una qualità ambientale migliore.

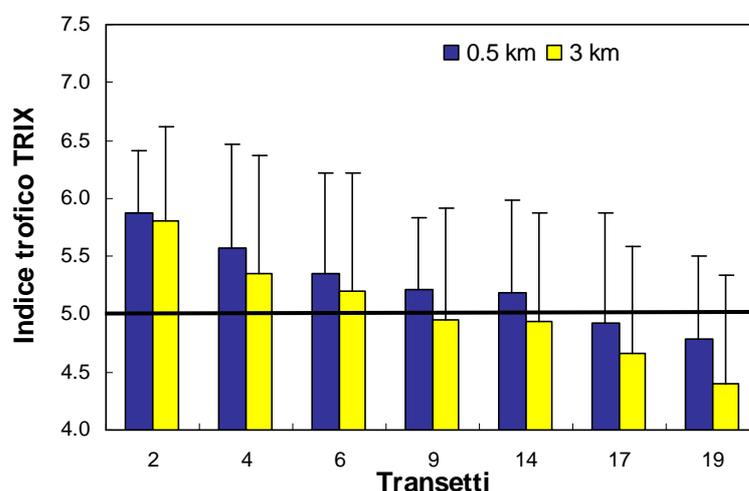


Figura 102 – Medie annuali del TRIX nel 2019 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, il 2019 (Figura 103) presenta uno stato ambientale "Sufficiente" per il corpo idrico CD1 con valore medio pari a 5.5. Il CD2 invece presenta uno stato ambientale "Buono" con un valore medio di TRIX pari a 4.9.

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.

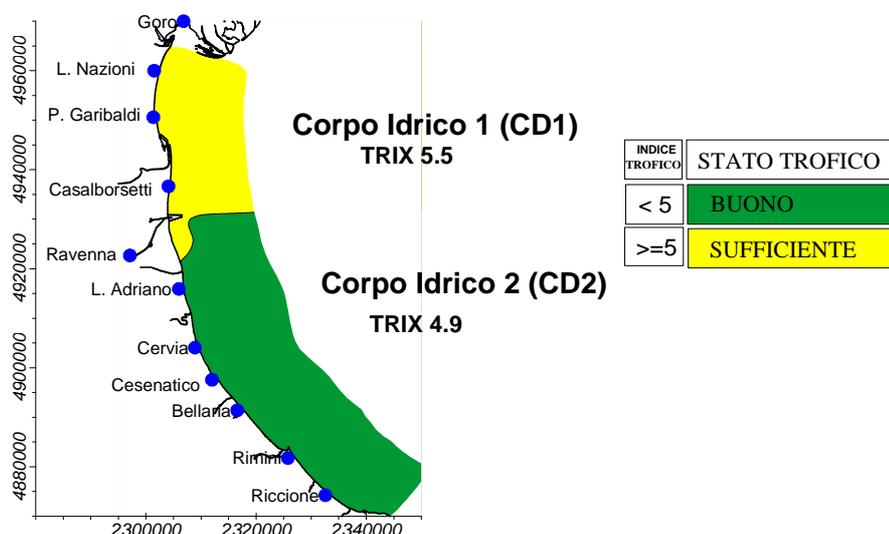


Figura 103 – Valori medi annuali 2019 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell’Indice Trofico nel periodo 2007-2019 (Figura 104) nella stazione 19 i dati mostrano un aumento rispetto al 2018. Anche per la stazione 14 si osserva un lieve incremento dei valori di TRIX mentre nella 4 i valori medi mostrano una decisa diminuzione. Analizzando i dati medi per stagione da costa fino 10 km al largo (Figura 105) si evidenzia come una condizione “Sufficiente” si rileva lungo quasi tutta la costa in primavera ed autunno accompagnata da aree al largo da Lido Adriano a Cattolicacon in classe “Buono” mentre in estate i valori risultano inferiori a 5 in quasi tutta l’area. Infine in inverno la costa appare caratterizzata da 2 aree, una settentrionale con una condizione “Sufficiente” ed una meridionale con condizione “Buona”.

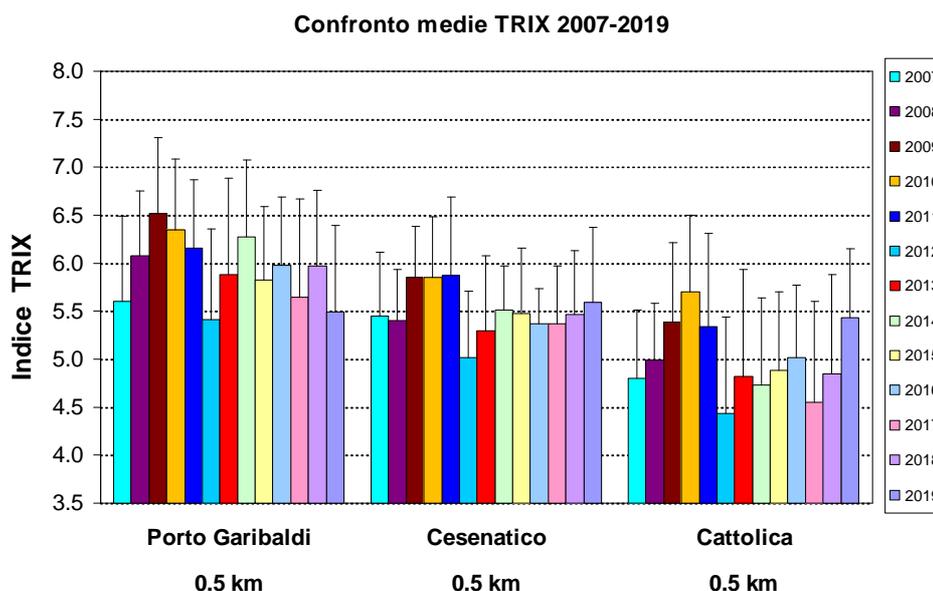


Figura 104 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2007 al 2019 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

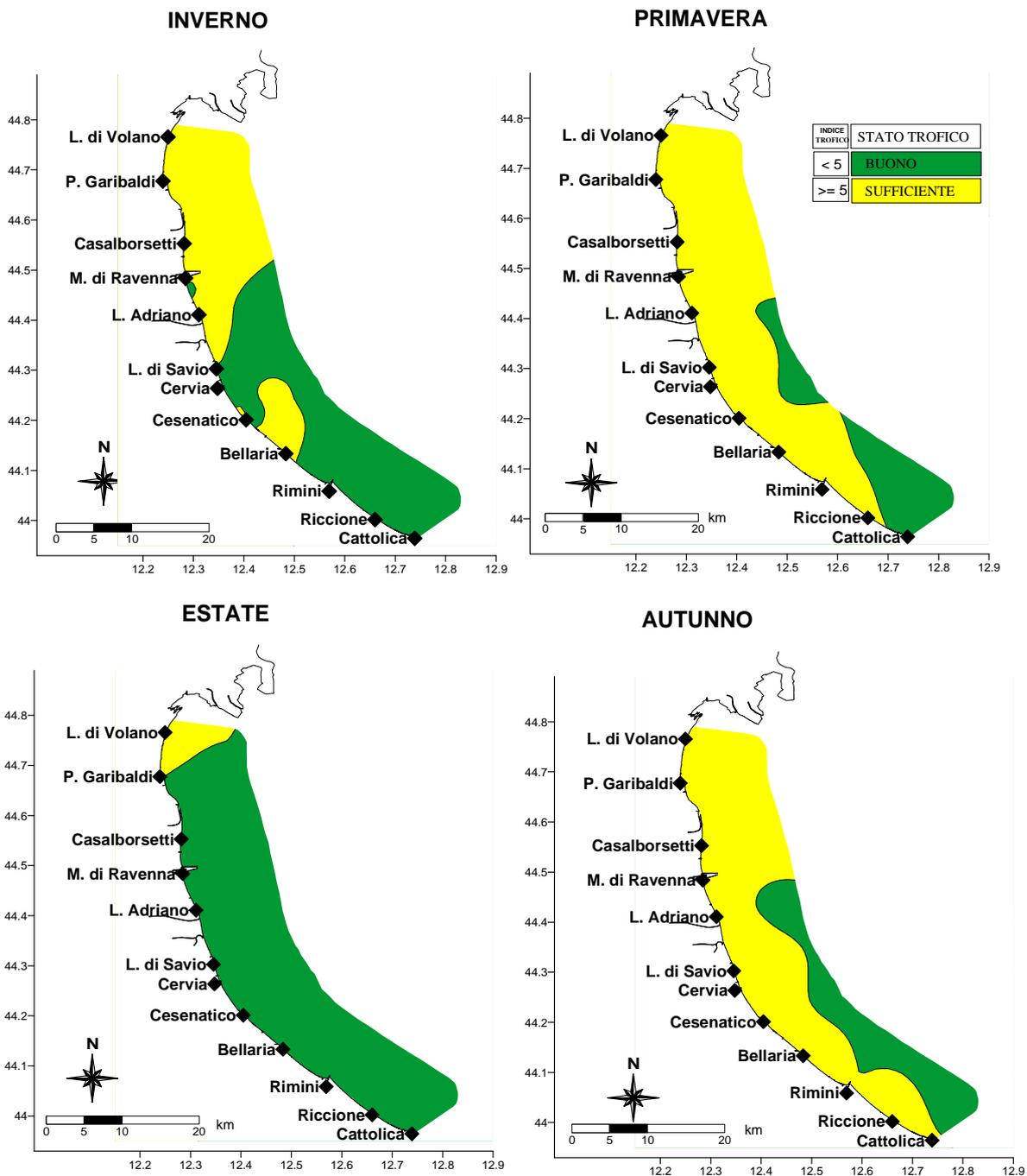


Figura 105 – Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

2.4.2 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 106 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 2019 il superamento del valore 2 appare soprattutto nella stazione di Cattolica sia in termini di frequenza del superamento nonchè del valore raggiunto; essendo il TRBIX inverso rispetto al TRIX, valori più bassi si hanno nei periodi invernali. I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 107 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 107.

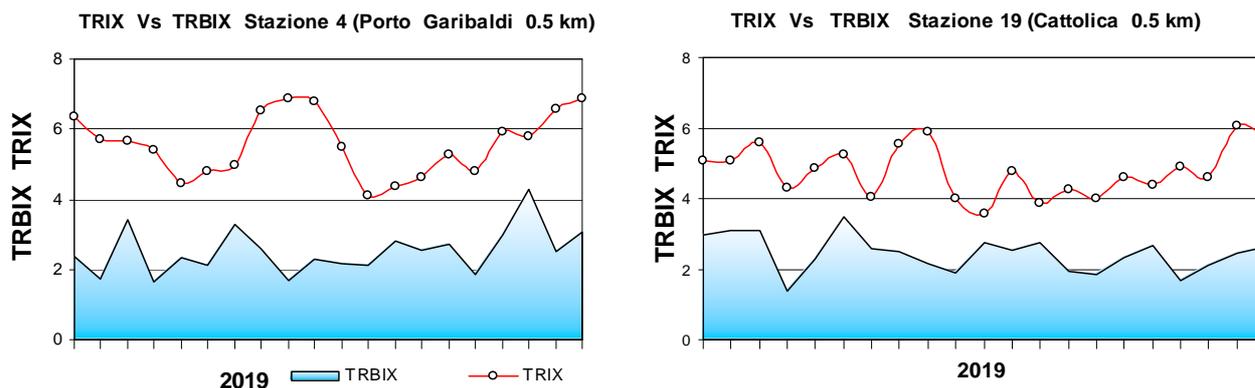
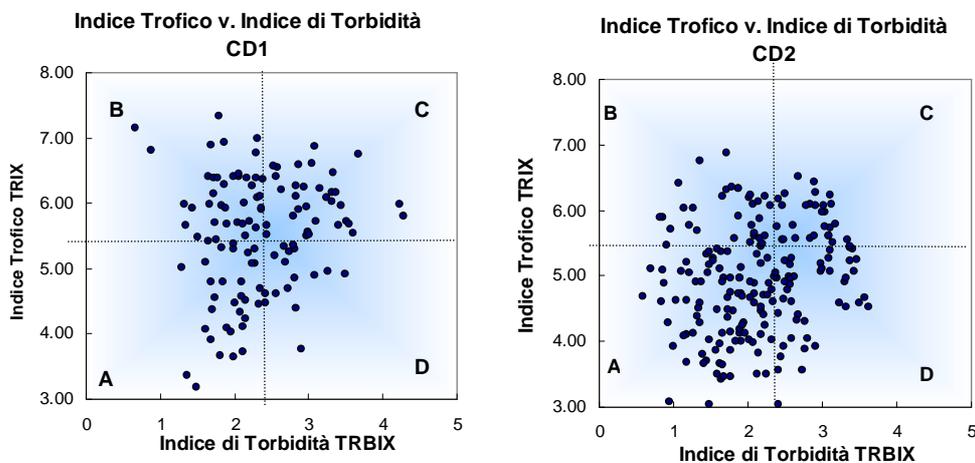


Figura 106 – Confronto tra l’andamento dell’indice trofico TRIX e l’indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra che per il CD1, quindi nell’ area compresa da Lido di Volano a Casalborgsetti, la maggior parte dei valori si distribuisce nel quadrante B e A che identificano, in termini di TRBIX, acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale e valori di trasparenza più o meno ridotta. Nell’area compresa tra Lido Adriano e Cattolica, CD2, i dati si distribuiscono in particolare nel quadrante A a sottolineare come la componente minerale risulti predominante su quella fitoplanctonica e come le acque presentino spesso una trasparenza elevata.



Schema di interpretazione dei quadranti derivati dalla combinazione del TRIX vs. TRBIX	
Quadrante B Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.	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.
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.	Quadrante D Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunastro. Trasparenza molto ridotta.

Figura 107 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadrati e relativa tabella di interpretazione



3 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 2018 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 (2017-2019).

3.1 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 24 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 108 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio programmata per il triennio 2017-2019 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)	Distanza costa (km)	Prof (m)
2	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.457656	12.155128	0.5	3.9
302	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.456876	12.174088	3	6.7
4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396873	12.154228	0.5	3.7
SFBC4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.387070	12.155680	1	3.8
304	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396934	12.172888	3	9.1
Tecno	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.420335	12.177028	4.3	10.5
6	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.332012	12.174568	0.5	5.2
306	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.334052	12.193348	3	10.2
308	Marina di Ravenna	CD2	Fiume Po	44.288990	12.192627	3	8.1
9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.240749	12.195387	0.5	5.4
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243270	12.197130	1	6
309	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243089	12.213866	3	9.4
AngeCI	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.234869	12.206426	1.95	7.5
13	Zadina	CD2	Fiume Po	44.136210	12.234420	0.5	3
14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.127226	12.241524	0.5	3.1
SFBC14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.128120	12.244910	1	3
314	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.132626	12.258444	3	8.3
Copra	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.130347	12.279503	4.9	9.5
17	Rimini	CD2	Fiume Po	44.046585	12.350548	0.5	4.3
317	Rimini	CD2	Fiume Po	44.058165	12.359907	3	9.9
19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.582924	12.444691	0.5	4.1
SFBC19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.590290	12.444320	2	3.5
319	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.593664	12.455912	3	11
Ass Cattol	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.594684	12.445172	2.7	10.5

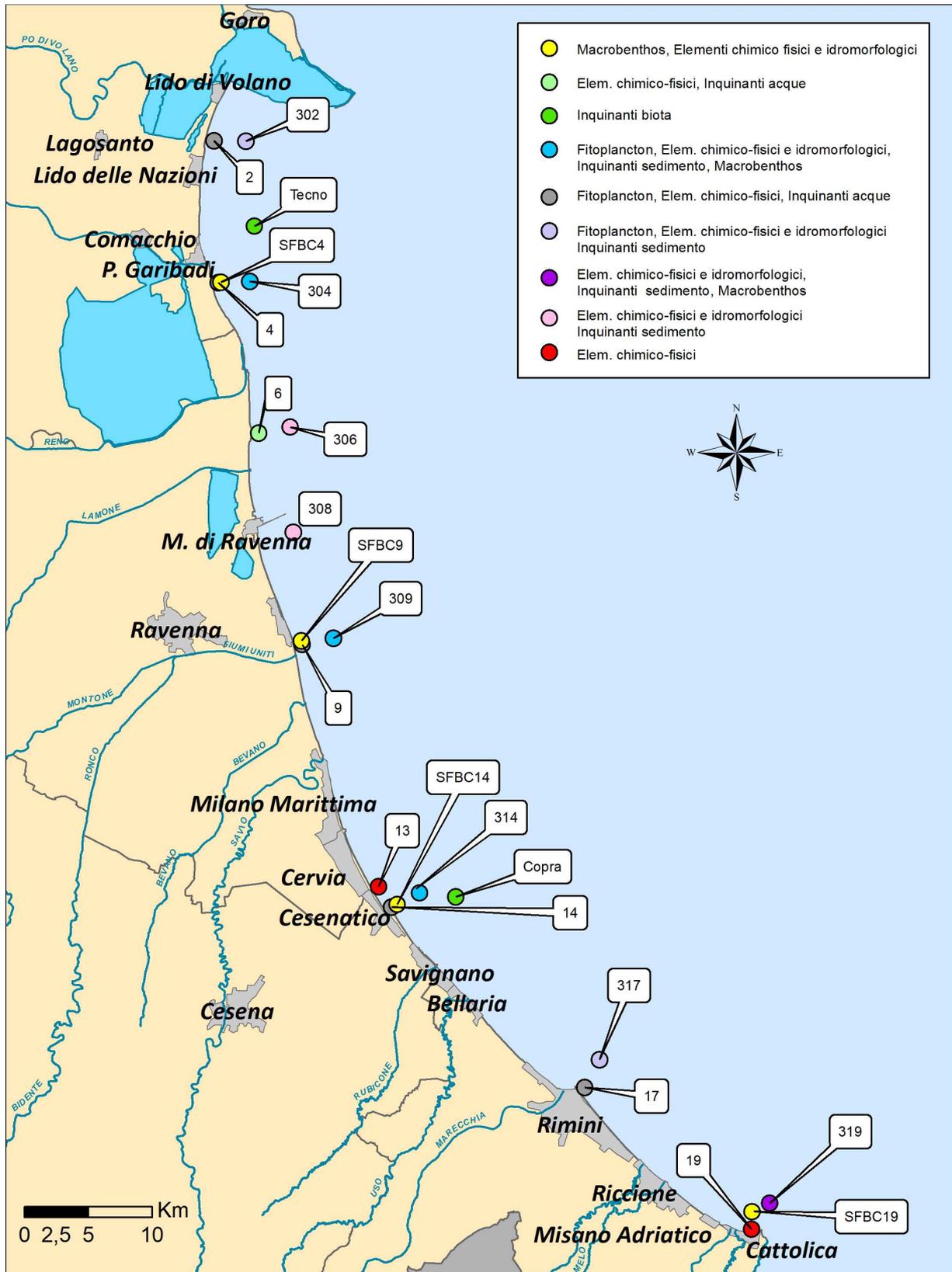


Figura 108 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marine costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06

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 2017-2019

Matrice/ Frequenza di indagine		Elementi per lo stato ecologico					Elementi per lo stato chimico			Elementi per l'analisi di tendenza	Elementi opzionali	
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chimico-fisici	Elementi idromorfologici e fisico-chimici		Inquinanti specifici NON appartenenti all'elenco di priorità	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità			Sostanze di cui alle Tabb. 3/A e 3/B D.Lgs. 172/15 (*****)	Saggi ecotossicologici
		Fitoplancton	Macro zoobenthos	(*)	(**)	Granulometria TOC	Tab. 1/B D.Lgs. 172/15	Tab. 1/A D.Lgs. 172/15		Tab. 2/A D.Lgs. 172/15		
	Mensile	Semestrale	ACQUA	ACQUA	SEDIMENTO	ACQUA	ACQUA(***)	BIOTA(****)	SEDIMENTO	SEDIMENTO	SEDIMENTO	
			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											
	AngeCl											
	13											
	14											
	SFBC14											
	314											
	Copra											
	17											
	317											
19												
SFBC19												
319												
Ass Cattol												

Note alla Tabella 4

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

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

(***) Dal 01/01/2017 parametri n. 1-33 tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Dal 22/12/2018 si aggiungono i parametri n. 34-45 tab. 1/A D.Lgs. 172/15.

(****) Dal 01/01/2017 parametri n. 5, 21 (Difenileteribromurati e Mercurio e composti) tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Dal 22/12/2018 si aggiunge il parametro n. 37 (diossine e composti diossina simili) tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Se non altrimenti indicato, lo SQA per il biota è riferito ai pesci. . Si può monitorare un altro taxon del biota alternativo purchè lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione.

(*****) Previa verifica di fattibilità analitica, nel 2019 saranno ricercati nel sedimento, con frequenza semestrale, anche i parametri tab. 1/A D.Lgs. 172/15 n.: 7, 12, 17, 26, 34, 35, 36, 43, 44 (cloroalcani C10-13, di(2-etilesil) ftalato (DEHP), esaclorobutadiene, pentaclorobenzene, dicofol, acido perfluorottansolfonico e derivati (PFOS), chinossifen, esabromociclododecano (HBCDD), eptacloro ed eptacloro epossido. Per i parametri di cui sopra, nel prossimo piano di monitoraggio triennale, si valuterà se effettuare un monitoraggio per l’analisi di tendenza ogni 3 anni oppure ogni anno a cadenza semestrale.

3.2 ANALISI DEI RISULTATI

3.2.1 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.

3.2.1.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 (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 Dinophyta), 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, Miozoa, 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 dominano la biomassa del microfitoplancton in entrambi i corpi idrici. Analizzando gli andamenti annuali di questo gruppo nelle stazioni sottocosta (Figura 109) si nota quanto segue: le stazioni settentrionali del CD1 mostrano nella stazione 2 un andamento con valori elevati in primavera ed estate (superiori o uguali a 1×10^7 cell/l) e nella stazione 4

(seppur con valori inferiori di circa 1×10^6 cell/l), determinati dalla abbondante presenza di *Chaetoceros* spp. Nelle stazioni meridionali del CD2 si rilevano in generale abbondanze leggermente inferiori, con valori maggiori nel periodo invernale e primaverile ed una diminuzione nei mesi estivi. Si nota un secondo picco nel mese di ottobre nelle staz. 2,4, del CD1 e nelle stazioni 9 e 14 del CD2 determinato da abbondante *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex.

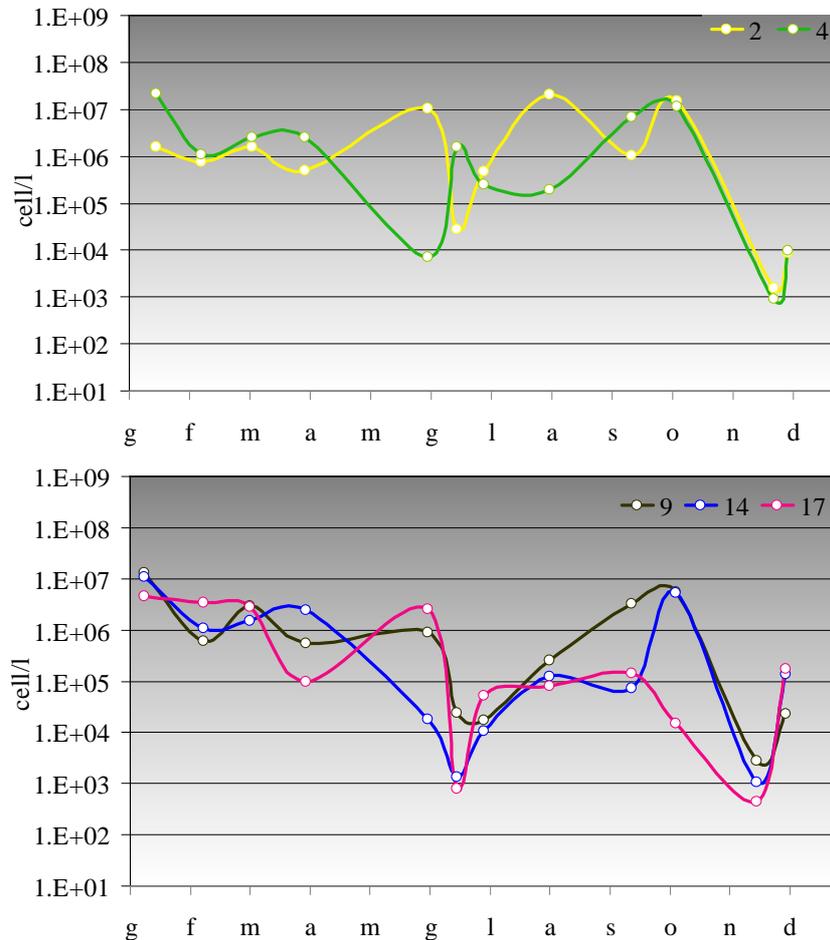


Figura 109 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

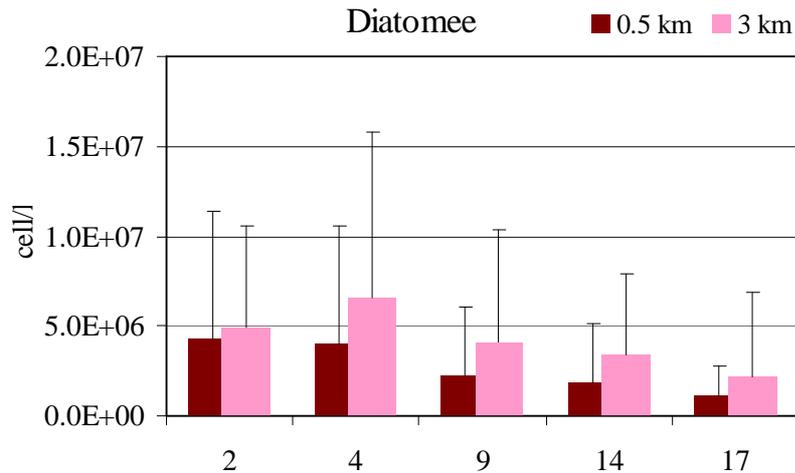


Figura 110 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 110 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 304 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), e il valore più alto si registra lungo il transetto 4. Questa situazione si verifica in quanto spesso nel transetto 4 gli apporti di acqua dolce si estendono oltre la zona prettamente costiera, riuscendo a mantenere livelli eutrofici alti anche al largo.

In Figura 111 vengono riportate le medie stagionali e le relative deviazioni standard per corpo idrico. Il CD1 presenta sempre valori marcatamente più elevati rispetto al CD2 con l'eccezione della campagna invernale dove i valori quasi si equivalgono, a riprova del fatto che l'area più settentrionale è sotto l'influenza degli apporti padani che ad intermittenza convogliano a mare elevate masse d'acqua dolce ricca di nutrienti.

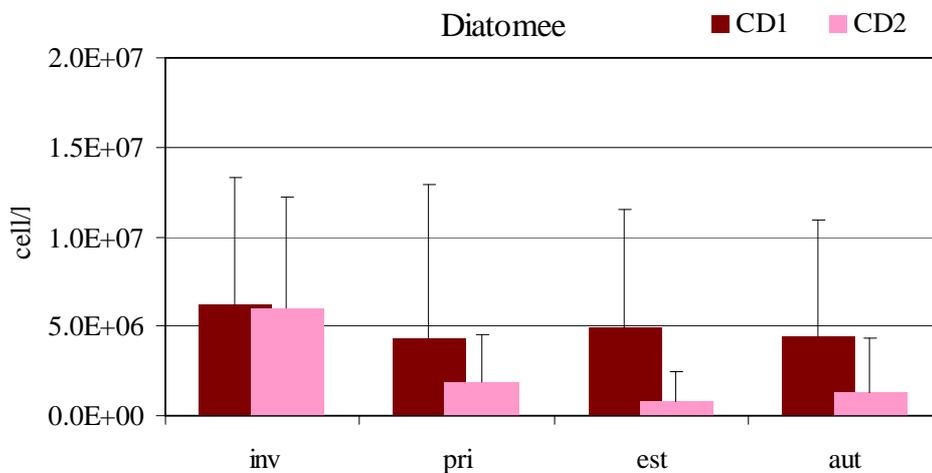


Figura 111 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

I taxa più rappresentativi in termini di frequenza di rilevamento (Figura 112) sono *Chaetoceros* spp. e *Skeletonema* spp.. Mentre se consideriamo l'abbondanza media annuale sempre in Figura 106, i taxa più rappresentativi risultano essere quelli appartenenti al genere *Pseudo-nitzschia* (*Pseudo-nitzschia* spp. e *Pseudo-nitzschia delicatissima* complex) seguiti comunque da *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* (*Chaetoceros socialis* e *Chaetoceros* spp.) che complessivamente quindi dominano sulle altre specie.

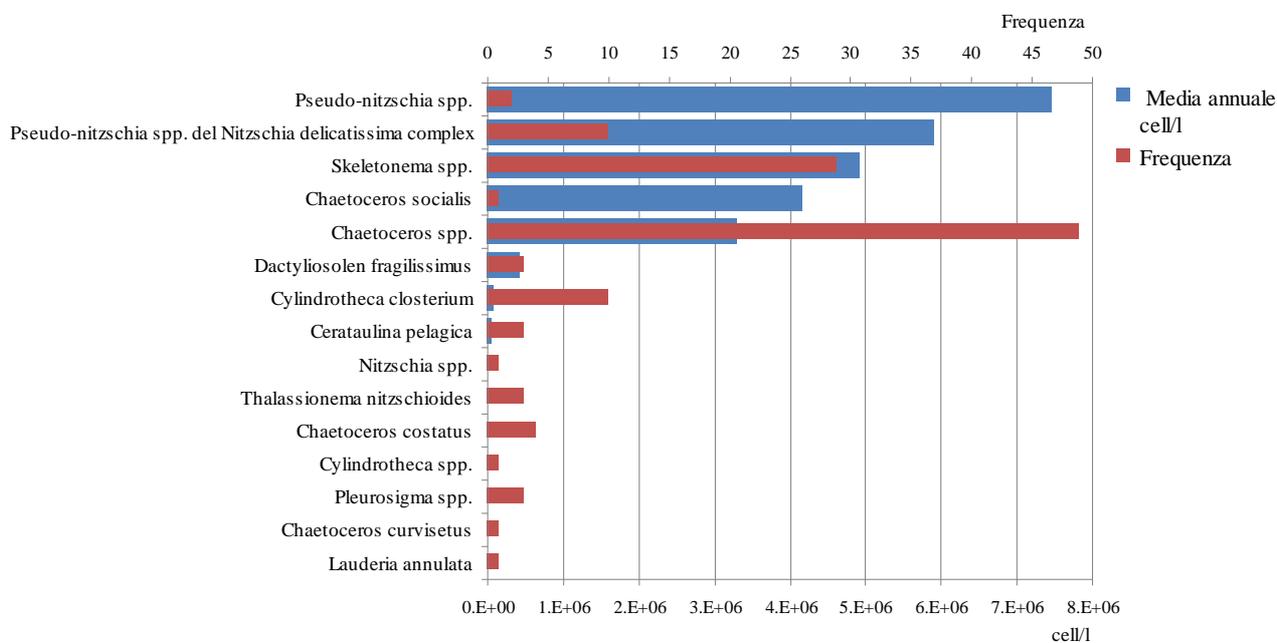


Figura 112 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

Le Dinoficee compongono solo circa il 2% dell'abbondanza totale del fitoplancton ed inoltre le loro abbondanze sono di diversi ordini di grandezza inferiori rispetto alle Diatomee. Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze nelle stazioni sottocosta (Figura 113) si nota uno scostamento dal solito andamento "a campana aperta" tipico di questo Gruppo. Si riscontra un andamento stagionale con minimi invernali e due massimi, uno a giugno e, ad esclusione della stazione 17, uno ad ottobre.

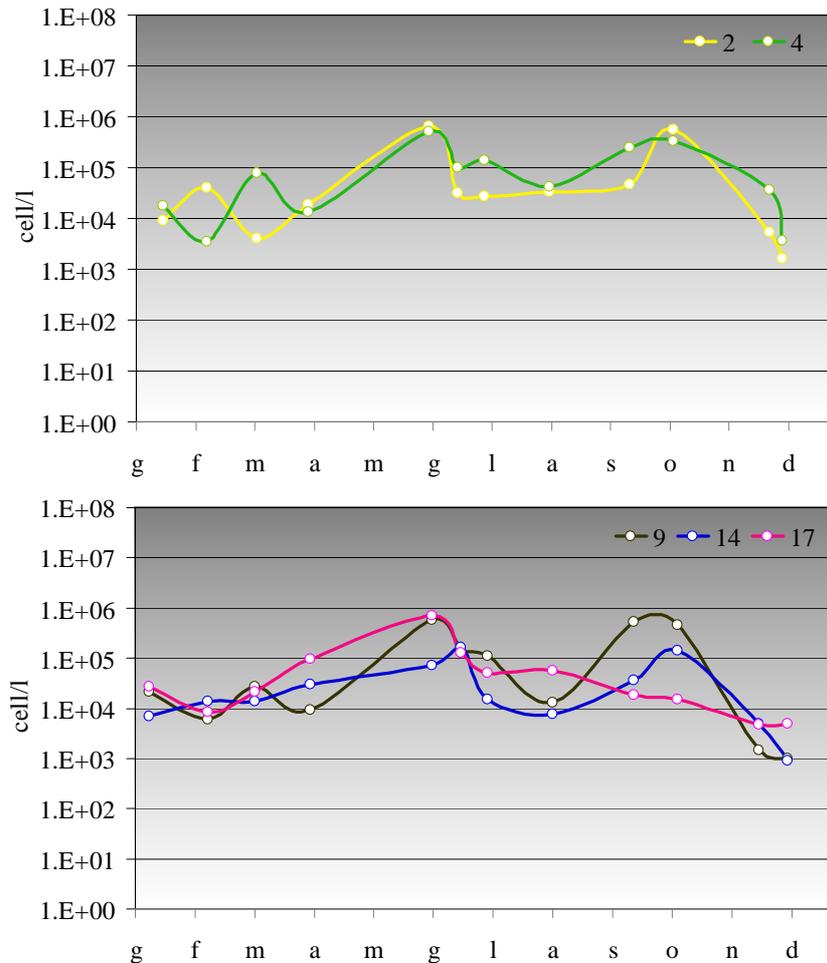


Figura 113 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoficee nelle stazioni sottocosta

In Figura 114 le medie annuali delle abbondanze fra stazioni risultano variabili, con un range che va da 5×10^4 a 2.5×10^5 cell/l e si evidenziano deviazioni standard elevate, in accordo con l'andamento stagionale di questo gruppo di microalghe.

Nelle stazioni settentrionali (2, 4, 9) si evidenziano medie annuali più alte rispetto alle stazioni più meridionali (14, 17) con abbondanze più elevate alla stazione 9 sia sottocosta, sia a 3 km.

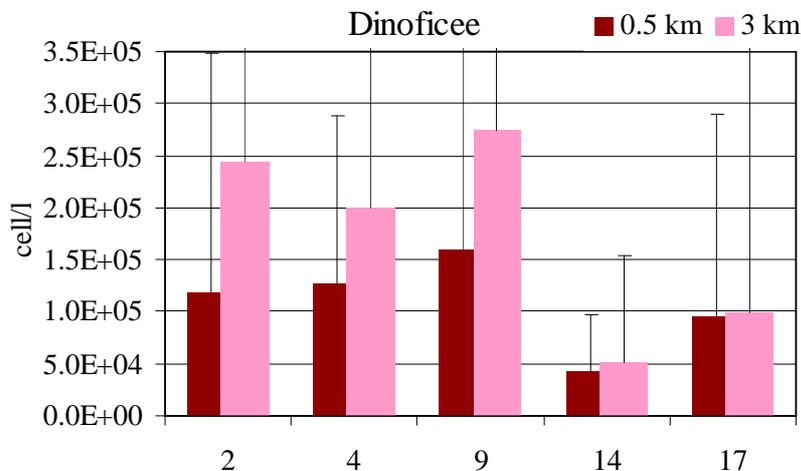


Figura 114 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

Le medie stagionali per corpo idrico e le relative deviazioni standard (Figura 115) confermano una stagionalità con minimi invernali e presenze più elevate in primavera nel CD1.

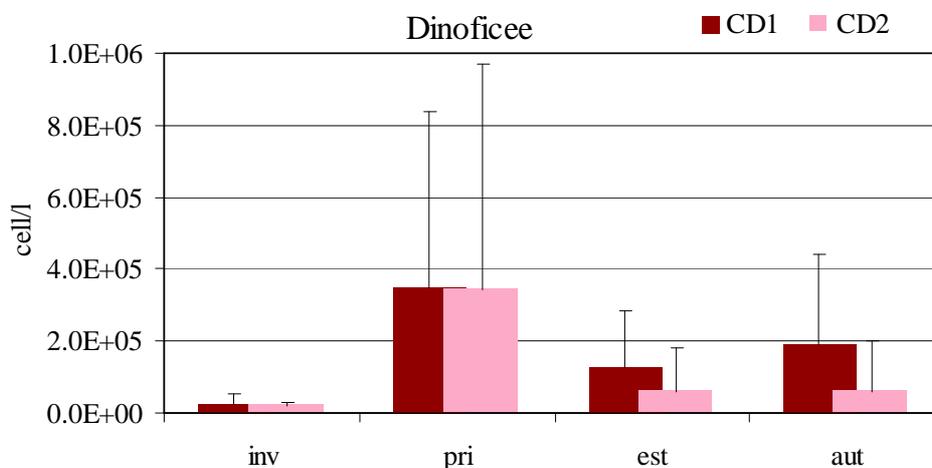


Figura 115 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

Per quanto riguarda la classe delle Dinoficee, i taxa più rappresentativi (Figura 116) in ordine di frequenza sono rispettivamente, *Gymnodiniales* indet., *Heterocapsa* spp. e *Prorocentrum cordatum*. Quest'ultimo risulta dominante invece se si considera l'abbondanza media annuale.

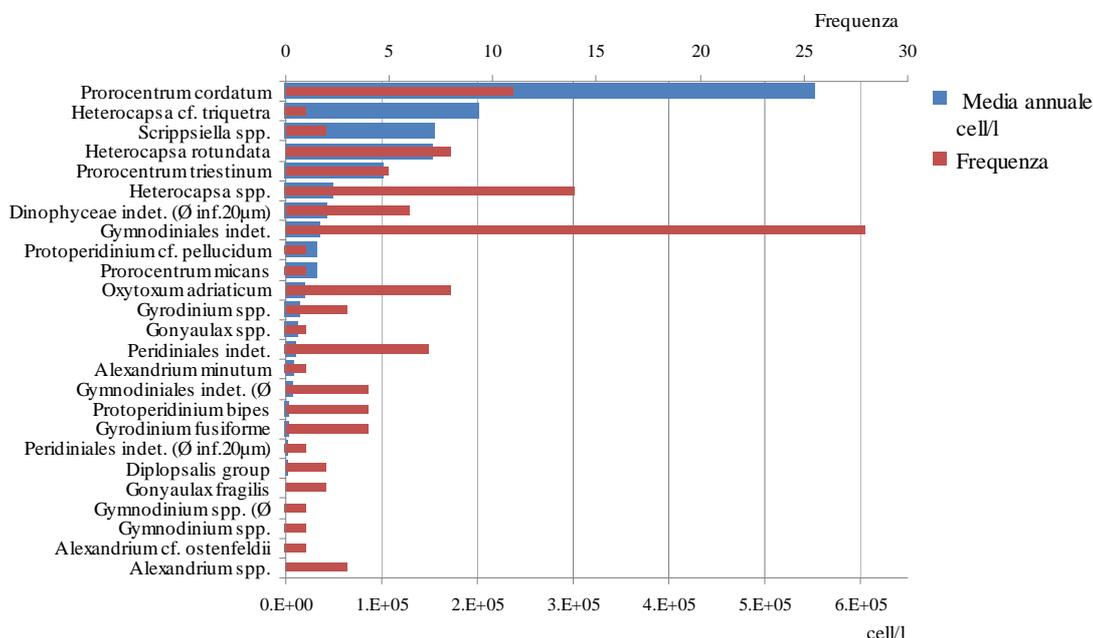


Figura 116 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinoficee)

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, valori leggermente superiori rispetto a quella più meridionale

(CD2). In particolare nella stazione 2 si osserva un picco estivo di 2 ordini di grandezza superiori rispetto alle stazioni 9, 14, 17.

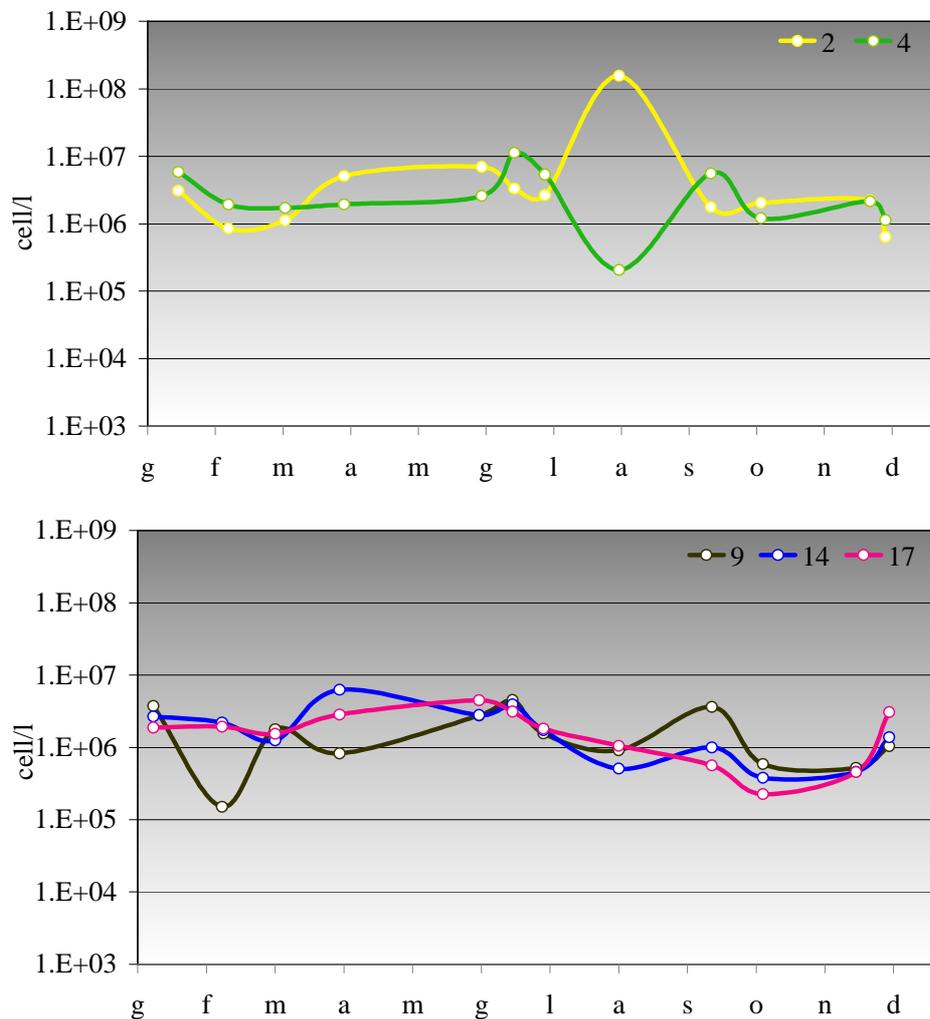


Figura 117 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Anche le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km (Figura 118) evidenziano abbondanze maggiori nelle stazioni del CD1 (2, 4) e valori superiori sotto costa rispetto alle aree più al largo grazie all'influenza degli apporti padani che alimentano la componente fitoplanctonica in mare. Nel CD2 (9,14,17) le abbondanze registrate sottocosta e al largo rimangono invece all'interno dello stesso ordine di grandezza con le stazioni più costiere che presentano abbondanze decisamente più basse.

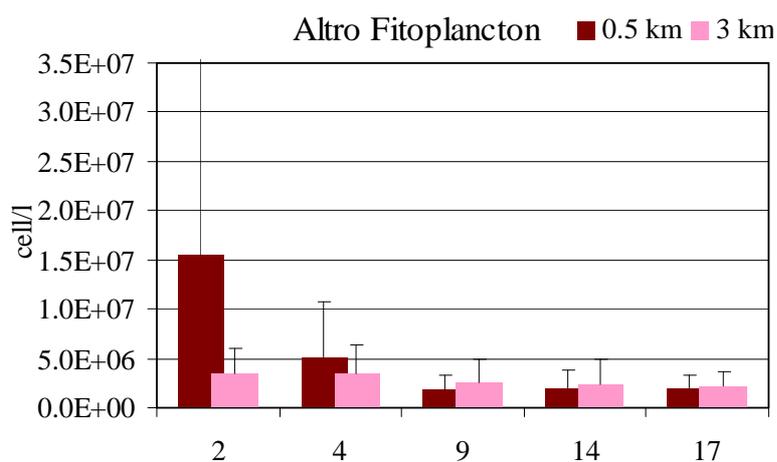


Figura 118 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 119 le medie stagionali e le loro relative deviazioni standard evidenziano abbondanze maggiori nel periodo primaverile. È evidente un picco estivo nel CD1 determinato dall'abbondanza riscontrata in agosto nella stazione 2.

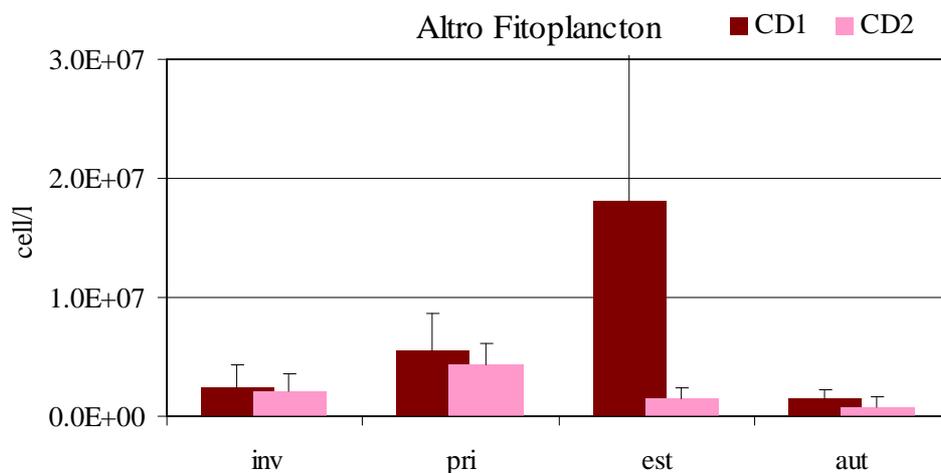


Figura 119 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

In Tab. 1 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti identificati nel 2019 durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni, mentre in si riporta la lista di tutti i taxa identificati.

Tab. 1- Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2019

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyta	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros costatus</i>	Pavillard, 1911
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844 (Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> spp.	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Lauderia annulata</i>	Hassall, 1845
Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i> spp.	W. Smith, 1852
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> <i>complex</i>	Greville, 1865 (Grunow) Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	(Paulsen) Balech & Tangen Halim, 1960
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> cf. <i>ostenfeldii</i>	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Alexandrium minutum</i>	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> spp.	(Schütt) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Dinophyceae</i> indet. (Ø inf.20µm)	Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Diplopsalis</i> group	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gonyaulax fragilis</i>	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gonyaulax</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodiniales</i> indet.	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodiniales</i> indet. (Ø inf.20µm)	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Heterocapsa</i> cf. <i>triquetra</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Heterocapsa rotundata</i>	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Heterocapsa</i> spp.	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet.	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet. (Ø inf.20µm)	J. Schiller, 1918
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Protoperidinium bipes</i>	
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>pellucidum</i>	
Dinophyta	<i>Scrippsiella</i> spp.	

Tabella 5 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2019

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</i> cf. <i>gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
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>Aulacoseira</i> cf. <i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i> spp.	Thwaites, 1848
Bacillariophyta	<i>Bacillaria</i> spp.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyta	<i>Bacillariaceae</i> indet. (\emptyset sup.20 μ m)	Ehrenberg, 1831
Bacillariophyta	<i>Bacillariophyceae</i> cent. Indet.	
Bacillariophyta	<i>Bacillariophyceae</i> cent. Indet. (\emptyset sup.20 μ m)	
Bacillariophyta	<i>Bacillariophyceae</i> penn. Indet. (\emptyset sup.20 μ m)	
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum</i> cf. <i>parallellum</i>	D.Sarno, A.Zingone & D.Marino, 1997
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
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 anastomosans</i>	Grunow, 1882
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros brevis</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vixvisibilis</i>	Schiller, 1930
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 didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lauderi</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
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</i> spp. (\emptyset inf.20 μ m)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp. (\emptyset sup.20 μ m)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tortissimus</i>	H.H.Gran
Bacillariophyta	<i>Cocconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscophyceae</i> indet.	R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus granii</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyta	<i>Cyclotella</i> spp. (\emptyset inf.15 μ m)	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j.C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Diatoma</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1824

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Diploneis spp.</i>	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Bacillariophyta	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyta	<i>Donkinia cf. recta</i>	(Donkin) Carruthers in J.E.Gray, 1864
Bacillariophyta	<i>Donkinia sp.</i>	Ralfs, 1861
Bacillariophyta	<i>Entomoneis alata</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Bacillariophyta	<i>Eucampia spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Eucampia zodiacus</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869
Bacillariophyta	<i>Fragilaria spp.</i>	Lyngbye, 1819
Bacillariophyta	<i>Fragilariaceae indet.</i>	Greville, 1833
Bacillariophyta	<i>Gomphonema spp.</i>	Ehrenberg, 1832
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>	Hassal, 1845
Bacillariophyta	<i>Gyrosigma spp.</i>	Simonsen, 1974
Bacillariophyta	<i>Haslea spp.</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus sinensis</i>	Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus spp.</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus spp.</i>	(Greville) C.Agardh, 1831
Bacillariophyta	<i>Licmophora cf. flabellata</i>	C. Agardh, 1827
Bacillariophyta	<i>Licmophora spp.</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Lioloma pacificum</i>	Hasle, 1997
Bacillariophyta	<i>Lioloma spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Lithodesmium spp.</i>	Thawaites ex W. Smith, 1856
Bacillariophyta	<i>Mediophyceae indet.</i>	Medlin & Kaczmarek, 2004
Bacillariophyta	<i>Melosira granulata</i>	(Ehrenberg) Ralfs, 1861
Bacillariophyta	<i>Melosira spp.</i>	C. Agardh, 1824
Bacillariophyta	<i>Navicula cancellata</i>	Donkin, 1872
Bacillariophyta	<i>Navicula spp.</i>	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Naviculaceae indet.</i>	Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Naviculaceae indet. (Øsup.20µm)</i>	Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Naviculales indet.</i>	Bessey
Bacillariophyta	<i>Nitzschia cf. longissima</i>	(Brébisson) Ralfs, 1861
Bacillariophyta	<i>Nitzschia sigma</i>	W.Smith, 1853
Bacillariophyta	<i>Nitzschia spp.</i>	Hassall, 1845
Bacillariophyta	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma spp.</i>	W. Smith, 1852
Bacillariophyta	<i>Pleurosigmataceae indet.</i>	Mereschowsky, 1903
Bacillariophyta	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano, 1995
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia delicatissima complex</i>	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia seriata complex</i>	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia spp.</i>	Brightwell, 1858

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Skeletonema tropicum</i>	Cleve, 1900
Bacillariophyta	<i>Surirella</i> spp.	Turpin, 1828
Bacillariophyta	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyta	<i>Tabellaria</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Tenuicylindrus belgicus</i>	D.Nanjappa & A.Zingone, 2013
Bacillariophyta	<i>Thalassionema</i> cf. <i>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</i> cf. <i>gravida</i>	Cleve, 1896
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>minima</i>	Gaarder, 1951
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira rotula</i>	Meunier, 1910
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp. (\emptyset inf.20 μ m)	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp. (\emptyset sup.20 μ m)	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Tribonema</i> spp.	Derbès & Solier, 1851
Bacillariophyta	<i>Tryblionella</i> spp.	W.Smith, 1853
Bacillariophyta	<i>Ulnaria ulna</i>	(Nitzsch) P.Compère, 2001
Charophyta	<i>Closterium</i> spp.	Nitzsch ex Ralfs, 1848
Charophyta	<i>Cosmarium</i> spp.	Corde ex Ralfs, 1848
Chlorophyta	<i>Acutodesmus acuminatus</i>	(Lagerheim) P.M.Tsarenko 2000
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus</i> spp.	Corde, 1838
Chlorophyta	<i>Chlorophyceae</i> indet.	Wille in Warming, 1884
Chlorophyta	<i>Closteriopsis</i> spp.	Lemmermann, 1899
Chlorophyta	<i>Coelastrum astroideum</i>	De Notaris 1867
Chlorophyta	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Chlorophyta	<i>Coenocystis</i> spp.	Korshikov, 1953
Chlorophyta	<i>Crucigenia</i> spp.	Morren, 1830
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>Dictyosphaerium</i> spp.	Nägeli, 1849
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>Scenedesmaceae</i> indet.	Oltmanns, 1904
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 marssonii</i>	Skuja, 1948
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Cryptophyta	<i>Cryptophyceae</i> indet.	F.E.Fritsch, 1927
Cryptophyta	<i>Cryptophyceae</i> indet. (\emptyset inf.20 μ m)	F.E.Fritsch, 1927
Cryptophyta	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	(H.Skuja) G.Novarino, I.A.N.Lucas & S.Morrall
Cryptophyta	<i>Plagioselmis</i> spp.	Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall,

Phylum	Specie	Autore
		1994
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa</i> spp.	Nägeli, 1849
Cyanobacteria	<i>Coelosphaerium</i> sp.	Nägeli, 1849
Cyanobacteria	<i>Cyanophyceae filamentose indet. (colonie)</i>	Schaffner, 1909
Cyanobacteria	<i>Cyanophyceae indet.</i>	Schaffner, 1909
Cyanobacteria	<i>Merismopedia</i> spp. (unità cellulari)	Meyen, 1839
Cyanobacteria	<i>Nostocales indet. (unità cellulari)</i>	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria</i> spp. (unità cellulari)	Vaucher ex Gomont, 1892
Cyanobacteria	<i>Oscillatoriales indet.</i>	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Oscillatoriales indet. (colonie)</i>	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Oscillatoriales indet. (unità cellulari)</i>	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Pseudanabaena</i> spp. (unità cellulari)	Lauterborn, 1915
Cyanobacteria	<i>Pseudanabaenaceae indet. (colonie)</i>	K.Anagnostidis & J.Komárek , 1988
Cyanobacteria	<i>Pseudanabaenaceae indet. (unità cellulari)</i>	K.Anagnostidis & J.Komárek , 1988
		L.Hoffmann, J.Komárek & J.Kastovsky 2005
Cyanobacteria	<i>Synechococcales indet.</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(Paulsen) Balech & Tangen
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> cf. <i>ostenfeldii</i>	D.M. Anderson,A.W. White &D.G. Baden, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium insuetum</i>	Baden, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
		(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyta	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Amphidinium carterae</i>	Hulburt, 1957
Dinophyta	<i>Amphidinium crassum</i>	Lohmann, 1908
Dinophyta	<i>Amphidinium</i> spp.	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Amylax</i> spp.	A.Meunier, 1910
Dinophyta	<i>Azadinium</i> spp.	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinophyta	<i>Azadinium-Heterocapsa</i>	
Dinophyta	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>	Ehrenberg, 1873
Dinophyta	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium</i> cf. <i>massiliense</i>	(Gourret) Karsten, 1906
Dinophyta	<i>Ceratium extensum</i>	(Gourret) Cleve-Euler, 1900
		(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Ceratium furca</i>	
Dinophyta	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Ceratium kofoidii</i>	Jørgensen, 1911
Dinophyta	<i>Ceratium macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyta	<i>Ceratium pentagonum</i>	Gourret, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyta	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
		(Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas, 2013
Dinophyta	<i>Ceratoperidinium falcatum</i>	
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 indet. (Øinf.20µm)</i>	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Dinophyceae indet. (Øsup.20µm)</i>	
Dinophyta	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyta	<i>Dinophysis</i> cf. <i>sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Dinophysis spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Dinophyta	<i>Diplopsalis group</i>	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Diplopsalis spp.</i>	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Glenodinium spp.</i>	Ehrenberg, 1836
Dinophyta	<i>Goniodoma polyedricum</i>	(pouchet) J. Jørgensen, 1899
Dinophyta	<i>Gonyaulacaceae indet.</i>	Lindemann, 1928
Dinophyta	<i>Gonyaulacales indet.</i>	F.J.R.Taylor 1980
Dinophyta	<i>Gonyaulax cf. monacantha</i>	Pavillard, 1916
Dinophyta	<i>Gonyaulax digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Schütt) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gonyaulax spp.</i>	Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gonyaulax verior</i>	Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Gymnodiniales indet.</i>	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodiniales indet. (Øinf.20µm)</i>	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodiniales indet. (Øsup.20µm)</i>	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodinium cf. impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup
Dinophyta	<i>Gymnodinium spp.</i>	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium spp. (Øinf.20µm)</i>	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium spp. (Øsup.20µm)</i>	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium cf. flagellare</i>	Schiller, 1928
Dinophyta	<i>Gyrodinium cf. spirale</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium nasutum</i>	(Wulff) Schiller 1933
Dinophyta	<i>Gyrodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium spp. (Øsup.20µm)</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa cf. triquetra</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Heterocapsa niei</i>	(Loeblich III) Morrill & Loeblich III, 1981
Dinophyta	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinophyta	<i>Heterocapsa spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Karenia cf. brevis</i>	(C.C. Davis) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Karenia spp.</i>	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Kareniaceae indet.</i>	Bergholtz, Daughjerg, Moestrup & Fernández, 2005
Dinophyta	<i>Karlodinium spp.</i>	J.Larsen, 2000
Dinophyta	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Kofoidinium spp.</i>	Pavillard, 1929
Dinophyta	<i>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinophyta	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyta	<i>Mesoporos perforatus</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Mesoporos spp.</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Micracanthodinium spp.</i>	Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Nematodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Nematodinium torpedo</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Oblea spp.</i>	Balech ex Loeblich jr. & Loeblich III, 1966
Dinophyta	<i>Ornithocercus magnificus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxyrrhis marina</i>	Dujardin, 1841

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Peridiniaceae</i> indet. (\emptyset inf.20 μ m)	Ehrenberg, 1831
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet.	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet. (\emptyset inf.20 μ m)	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet. (\emptyset sup.20 μ m)	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridiniella</i> spp.	Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 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 rotundatum</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Phalacroma</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Polykrikos kofoidii</i>	Chatton, 1914
Dinophyta	<i>Polykrikos</i> spp.	Bütshli, 1873
Dinophyta	<i>Pronocutiluca</i> spp.	Fabre Domergue, 1889
Dinophyta	<i>Prorocentraceae</i> indet.	F.Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum dactylus</i>	(Stein) Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyta	<i>Prorocentrum vaginulum</i>	(Ehrenberg) Dodge
Dinophyta	<i>Protoceratium reticulatum</i>	(Claparède & Lachmann) Bütshli, 1885
Dinophyta	<i>Proto-peridiniaceae</i> indet.	J.P.Bujak & E.H.Davies 1998
Dinophyta	<i>Proto-peridinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium bispinum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium cf. curvipes</i>	(Ostenfeld) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium cf. leonis</i>	(Pavillard) Balech 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium cf. pyriforme</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium cf. tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium conicoides</i>	(Paulsen) Balech, 1973
Dinophyta	<i>Proto-peridinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium granii</i>	(Dangeard) Balech
Dinophyta	<i>Proto-peridinium minutum</i>	(Kofoid) Loeblich III, 1970
Dinophyta	<i>Proto-peridinium oceanicum</i>	(VanHöffen) balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium ovatum</i>	Pouchet, 1883
Dinophyta	<i>Proto-peridinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Proto-peridinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Proto-peridinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Protoperidinium subinerme</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinophyta	<i>Protoperidinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Pyrophacus spp.</i>	Stein, 1883
		(Ehrenberg) Kretschmann & Gottschling, 2015
Dinophyta	<i>Scrippsiella acuminata</i>	M. Montresor & A. Zingone, 1988
Dinophyta	<i>Scrippsiella cf. precaria</i>	
Dinophyta	<i>Scrippsiella group</i>	
Dinophyta	<i>Scrippsiella spinifera</i>	G.Honsell & M.Cabrini, 1991
Dinophyta	<i>Scrippsiella spp.</i>	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	(Stein) Balech & Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
Euglenozoa	<i>Euglena spp.</i>	Ehrenberg, 1830
Euglenozoa	<i>Euglenophyceae indet.</i>	Schoenichen, 1925
Euglenozoa	<i>Eutreptia spp.</i>	Perty, 1852
Euglenozoa	<i>Eutreptiaceae indet.</i>	Hollande, 1942
Euglenozoa	<i>Eutreptiella spp.</i>	A. da Cunha, 1914
		Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Haptophyta	<i>Chrysochromulina lanceolata</i>	J.C.Green & Leadbeater, 1972
Haptophyta	<i>Chrysochromulina parkeae</i>	
Haptophyta	<i>Chrysochromulina spp.</i>	Lackey, 1939
Haptophyta	<i>Coccolithophyceae indet.</i>	Rothmaler, 1951
Haptophyta	<i>Prymnesiales indet.</i>	Papenfuss 1955
Heterokontophyta	<i>Chromulinales indet.</i>	Pascher 1910
Heterokontophyta	<i>Dinobryon spp.</i>	Ehrenberg, 1834
Heterokontophyta	<i>Raphidophyceae indet.</i>	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Heterokontophyta	<i>Uroglena spp.</i>	Ehrenberg, 1834
Incertae sedis	<i>Ebria spp.</i>	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 indet. (Øinf.20µm)</i>	
Katablepharidophyta	<i>Leucocryptos marina</i>	(Braarud) Butcher, 1967
Ochrophyta	<i>Apedinella radians</i>	(Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Ochrophyta	<i>Dictyocha spp.</i>	Ehrenberg, 1837
Ochrophyta	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Ochrophyta	<i>Dictyochophyceae indet.</i>	P.C.Silva, 1980
Ochrophyta	<i>Meringosphaera spp.</i>	Lohmann, 1903
Ochrophyta	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Ochrophyta	<i>Pseudopedinella spp.</i>	N. Carter, 1937
Ochrophyta	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012
Incertae sedis	<i>Ebria spp.</i>	Borgert, 1861
Incertae sedis	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Incertae sedis	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Katablepharidophyta	<i>Leucocryptos marina</i>	(Braarud) Butcher, 1967
Ochrophyta	<i>Dictyocha crux</i>	Ehrenberg 1840
Ochrophyta	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha spp.</i>	Ehrenberg, 1837
Ochrophyta	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Ochrophyta	<i>Dictyochophyceae indet.</i>	P.C.Silva, 1980
Ochrophyta	<i>Meringosphaera spp.</i>	Lohmann, 1903
Ochrophyta	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Ochrophyta	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012

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

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

Per le acque costiere di tipo I, in cui ricade la fascia costiera dell’Emilia Romagna facendo riferimento agli apporti di acqua dolce di origine fluviale e ad alla stabilità della colonna d’acqua, i valori dei limiti tra le classi di stato, per ciascuna delle metriche impiegate e per le diverse tipologie considerate, sono definiti nel citato documento di ISPRA (Tabella 6).

Tabella 6 - 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 (G_mean annuale*)
CONDIZIONI DI RIFERIMENTO	1.8	1.4

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

Di seguito si riportano gli esiti della applicazione dei nuovi criteri. La Tabella 7 riporta le medie geometriche/anno di clorofilla “a” per ciascuna stazione e lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per il 2019. I dati annuali di clorofilla a relativi ai due corpi idrici della costa emiliano romagnola, sono stati elaborati ai fini della classificazione, adottando la trasformazione Log-normale indicata per approssimare alla distribuzione normale le distribuzioni dei dati grezzi dopo uno screening preliminare raccomandato dall’OECD.

La situazione rilevata evidenzia come l’EQB Fitoplancton sia un elemento significativo a rimarcare la condizione eutrofica di tale area e presenti ampie fluttuazioni in risposta alle pressioni a cui il sistema è sottoposto ed alle condizioni meteorologiche che si verificano.

In Tabella 7 risulta evidente un trend decrescente nord-sud con valori di clorofilla “a”, che, per il 2019, complessivamente attribuiscono al corpo idrico CD1 (Goro-Ravenna) il giudizio “Sufficiente” ed al CD2 (Ravenna-Cattolica) il giudizio “Buono”.

Tabella 7 – 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 (Dec. 2018/229/UE) con i nuovi criteri di classificazione indicati da ISPRA

Corpo idrico	Stazione	2019	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.67	5.9 Sufficiente
	302	6.45	
	4	6.64	
	304	5.92	
	6	5.67	
	306	5.34	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	4.99	3.8 Buono
	309	4.63	
	13	4.91	
	14	4.17	
	314	4.17	
	17	3.48	
	317	3.09	
	19	3.04	
	319	2.77	

3.2.1.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 del popolamento 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: 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 Molluschi e degli Anellidi (Policheti) a cui seguono gli Artropodi (Crostei), gli Cnidari e gli Echinodermi.

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).

Tabella 8 - 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
Arthropoda	6	6	19	14	5	7	9	13
Cnidaria	1		2	2			2	2
Echinoderma			1	3		1	3	3
Mollusca	10	9	19	19	13	17	26	17
Nemertea								1
Phoronida	1	1	1	1	1			
Annelida	21	14	29	33	34	32	27	26
Totale	39	30	71	72	53	57	67	62

Tabella 9 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno					
				4	9	14	19	4	9	14	19		
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)			X							
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X				X	X	
		<i>Ampelisca typica</i>	(Spence Bate, 1856)									X	
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)			X	X						
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002									X	
		<i>Apseudopsis acutifrons</i>	(Sara, 1882)			X	X						
		<i>Apseudopsis latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)				X						
		<i>Apseudopsis mediterraneus</i>	(Bacescu, 1961)			X							
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)									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	
		<i>Phtisica marina</i>	Slabber, 1769		X								
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)								X		
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)		X	X							
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867			X					X		
	ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)			X							
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965				X					X	
		<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X					X	
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)				X				X	X	
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976									X	
OEDICEROTIDAE	<i>Periocolodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	X		X					X	X		
	<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)									X		
PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)			X	X							
PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)								X			
PROCESSIDAE	<i>Processa nouvelii nouvelii</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975	X										
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X	X	X							
Cnidaria	ACTINARIA	<i>Anthozoa indet.</i>						X		X	X		
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)			X	X						
Echinoderma	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)				X			X	X		
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythione elongata</i>	Duben-Koren, 1844								X		
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura albida</i>	Forbes, 1839				X						
Mollusca	ARCIDAE	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X					X	X	X		
	CARDIIDAE	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	(Linné, 1758)							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						

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno				
				4	9	14	19	4	9	14	19	
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)			X		X		X		
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X				X	X	
	MACTRIDAE	<i>Macra stultorum</i>	(Linné, 1758)					X		X		
		<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				X	
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)						X	X		
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X		X		X		X		
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X	X	X			X	X	
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)			X						
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		X				X		X	
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)			X	X				X	
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)				X					
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)		X		X					
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)				X					
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X	X			X		
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)	X	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	X	X	
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	X			X					
		<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)				X					
		<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)			X			X	X		
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889					X	X	X	X	
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869			X	X		X	X	X	
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)			X	X					
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)						X	X	X	
		<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968					X		X		
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964					X				
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994								X	
		<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)								X	
		<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)		X							
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)									X
		<i>Diplocirrus hirsutus</i>	Hansen, 1878									X
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		X	X			X	X	X	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera fallax</i>	Quatrefages, 1850									X
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818						X			
	LUMBRINERIDAE	<i>Gallardoneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012									X
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834			X	X					
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990									X
	MAGELONIDAE	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959					X		X	X	
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X						
	MALDANIDAE	<i>Clymenura clypeata</i>	(Saint-Joseph, 1894)								X	X
		<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863					X				
		<i>Euclymene sp.</i>	Verrill, 1900	X								
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865	X								
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	X	X	X	X				X	X
<i>Nephtys cirrosa</i>		Ehlers, 1868					X		X	X		
<i>Nephtys hombergi</i>		Savigny, 1818	X	X	X	X	X	X	X	X		
ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		X	X		X	X	X	X		
	<i>Onuphis sp.</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833							X	X		
OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	X	X	X	X		

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				4	9	14	19	4	9	14	19
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879								X
		<i>Aricidea sp.</i>	Webster, 1879	X			X				
		<i>Levinsenia gracilis</i>	(Tauber, 1879)					X			
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)		X						X
	PHYLLODOCIDAE	<i>Mysta picta</i>	(Quatrefages, 1865)		X	X					X
		<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866								X
		<i>Phyllodoce maculata</i>	(Linnaeus, 1767)							X	
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)							X	X
		<i>Sigambra tentaculata</i>	(Treadwell, 1941)			X					
	SABELLIDAE	<i>Dialychnone acustica</i>	Claparède, 1868								X
		<i>Dialychnone arenicola</i>	(Langerhans, 1880)								X
		<i>Dialychnone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007				X				X
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832	X		X		X		X	
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)								X
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	X		X	X
		<i>Prionospio cirrifer</i>	Wiren, 1883					X		X	X
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870						X	X	X
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926				X				
		<i>Pseudopolydora antennata</i>	(Claparède, 1869)								X
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>		(Okuda, 1937)							X		
<i>Spio decoratus</i>		Bobretzky, 1870					X		X		
<i>Spio filicornis</i>		(Müller, 1776)					X			X	
<i>Streblospio shrubsolii</i>		Webster, 1879					X				

Tabella 10 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				304	309	314	319	304	309	314	319
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Ampelisca spp.</i>	Kroyer, 1842				X				
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)				X				
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)							X	
		<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	X	X	X	X	X	X	X	X
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X	X	X	X	X
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)				X				
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)								X
	ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)				X				
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965	X	X	X	X			X	
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			X				X	X
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976							X	X
	OEDICEROTIDAE	<i>Periculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)		X	X				X	
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)				X				X
	PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)	X	X						
	PHOXOCEPHALIDAE	<i>Harpinia crenulata</i>	(Boeck, 1871)				X				X
PROCESSIDAE	<i>Processa nouveli nouvelii</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975						X			
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)			X				X		
Cnidaria	ACTINARIA	<i>Anthozoa indet.</i>							X	X	
	EDWARDSIIDAE	<i>Edwardsia claparedii</i>	Panceri, 1869				X				
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)			X					
Echinoderma	AMPHIURIDAE	<i>Amphiuira chiajei</i>	Forbes, 1843			X				X	

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno				
				304	309	314	319	304	309	314	319	
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)				X			X	X	
	ASTROPECTINIDAE	<i>Astropecten irregularis</i>	(Delle Chiaje, 1825)			X						
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844								X	
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura albida</i>	Forbes, 1839		X							
	SCHIZASTERIDAE	<i>Schizaster canaliferus</i>	(Lamarck, 1816)			X						
Mollusca	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)	X								
	ARCIDAE	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X		X		X	X	X	X	
	CONIDAE	<i>Mangelia costulata</i>	Risso, 1826			X						
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X		X	X	X	X	X	X
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)						X	X		
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		X							X
	DONACIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)								X	
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X			X	X		
		<i>Myrtea spinifera</i>	(Montagu 1803)			X						
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)								X	
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)		X	X					X	
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)		X	X		X	X	X	X	X
		<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)			X		X		X	X	X
	MURICIDAE	<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	X				X	X
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X							X	X
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)	X	X	X						
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)									X
	NUCULANIDAE	<i>Saccella commutata</i>	(Philippi, 1844)					X				
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X		X	X	X	X	X	X	X
		<i>Nucula sulcata</i>	(Bronn, 1831)					X				
	PERIPLOMATIDAE	<i>Cochlodesma praetenuae</i>	(Pulteney, 1799)								X	
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)		X	X						
	PHILINIDAE	<i>Philina aperta</i>	(Linné, 1767)						X			
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)			X	X				X	X
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)			X	X					
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)		X							X
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X	X				X	
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)			X						
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X		X	X	X	X	X
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)			X					X	X
<i>Politapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)								X	X	
Nemertini	(vuoto)	<i>Nemertini indet.</i>									X	
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889					X				
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hesse, 1917					X				
		<i>Ampharete sp.</i>					X					
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X		X	X	X		X	
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)		X				X	X		X
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)						X	X		X
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964						X			X
	CIRRATULIDAE	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)					X				
		<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)			X						
	EUNICIDAE	<i>Marphysa bellii</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)		X							
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)									X
<i>Diplocirrus hirsutus</i>		Hansen, 1878					X		X			

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno					
				304	309	314	319	304	309	314	319		
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)						X	X			
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)	X									
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818					X	X				
	HESIONIDAE	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)					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 latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834		X	X	X						
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990										X
	MAGELONIDAE	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959					X			X	X	
		<i>Magelona johnstoni</i>	Feige, Licher & Mackie, 2000		X	X	X						
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863						X			X	
		<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)			X							
		<i>Euclymene sp.</i>	Verrill, 1900		X	X							
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-Lund, 1949)			X							
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)		X	X	X	X	X	X	X	X	
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868					X			X		
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818		X	X	X	X	X	X	X	X	
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		<i>Onuphis sp.</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833								X		
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X		X	X	X			
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967					X	X			X	
		<i>Aricidea (Aricidea) pseudoarticulata</i>	Hobson, 1972								X		
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879					X					
		<i>Aricidea sp.</i>	Webster, 1879			X	X						
		<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011					X	X			X	
		<i>Levinsenia kosswigi</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011									X	
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)					X				X	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Mysta picta</i>	(Quatrefages, 1865)		X	X	X		X			X	
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)					X	X	X		X	
		<i>Sigambra tentaculata</i>	(Treadwell, 1941)		X	X		X					
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904					X					
	SABELLIDAE	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007								X	X	
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)								X		
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962		X	X	X	X		X	X	X	
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883					X	X				
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870					X	X	X		X	
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926		X								
		<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990								X		
		<i>Pseudopolydora antennata</i>	(Claparède, 1869)					X					
		<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	(Okuda, 1937)						X	X			
		<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870					X	X	X			
		<i>Spio filicornis</i>	(Müller, 1776)					X					
		<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)		X						X		
		<i>Streblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879					X	X				
		COSSURIDAE	<i>Cossura soyeri</i>	Laubier, 1964									X

Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 8 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC, Tabella 9) le stazioni 14 e 19 presentano il maggior numero di specie (71) seguite dalla stazione 4 con 39 specie e dalla stazione 9 con 30. Nella biocenosi delle VTC (Tabella 8 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC, Tabella 10) la stazione 314 mostra il maggior numero di specie (67) mentre la più povera, con 53 specie, risulta essere la stazione 304.

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

La biocenosi a SFBC è caratterizzata dai seguenti taxon. In particolare nel Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati: *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea fragilis*, *Aricidea sp.*, *Capitella capitata*, *Chaetozone gibber*, *Clymenura clypeata*, *Dialychone acustica*, *Dialychone arenicola*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Diplocirrus glaucus*, *Diplocirrus hirsutus*, *Euclymene oerstedii*, *Euclymene sp.*, *Gallardonneris iberica*, *Glycera fallax*, *Glycera unicornis*, *Heteromastus filiformis*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Levinsenia gracilis*, *Lumbrineris latreilli*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Maldane sarsi*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Mysta picta*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Onuphis sp.*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Peresiella clymenoides*, *Pherusa monilifera*, *Phyllodoce longipes*, *Phyllodoce maculata*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio multibranchiata*, *Pseudoleiocardia fauveli*, *Pseudopolydora antennata*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra parva*, *Sigambra tentaculata*, *Spio decoratus*, *Spio filicornis*, *Streblospio shrubsolii*.

Il polichete *Dialychone dunerificta* è risultato essere la specie con un picco di abbondanza nella stazione st. 19 nella stagione autunnale raggiungendo una densità massima di 2324 ind/m².

Lo spionide *Prionospio caspersi* invece è risultato essere frequente nelle stazioni a biocenosi a SFBC con un'abbondanza massima di 1006 ind/m² ritrovata in autunno nella st. 19. Altri policheti rinvenuti con frequenza sono: *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Magelona johnstoni*, *Micronephthys stammeri*, *Owenia fusiformis* e *Prionospio malmgreni*.

Nelle SFBC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxon: *Ampelisca brevicornis*, *Ampelisca diadema*, *Ampelisca typica*, *Apeudes bacescui*, *Apeudopsis acutifrons*, *Apeudopsis latreillii*, *Apeudopsis mediterraneus*, *Bodotria scorpioides*, *Brachynotus gemmellari*, *Diogenes pugilator*, *Erichthonius brasiliensis*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe daphne*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus depurator*, *Megaluropus massiliensis*, *Microtopopus maculatus*, *Orchomenella nana*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus*, *Photis longicaudata*, *Phtisica marina*, *Pontocrates arenarius*, *Processa noveli noveli*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*.

Apeudes bacescui è risultato essere la specie localmente più abbondante raggiungendo 5941 ind/m² nel campionamento autunnale nella st. 14.

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARI** nelle biocenosi a SFBC è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvenivano epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi). Nel Phylum degli **ECHINODERMATA** sono state ritrovati 3 taxon *Amphiura filiformis*, *Trachythyone elongata*, *Ophiura albida*.

I **MOLLUSCHI** ritrovati nelle SFBC sono: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Acanthocardia tuberculata*, *Anadara transversa*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Kurtiella bidentata*, *Lentidium mediterraneum*, *Lucinella divaricata*, *Mactra stultorum*, *Musculista senhousia*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nucula nitidosa*, *Phaxas adriaticus*, *Pitar rudis*, *Politapes rhomboides*, *Spisula subtruncata*, *Tellinomya ferruginosa*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Thracia papiracea*. 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 5580 ind /m² nella st. 14. Sono particolarmente abbondanti anche le specie *Corbula gibba* e *Lentidium mediterraneum* che raggiungono rispettivamente le abbondanze di 1702 ind /m² e 997 nelle st. 14 e 4. 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 **ANELLIDA** sono stati ritrovati: *Ampharete acutifrons*, *Ampharete sp.*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea (Aricidea) pseudoarticulata*, *Aricidea fragilis*, *Aricidea sp.*, *Capitella capitata*, *Cossura soyeri*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Diplocirrus glaucus*, *Diplocirrus hirsutus*, *Euclymene oerstedii*, *Euclymene palermitana*, *Euclymene sp.*, *Gallardonneris iberica*, *Glycera alba*, *Glycera unicornis*, *Heteromastus filiformis*, *Hilbigneris gracilis*, *Kefersteinia cirrata*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Levinsenia demiri*, *Levinsenia kosswigi*, *Lumbrineris latreilli*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Marphysa bellii*, *Melinna palmata*, *Micronephthys sphaerocirrata*, *Micronephthys stammeri*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Mysta picta*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Onuphis sp.*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa monilifera*, *Poecilochaetus serpens*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio multibranchiata*, *Prionospio pulchra*, *Pseudoleiocypris fauveli*, *Pseudopolydora antenata*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Sigambra parva*, *Sigambra tentaculata*, *Spio decoratus*, *Spio filicornis*, *Spiophanes bombyx*, *Streblospio shrubsolii*.

Il polichete *Prionospio caspersi* è risultato essere la specie con maggiore abbondanza di 1541 ind/m² nella stagione autunnale della stazione st. 314. Altri policheti rinvenuti con frequenza sono: *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Owenia fusiformis*, *Prionospio multibranchiata*, *Levinsenia demiri*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Micronephthys stammeri*, *Prionospio cirrifera*, *Spio decoratus*, *Spiophanes bombyx*.

Nelle VTC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxon: *Ampelisca diadema*, *Ampelisca spp.*, *Bodotria scorpioides*, *Brachynotus gemmellari*, *Diogenes pugilator*, *Erichthonius brasiliensis*, *Harpinia crenulata*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe daphne*, *Leucothoe incisa*, *Megaluropus massiliensis*, *Orchomenella nana*, *Pariambus typicus*, *Periculodes longimanus*, *Photis longicaudata*, *Pontocrates arenarius*, *Processa noveli noveli*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*.

Pariambus typicus è risultata essere la specie più rappresentata con abbondanze fino a 1244 ind/m² nel campionamento autunnale della stazione 309.

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARI** nelle biocenosi a VTC è limitato mentre il Phylum degli **ECHINODERMA** è rappresentato da *Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis*, *Astropecten irregularis*, *Ophiura albida*, *Schizaster canaliferus*, *Trachythone elongata*.

I **MOLLUSCHI** ritrovati nella biocenosi a VTC sono: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Acteon tornatilis*, *Anadara transversa*, *Chamelea gallina*, *Cochlodesma praetenuae*, *Corbula gibba*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Euspira macilenta*, *Hexaplex trunculus*, *Kurtiella bidentata*, *Lentidium mediterraneum*, *Lucinella divaricata*, *Mactra stultorum*, *Mangelia costulata*, *Musculista senhousia*, *Myrtea spinifera*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius pygmaeus*, *Nucula nitidosa*, *Nucula sulcata*, *Phaxas adriaticus*, *Philine aperta*, *Politapes rhomboides*, *Saccella commutata*, *Spisula subtruncata*, *Tellinomya ferruginosa*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Thracia papyracea*.

Il Mollusco più abbondante è stato il bivalve *Chamelea gallina* con abbondanze fino a 2562 ind /m² nella st. 314. Inoltre sono particolarmente abbondanti le specie *Corbula gibba* con 1949 ind /m² nella stazione 319 e *Anadara transversa* con abbondanze fino a 277 ind /m² nella stazione 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 11 – 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 11 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 4 disponibile in rete (www.azti.es).

Nel calcolo dell'AMBI, il presupposto di base è che una comunità macrobentonica in risposta ad un evento di disturbo passa attraverso quattro stati: da uno iniziale, non inquinato, in cui l'abbondanza, la ricchezza e la diversità sono elevate, ad uno sempre più perturbato, in cui si ha una bassa diversità ed il prevalere di specie indicatrici di acque inquinate, fino ad arrivare a condizioni di substrato azoico.

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

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

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

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

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

In Tabella 12 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2019 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

Ad oggi sono state pubblicate nel D.M. 260/10 le condizioni di riferimento relative all'indice M-AMBI solo per i corpi idrici marini appartenenti al macrotipo 3 (bassa stabilità).

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 12 – Valori di Shannon (H), ricchezza specifica (S) e AMBI, per le stazioni considerate

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	PRI	3.02	23	0.437
9	PRI	3.05	21	1.995
14	PRI	3.64	41	1.533
19	PRI	3.36	41	2.286
4	AUT	2.95	24	1.986
9	AUT	1.21	17	3.894
14	AUT	3.09	55	1.835
19	AUT	3.45	52	2.284
304	PRI	2.99	24	2.076
309	PRI	3.31	34	2.254
314	PRI	3.19	41	2.01
319	PRI	2.5	28	2.168
304	AUT	3.83	43	2.072
309	AUT	4.08	38	2.689
314	AUT	2.82	51	1.816
319	AUT	3.24	52	3.161

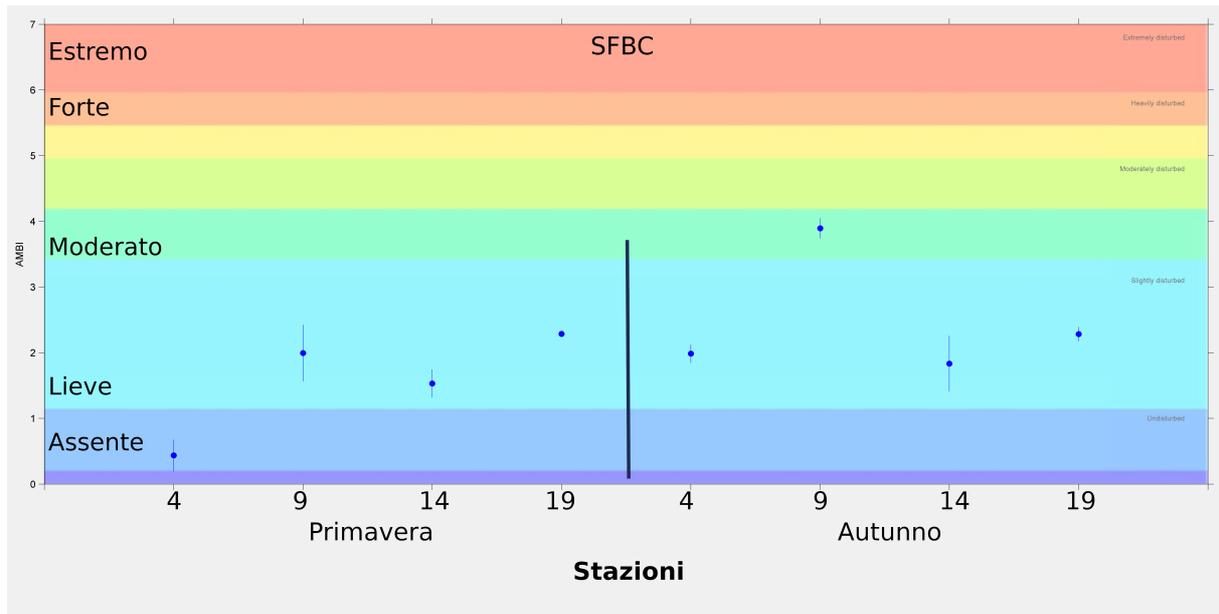


Figura 120 – Valori stagionali dell’indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (P= Primavera, A= Autunno)

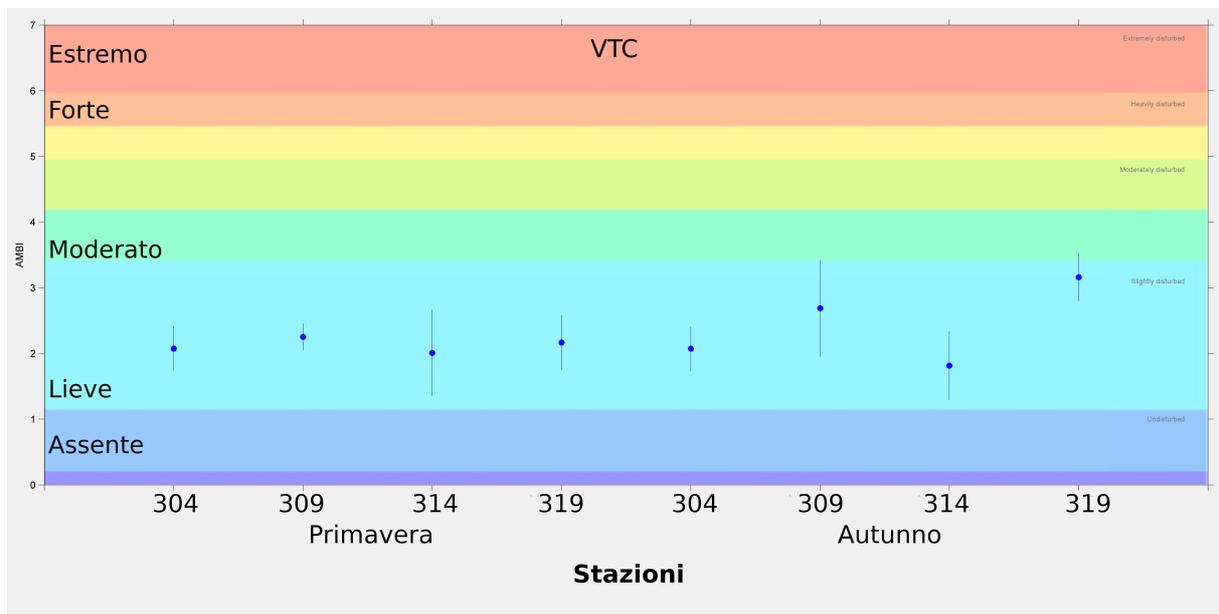


Figura 121 – Valori dell’indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l'analisi multivariata (*Non-metric Multi-Dimensional Scaling* nMDS) (Figura 122) non evidenzia una netta separazione tra le due stagioni piuttosto una vicinanza tra le stesse stazioni campionate nei due periodi.

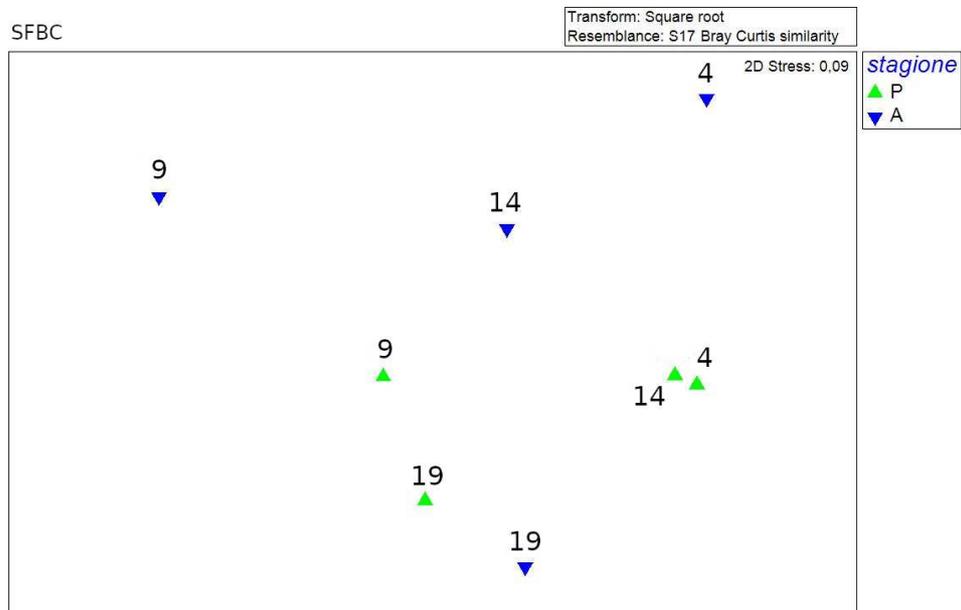


Figura 122 – nMDS Biocenosi delle SFBC

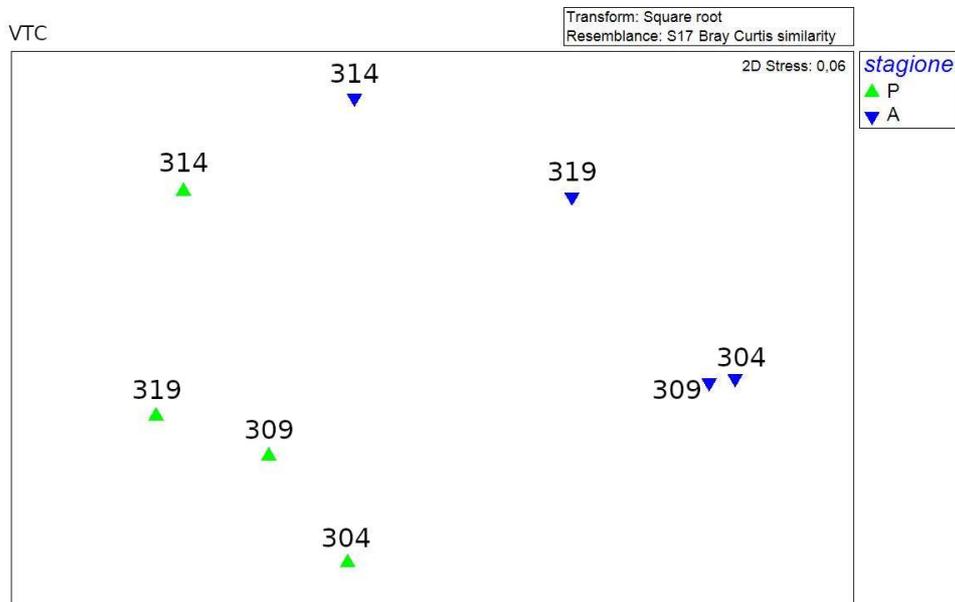


Figura 123 – nMDS Biocenosi delle VTC

Per le biocenosi delle VTC, nell'analisi multivariata (Figura 123) le stazioni mostrano una separazione per stagione abbastanza evidente.

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).

La conseguente valutazione dei valori M-AMBI come da tab. 4.3.1/b del DM 260/10 come descritta di seguito:

- lo stato di qualità di ogni stazione, valori stagionali di M-AMBI (Tabella 13);
- lo stato di qualità per stazione dato dalla media dei 2 campionamenti (Tabella 14);
- lo stato di qualità del corpo idrico, relativo all'anno 2018, è attribuito dalla media dei valori di M-AMBI di ogni stazione appartenente al corpo idrico (Tabella 15);

Quindi per la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per l'EQB Macroinvertebrati bentonici relativa al 2019 si esprime con un giudizio "Buono" per entrambi i corpi idrici.

Tabella 13 – Valori stagionali di M-AMBI e stato di qualità nel 2019

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Stagione	2019	
				M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	PRI	0.72	Buono
CD1		4	AUT	0.62	Buono
CD2		9	PRI	0.61	Buono
CD2		9	AUT	0.32	Sufficiente
CD2		14	PRI	0.79	Buono
CD2		14	AUT	0.80	Buono
CD2		19	PRI	0.72	Buono
CD2		19	AUT	0.79	Buono
CD1	VTC	304	PRI	0.62	Buono
CD1		304	AUT	0.79	Buono
CD2		309	PRI	0.68	Buono
CD2		309	AUT	0.74	Buono
CD2		314	PRI	0.73	Buono
CD2		314	AUT	0.77	Buono
CD2		319	PRI	0.60	Sufficiente
CD2		319	AUT	0.72	Buono

Tabella 14 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2019

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	2019	
			M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	0.67	Buono
CD2		9	0.47	Sufficiente
CD2		14	0.80	Buono
CD2		19	0.76	Buono
CD1	VTC	304	0.70	Buono
CD2		309	0.71	Buono
CD2		314	0.75	Buono
CD2		319	0.66	Buono

Tabella 15 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2019

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2019	
				M-AMBI	Stato
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.68	Buono
	VTC	304			
CD2 Ravenna-Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.69	Buono
	VTC	309			
	SFBC	14	Cesenatico		
	VTC	314			
	SFBC	19	Cattolica		
	VTC	319			

3.2.2 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 ai fini interpretativi dei risultati di altri elementi di qualità.

3.2.2.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 108). 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).

Eventuali scostamenti dalla frequenza programmata, che hanno causato la mancata esecuzione di una campagna di campionamenti, sono generalmente dovuti a condizioni meteo-climatiche sfavorevoli o ad attività di manutenzione straordinaria della motonave DaphneII. Tali scostamenti sono indicati nei grafici che seguono tramite interruzioni delle linee che descrivono l’evoluzione temporale dei parametri chimico-fisici 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 16. Sono in grassetto i parametri che concorrono alla valutazione dello Stato Ecologico da assegnare al corpo idrico. Gli altri elementi, che non rientrano nel sistema di classificazione dello Stato Ecologico, sono utilizzati ai fini interpretativi dei risultati degli altri elementi.

Tabella 16 – 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 2 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 17 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 2019. Lo stato di qualità per il TRIX è risultato "Sufficiente" per il CD1 e "Buono" per il CD2.

Tabella 17 – Stato di qualità per il TRIX: medie annuali per stazione e corpo idrico

Corpo idrico	Stazione	2019	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.90	5.55 Sufficiente
	302	5.86	
	4	5.59	
	304	5.38	
	6	5.34	
	306	5.22	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	5.24	4.94 Buono
	309	4.97	
	13	5.22	
	14	5.23	
	314	4.98	
	17	4.96	
	317	4.65	
	19	4.81	
319	4.45		

3.2.2.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 nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 306 (Casalborsetti) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa; invece, nelle stazioni 304 (Porto Garibaldi), 308 (Marina di Ravenna), 314 (Cesenatico), 317 (Rimini) e 319 (Cattolica) tende a prevalere la componente sabbiosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti.

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 argillosa a prevalere.

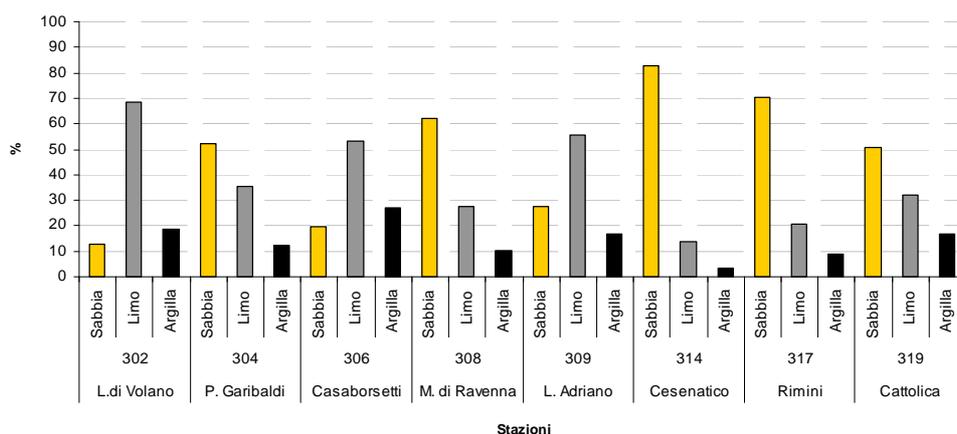


Figura 124 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

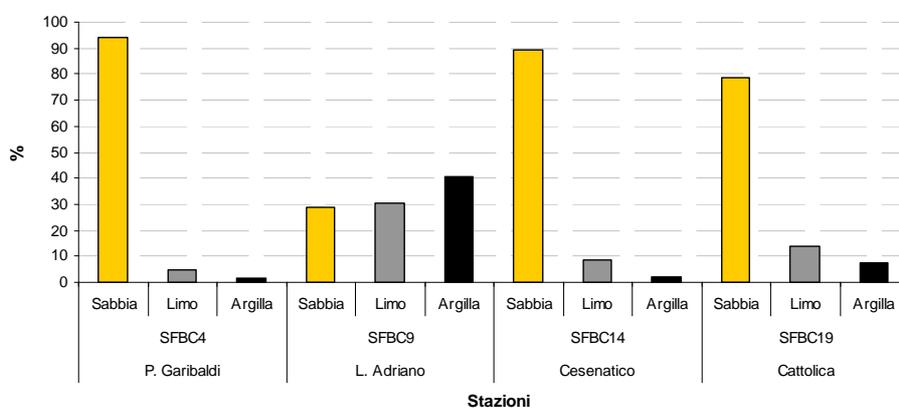


Figura 125 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

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 125). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale relative al 2019 nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra 0.18 e 0.73%.

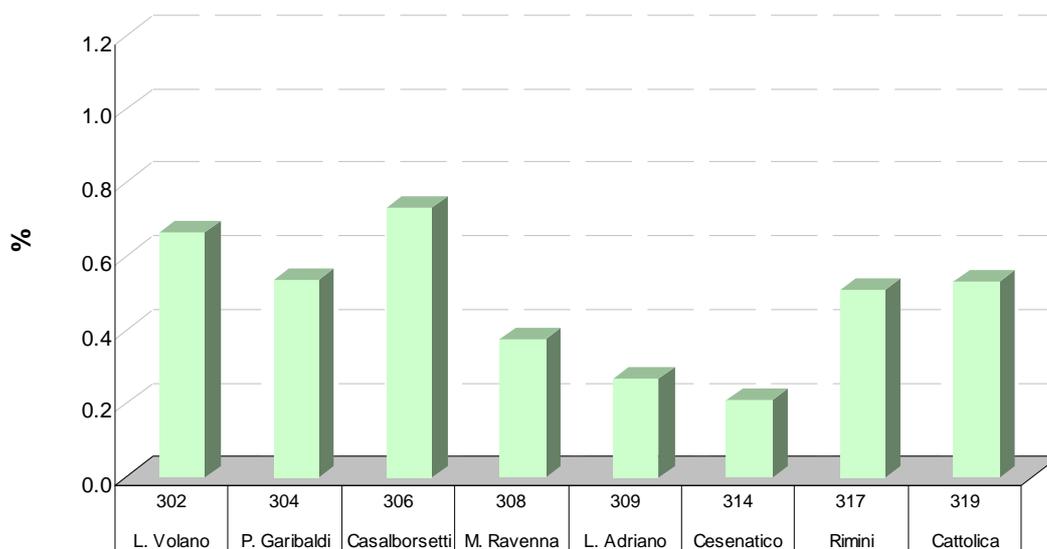


Figura 126 – Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa – 2019

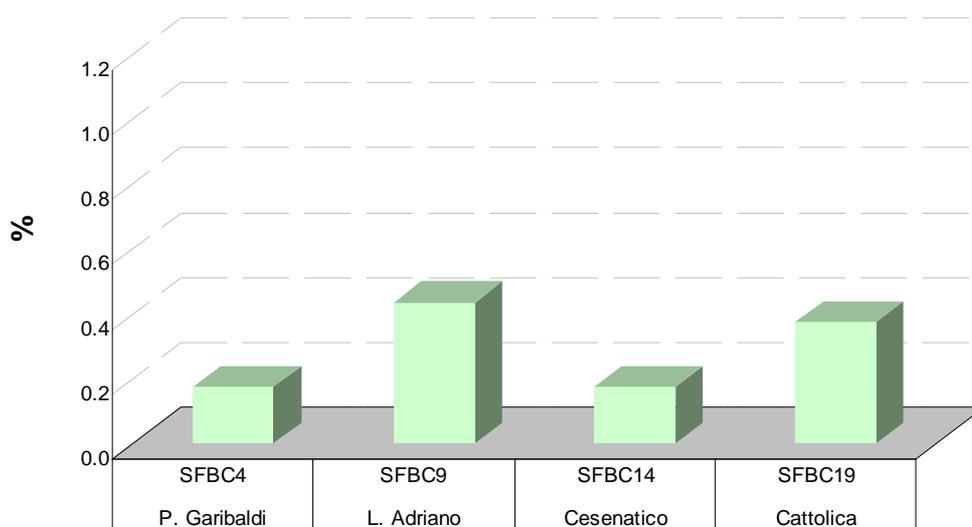


Figura 127 – Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa - 2019

3.2.3 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 2019 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 sono inferiori ai relativi SQA-MA e spesso anche al limite di quantificazione. Ne deriva che nel 2019 lo stato di qualità per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB ricercati nell'acqua (tab. 1/B DLgs 172/15) è "Buono" per entrambi i corpi idrici marino costieri della Regione Emilia-Romagna.

3.2.4 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.

3.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2019 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 e sono risultati conformi rispetto ai relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA). Nel 2019 lo stato di qualità per gli inquinanti specifici prioritari ricercati nell'acqua di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15 è risultato "Buono" per CD2 (Ravenna-Cattolica) e "Non buono" per CD1 (Goro-Ravenna), dove sono stati superati SQA-MA e SQA-CMA per il parametro piombo e composti.

3.2.4.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. Se non altrimenti indicato, lo SQA riportato in tabella per il biota è riferito ai pesci. 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 questa attività è stata avviata in via sperimentale e per ottemperare alla normativa sono stati effettuati dei campionamenti di fauna ittica, uno in ogni corpo idrico delle acque marino costiere regionali, con frequenza annuale. I campionamenti sono iniziati nel 2018 selezionando la specie *Gobius paganellus* (paganello), proseguendo poi nel 2019 con la specie *Mullus barbatus* (triglia di fango). Entrambe le specie sono comuni lungo la costa emiliano romagnola.

In relazione al taxon/specie selezionati per l'analisi, si evidenzia inoltre che l'applicazione del DLgs 172/15 comporta un adeguamento degli SQA di tabella 1/A in base alla tipologia di organismo e al suo livello trofico (LT) così come riportato nelle "Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs. 172/2015). Manuali e Linee guida 143/2016.". Si specifica inoltre che le determinazioni analitiche sono effettuate su pesce intero.

Nel 2018 sono state ricercate nella matrice biota le seguenti sostanze della tab. 1/A: difenileteri bromurati, esaclorobutadiene, mercurio e composti e diossine e composti diossina simili. A partire dal 2019 sono state incluse anche: DDT totale, esaclorobenzene, dicofol, acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS).

Dall'analisi dei dati riportati in Allegato IV emerge che vi sono superamenti dell'SQA per la somma dei PBDE in tutti i campioni di pesce analizzati, quindi per tutti i corpi idrici campionati negli anni 2018 e 2019. Valori superiori allo SQA si evidenziano anche per: diossine e composti diossina-simili in CD1 nel 2019; mercurio e composti in CD1 e CD2 nel 2019.

Tutti i corpi idrici marino costieri della Regione Emilia-Romagna, alla fine del periodo considerato, sono quindi in stato "Non buono".

3.2.4.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 i sedimenti la normativa ammette, ai fini della classificazione del buono stato chimico, uno scostamento pari al 20% del valore del relativo SQA-MA.

Per quanto riguarda i pesticidi, nel 2019, non sono stati riscontrati valori medi/anno non conformi a livello di corpo idrico. Per i pesticidi si riscontrano, infatti, generalmente valori di concentrazione bassi, spesso inferiori al limite di quantificazione, anche se abbiamo un valore critico relativo a tributilstagno di 5,5 µg/kg s.s., compreso tra lo SQA-MA e SQA-MA+20%, nella stazione 304 di Porto Garibaldi (Allegato V).

I valori medi/anno per i metalli, policiclici aromatici e pesticidi di cui alla tab. 2/A del DLgs 172/15 per corpo idrico (CD1 e CD2), nel 2019, sono conformi a livello di corpo idrico.

Si conclude che, per gli inquinanti ricercati nel sedimento (tab. 2/A del D.Lgs. 172/15), lo stato chimico per entrambi i corpi idrici CD1 e CD2 è “Buono”.

Nelle figure che seguono si riportano le medie annuali delle concentrazioni di alcuni inquinanti ricercati nel sedimento quali IPA (Figura 128), i pesticidi Σ DDT, Σ DDD, Σ DDE (Figura 129), TBT e piombo (Figura 128), arsenico, cromo totale e cromo VI (Figura 131), diossine, furani e PCB (Figura 132).

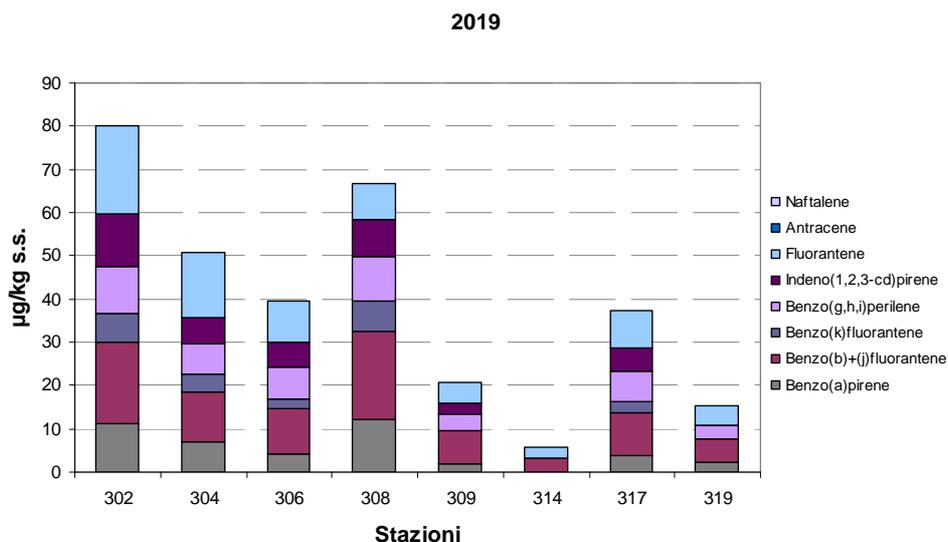


Figura 128 – Medie annuali di idrocarburi policiclici aromatici determinati nel sedimento

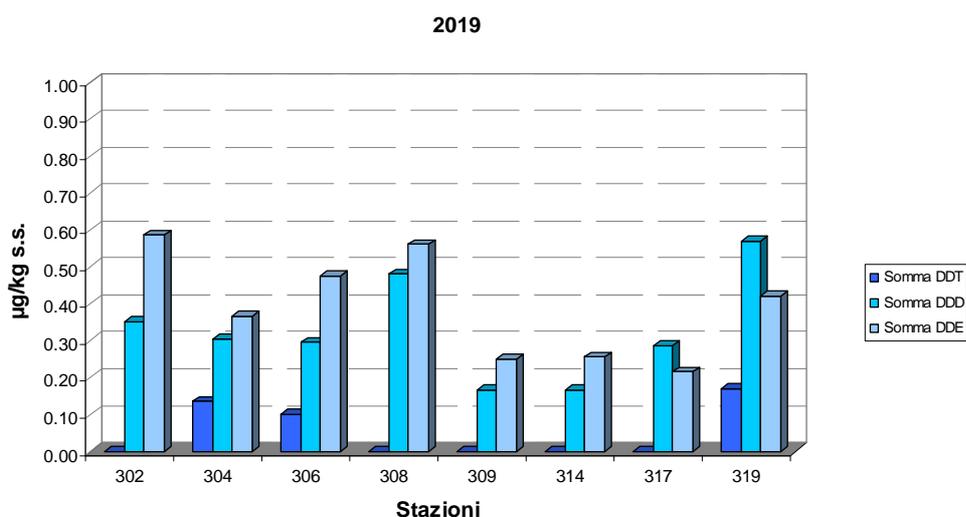


Figura 129 – Medie annuali di pesticidi (somma DDT, somma DDD, somma DDE) determinati nel sedimento

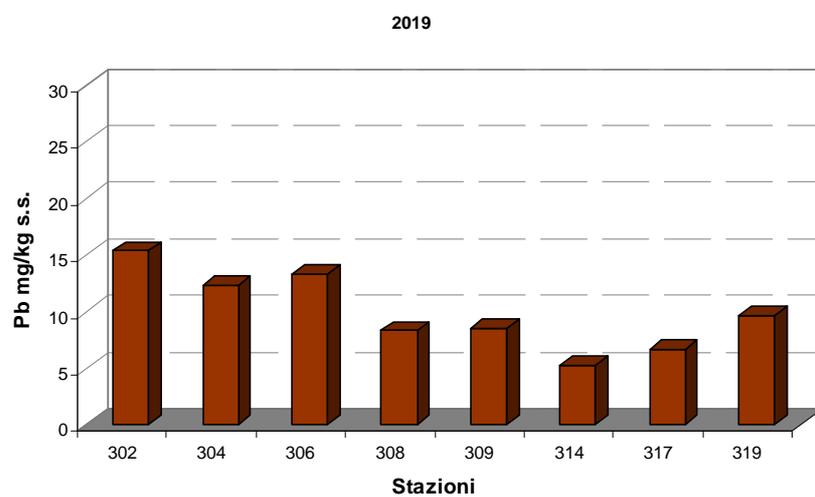
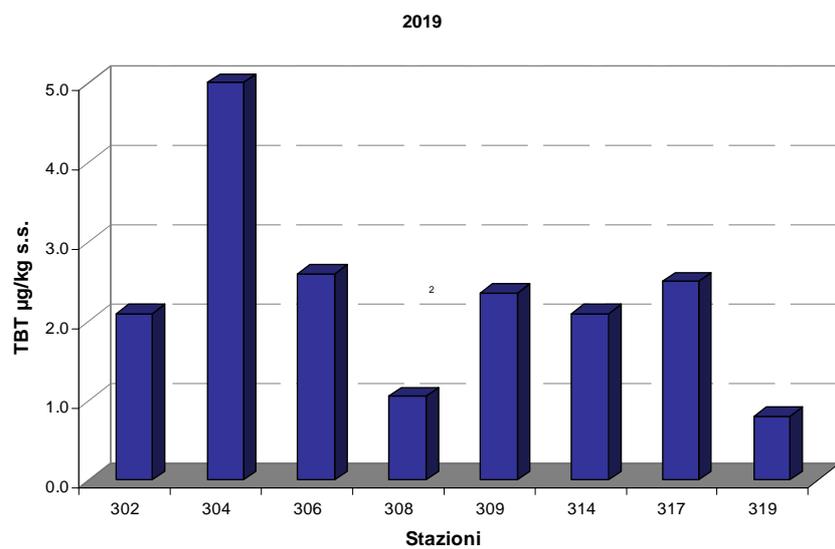


Figura 130 – Medie annuali di tributilstagno e piombo determinati nel sedimento

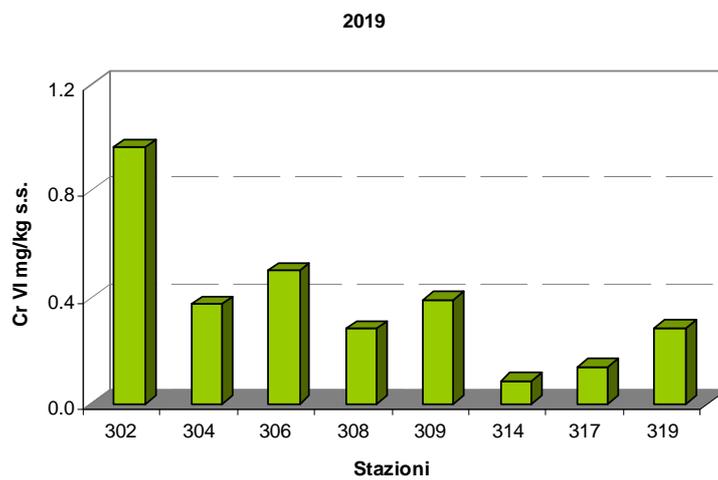
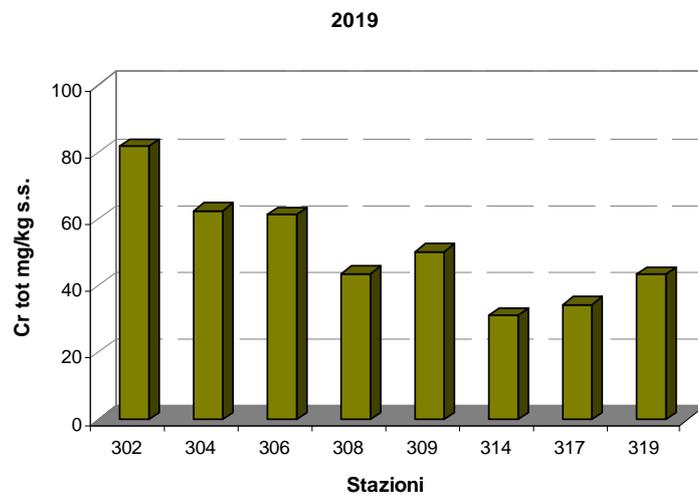
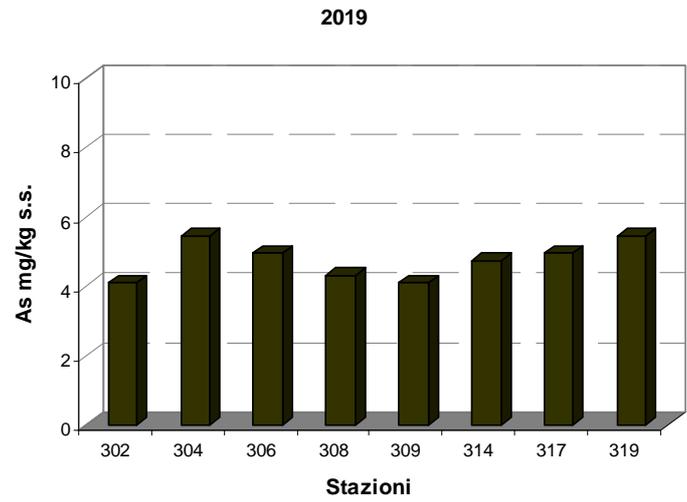


Figura 131 – Medie annuali di arsenico, cromo totale e cromo VI determinati nel sedimento

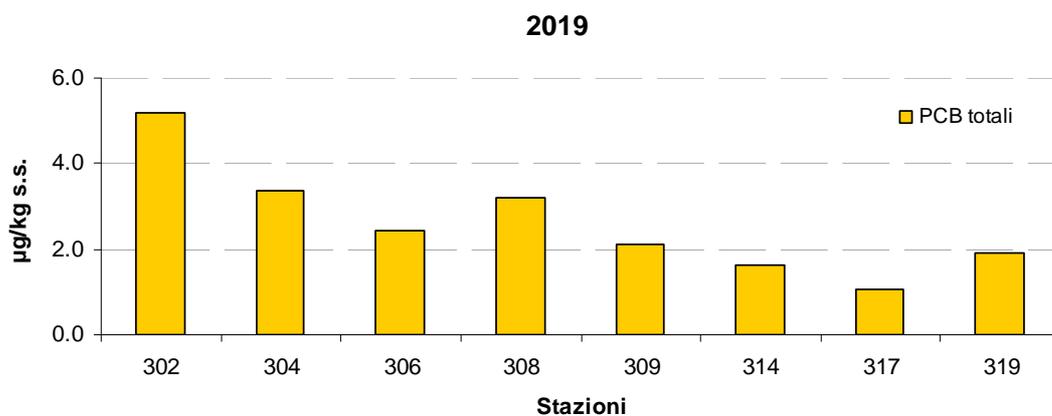
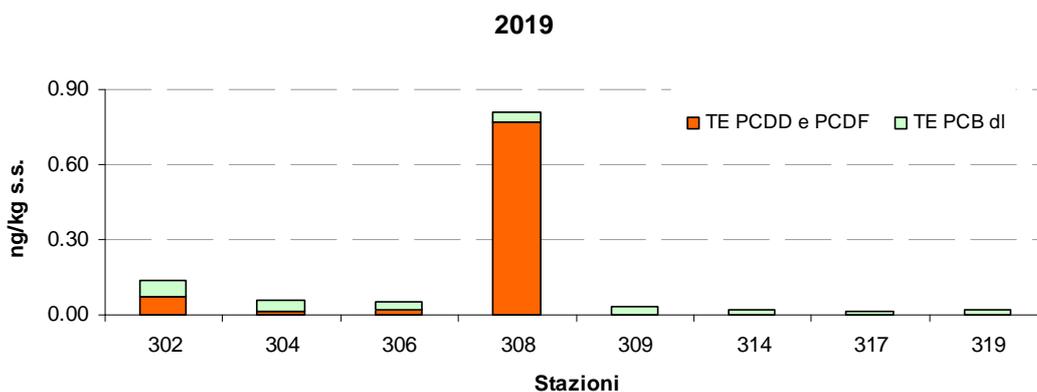


Figura 132 – Medie annuali di diossine, furani e PCB determinati nel sedimento

3.2.5 Test ecotossicologici

Nel 2019, 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 18. I risultati del saggio sono riportati in Tabella 19.

Tabella 18 – 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 2019 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 19 – Risultati del saggio ecotossicologico con *Vibrio fischeri* (2019)

Stazione	Fase liquida			Fase solida	
	EC20 %	EC50 %	Val.FL	STI	Val.FS
302-L.Volano	>90	>90	A	0.12	A
304-P.Garibaldi	>90	>90	A	0.06	A
306-Casalborsetti	>90	>90	A	0.09	A
308-M.Ravenna	>90	>90	A	0.34	A
309-L.Adriano	>90	>90	A	0.08	A
314-Cesenatico	>90	>90	A	0.07	A
317-Rimini	>90	>90	A	0.31	A
319-Cattolica	>90	>90	A	0.19	A

3.2.6 Direzione e altezza onde

La stazione di rilevamento è stata installata da ARPA, ora Arpae, il 23 maggio 2007 ed è equipaggiata con una boa ondometrica Datawell Directional wave rider MkIII 70 posizionata alle seguenti coordinate: 44.2156°N 12.4766°E - WGS84 (Figura 133). La boa è collocata a circa 8 km al largo di Cesenatico su un fondale di 10 m di profondità in una zona interdetta alla navigazione, all'attracco ed alla pesca. Il sistema ricevente a terra è situato presso la Struttura Oceanografica Daphne a Cesenatico. I dati vengono acquisiti ogni 30' ed archiviati nel data base meteo-marino del Servizio IdroMeteoClima. Il sistema è stato acquisito, su incarico della Regione Emilia-Romagna, nell'ambito del progetto Beachmed-E, sottoprogetto Nausicaa e mantenuto anche grazie al finanziamento derivante dal progetto europeo MICORE (FP7-ENV-2007-1 Cooperation, Grant agreement n. 202798).

I dati rilevati sono elaborati e visibili al seguente sito: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/mare/dati-e-indicatori/rete-di-monitoraggio-meteo-marina> . I dati storici sono accessibili tramite il sistema Dext3r <https://simc.arpae.it/dext3r/> .



Figura 133 – Boa Nausicaa posizionata in mare

I dati relativi all'altezza dell'onda, rilevati nel 2019, sono riportati nella Figura 134.

Durante i primi mesi dell'anno i valori maggiori di altezza dell'onda si sono verificati a febbraio ed a marzo: a febbraio il picco di onda si è verificato il giorno 23 alle ore 8:30 UTC con un valore di altezza dell'onda di 2.84 m ed un valore di direzione di provenienza di 66° (Est-Nord Est), mentre a marzo il picco di onda si è verificato il giorno 26 alle ore 2:30 UTC con un valore di altezza dell'onda di 3.6 m ed un valore di direzione di provenienza di 38° (Nord-Nord Est).

Durante il periodo autunnale il valore più alto di altezza dell'onda si è verificato ad ottobre il giorno 3 alle ore 8:30 UTC con un valore di altezza dell'onda di 2.5 m ed un valore di direzione di provenienza di 28° (Nord-Nord Est).

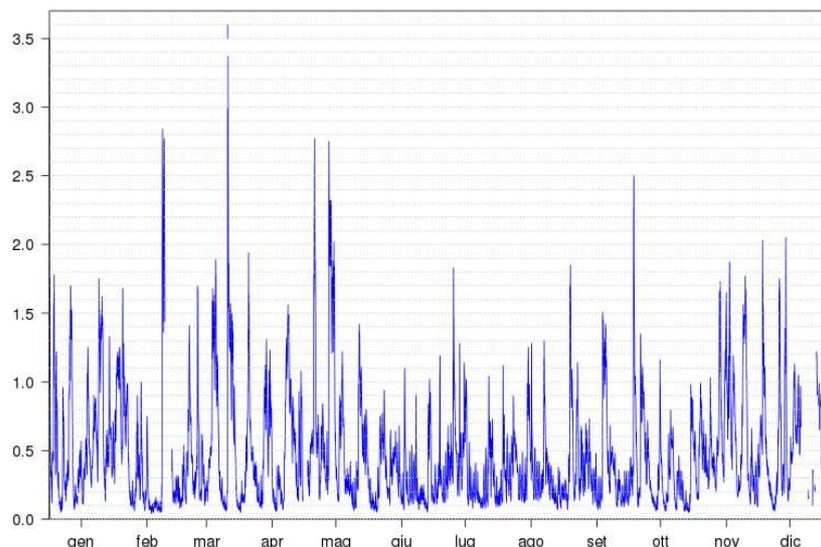


Figura 134 – Altezza delle onde (metri) per l'anno 2019

In Figura 135, sono riportate le distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per il 2019 in due periodi dell'anno: autunno-inverno e primavera-estate. Il periodo autunno-inverno comprende i mesi di settembre, ottobre, novembre, dicembre, gennaio e febbraio, mentre il periodo primavera-estate i restanti mesi di marzo, aprile, maggio, giugno, luglio e agosto.

Da tali grafici si osserva che la direzione prevalente dell'onda sia durante il periodo autunno-inverno che durante il periodo primavera-estate è la direzione Est, rispettivamente con circa il 34% ed il 29% dei casi; per quanto riguarda invece l'altezza dell'onda, è avvenuto di rado che i valori fossero superiori ad 1m in entrambi i periodi, con i valori più elevati presenti nella direzione Nord Est.

Sia per il periodo autunno-inverno che per il periodo primavera-estate del 2019 nella maggior parte dei casi si hanno valori di altezza dell'onda minori di 1 m; in particolare nel periodo primavera-estate l'altezza dell'onda è stata minore di 1 m in circa il 91% dei casi, mentre in circa l'88% dei casi in autunno-inverno. Il numero dei casi in cui l'altezza dell'onda è stata tra 1 m e 3 m è stato invece di circa il 9% ed il 12% rispettivamente per il periodo primavera-estate ed autunno-inverno; infine, solo nel periodo primavera-estate si sono verificati valori di altezza dell'onda superiori a 3 m, ma questi eventi si sono verificati in meno dell'1% dei casi.

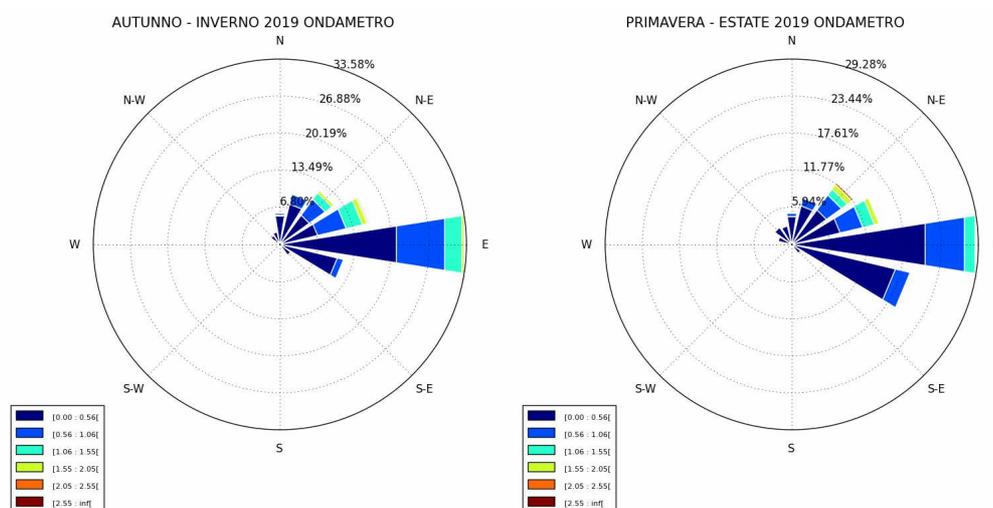


Figura 135 – Distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per l'anno 2019

3.2.7 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM SW dell'Aanderaa (Figura 136) permette di misurare velocità e direzione della corrente ad una profondità nota della colonna d'acqua; lo strumento in questo caso è posizionato al largo di Cesenatico ad una profondità di 4 metri dalla superficie del mare (batimetria 10 m) a circa 3 km dalla costa, vicino ad una zona destinata all'allevamento di mitili ed interdetta alla pesca, alle seguenti coordinate: 44°12.743N 12°28.309E. I dati vengono registrati in una scheda di memoria contenuta all'interno dello strumento.



Figura 136 – Correntometro RCM SW (Aanderaa)

La Figura 137 mostra i valori dell'intensità di corrente misurati nel corso dell'anno 2019; in questo anno in certi periodi lo strumento ha avuto dei problemi, per cui è stato impossibilitato ad acquisire dati. Ad ogni modo si osserva che i valori più elevati di intensità di corrente si sono rilevati principalmente a marzo ed a maggio del 2019: a maggio il valore massimo è stato rilevato il giorno 13 attorno alle ore 06:30 UTC con un valore di 0.56 m/s ad una direzione di 144° (Sud-Ovest).

VELOCITA' DELLA CORRENTE (m/s) ANNO 2019

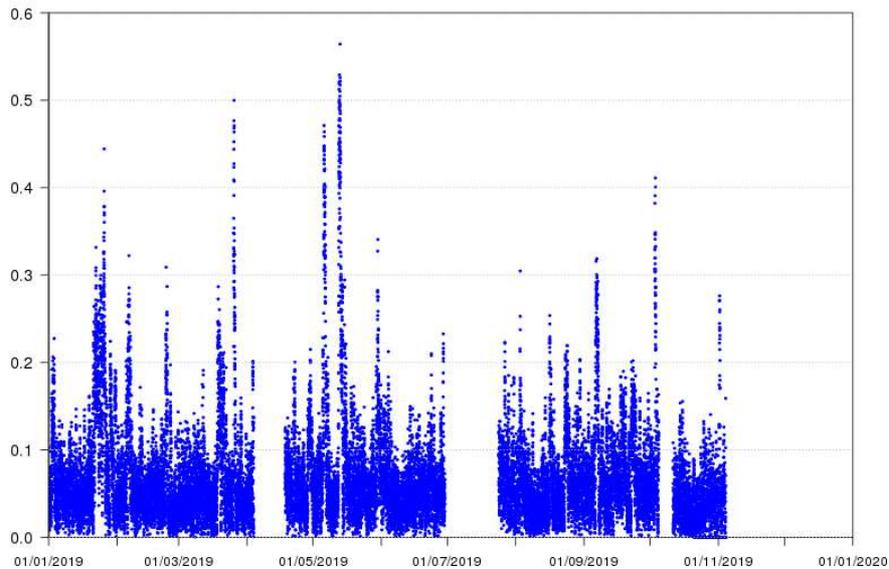


Figura 137 – Velocità della corrente per l'anno 2019

Nei grafici di Figura 138 sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2019 per i due periodi: autunno-inverno e primavera-estate. Si osserva che la direzione prevalente della corrente è in entrambi i periodi la direzione Sud-Est, che risulta essere anche la direzione lungo cui si hanno valori più intensi della intensità di corrente; i valori sono più intensi ed in numero superiore nel periodo primavera-estate.

In particolare nel periodo autunno-inverno prevale la direzione Sud-Est in circa il 20% delle registrazioni, mentre nel periodo primavera-estate tale direzione prevalente si presenta in circa il 16% dei casi. La velocità della corrente è tendenzialmente minore o uguale a 0.1 m/s, corrispondente al colore blu intenso in Figura 138.

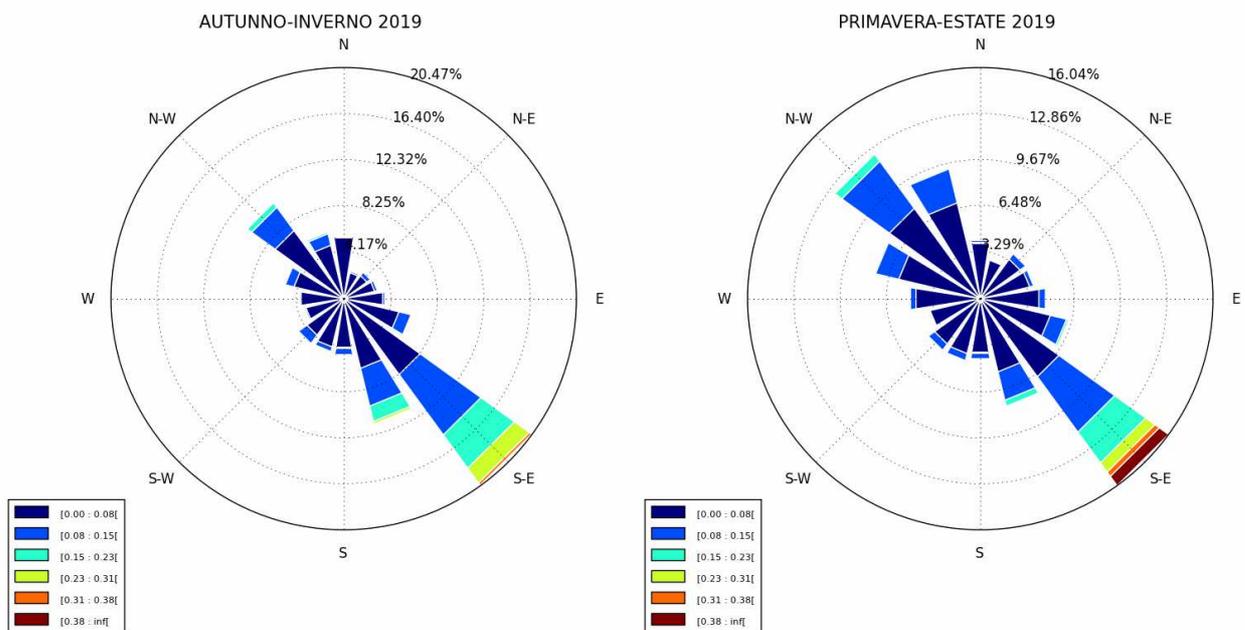


Figura 138 – Distribuzioni direzionali della corrente (m/s) nel 2019

3.3 STATO ECOLOGICO

Lo stato ecologico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni. Di seguito si riporta la proposta di classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici marino costieri sulla base delle attività di monitoraggio effettuate durante gli anni 2017, 2018 e 2019.

Gli elementi di qualità che concorrono alla definizione dello stato ecologico sono:

- Elementi di Qualità Biologica (EQB) (Fitoplancton e Macroinvertebrati bentonici);
- Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB (TRIX);
- Elementi chimici a sostegno degli EQB (tab. 1/B DLgs 172/15);

Lo stato ecologico del corpo idrico è definito in base alla classe più bassa risultante dagli elementi considerati.

Di seguito una breve descrizione di come, al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni, si giunge alla classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici.

Elementi di Qualità Biologica (EQB)

Fitoplancton

- per ogni stazione di campionamento si calcola la media geometrica/anno delle concentrazioni di clorofilla “a”;
- per ogni corpo idrico si calcola la media geometrica/anno di tutti i dati di clorofilla “a” raccolti nelle stazioni appartenenti al corpo idrico stesso;
- per corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3 anni) si considera la media aritmetica dei 3 valori annuali di clorofilla “a”.

La media geometrica è stata ottenuta sottoponendo i dati grezzi di clorofilla “a” ad uno screening preliminare così come raccomandato dall’OECD (Vollenweider and Kerekes, 1982; ISPRA, 2018).

Macroinvertebrati bentonici

- per ogni stazione di campionamento si calcola la media dei 2 valori stagionali di M-AMBI;
- per ogni corpo idrico si calcola la media dei valori medi di M-AMBI relativi alle stazioni appartenenti al corpo idrico stesso;
- per corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3 anni) si considera la media dei 3 valori annuali dell’M-AMBI;

Elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB

- per ogni stazione di campionamento si calcola la media/anno del TRIX;
- per corpo idrico si calcola la media del TRIX di tutte le stazioni;
- per corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3 anni) si considera la media dei 3 valori annuali dei TRIX;

Inquinanti specifici a sostegno degli EQB

- per ogni stazione di campionamento, affinché possa essere conseguito lo stato buono, è necessario che tutti i valori medi/anno degli inquinanti non prioritari soddisfino gli SQA definiti in tab.1/B del DLgs 172/15;
- per corpo idrico lo stato è dato dal peggiore tra quelli attribuiti alle singole stazioni;
- per corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3 anni) si utilizza lo stato peggiore di ogni corpo idrico nel triennio considerato;

In Tabella 20 si riportano in modo schematico le valutazioni effettuate per tutti gli elementi monitorati nel 2019. Il corpo idrico CD1 (Goro-Ravenna) ha conseguito per l'anno 2019 una valutazione dello stato ecologico pari a "Sufficiente" e CD2 (Ravenna-Cattolica) è risultato "Buono".

Tabella 20 – Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico nelle acque marino costiere

2019	EQB		Elementi chimico-fisici	Inquinanti non prioritari	STATO ECOLOGICO
	Fitoplancton clorofilla "a" Dec. 2018/229/UE	Macroinv. bentonici M-AMBI	TRIX DM 260/10	Matrice acqua Tab.1/B DLgs 172/15	
Corpo Idrico					
CD1	5.9 Sufficiente	0.68 Buono	5.55 Sufficiente	Buono	Sufficiente
CD2	3.8 Buono	0.69 Buono	4.94 Buono	Buono	Buono

3.4 STATO CHIMICO

Lo stato chimico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni. Di seguito si riporta la proposta di classificazione dello stato chimico dei corpi idrici marino costieri della Regione Emilia-Romagna sulla base delle attività di monitoraggio effettuate durante gli anni 2017, 2018 e 2019.

Ai fini della determinazione dello stato chimico si considerano gli SQA per le sostanze appartenenti all'elenco di priorità ricercate:

- nella colonna d'acqua e nel biota (tab. 1/A DLgs 172/15);
- nel sedimento (tab. 2/A DLgs 172/15).

Di seguito una breve descrizione di come, al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni, si giunge alla classificazione dello stato chimico dei corpi idrici:

- per ogni stazione di campionamento si esegue la media/anno di ciascun inquinante riportato alla tab. 1/A e tab. 2/A del DLgs 172/15;
- per ogni corpo idrico per i parametri in tab. 1/A DLgs 172/15 è la stazione con lo stato peggiore a determinare lo stato del corpo idrico, mentre per i parametri in tab. 2/A DLgs 172/15 si effettua la media di tutti i valori annuali delle singole stazioni appartenenti allo stesso corpo idrico;
- per corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3anni) si utilizza lo stato peggiore di ogni corpo idrico nel triennio considerato;

In Tabella 21 si riporta il riepilogo per corpo idrico degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato chimico nelle acque marino costiere nel 2019.

Tabella 21 – Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato chimico nelle acque marino costiere

2019	Sostanze prioritarie		STATO CHIMICO	Sostanze prioritarie	STATO CHIMICO complessivo
	Matrice acqua (tab. 1/A DLgs 172/15)	Matrice biota (tab. 1/A DLgs 172/15)		Matrice sedimento (tab. 2/A DLgs 172/15)	
Corpo Idrico					
CD1	Non buono (Pb)	Non buono (PBDE, Hg, Diossine e comp. diossina simili*)	Non buono	Buono	Non buono
CD2	Buono	Non buono (PBDE, Hg)	Non buono	Buono	Non buono

* Le 12 nuove sostanze prioritarie della tab. 1/A DLgs 172/15, recanti il numero da 34 a 45, non vengono prese in considerazione per la classificazione al 2021, bensì al 2027

Si sottolinea comunque che, nella matrice acqua, i riscontri di piombo e TBT hanno carattere sporadico (percentuale del numero di riscontri sul totale delle analisi effettuate lungo tutta la costa emiliano romagnola inferiore al 2% per entrambe le sostanze). Per la matrice biota, inoltre, si evidenziano criticità legate alla rappresentatività del campione, alla frazione da analizzare ed al raggiungimento delle prestazioni analitiche necessarie, soprattutto nel caso in cui gli SQA siano riferiti al livello trofico del biota stesso.

Per l'anno 2019, i corpi idrici delle acque marino costiere CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) per quanto riguarda le analisi effettuate sull'acqua, sul biota e sul sedimento, hanno conseguito una valutazione dello stato chimico pari a "Non Buono".

4 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

I molluschi eduli lamellibranchi rappresentano una voce importante nel contesto dell'economia ittica della regione Emilia-Romagna. Infatti le acque marino costiere regionali sono sede non solo di banchi e di popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, tra cui la specie *Chamelea gallina*, 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 Delibera di Giunta Regionale del 3 febbraio 2014 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 e gasteropodi marini (Figura 139).

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 139. La Struttura Oceanografica Daphne effettua il rilevamento delle caratteristiche qualitative nelle stazioni di monitoraggio della rete di cui sopra. Gran parte delle stazioni corrispondono 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, la Struttura Oceanografica Daphne effettua i campionamenti per determinazione dei seguenti parametri: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organo-alogenate, metalli pesanti, 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.

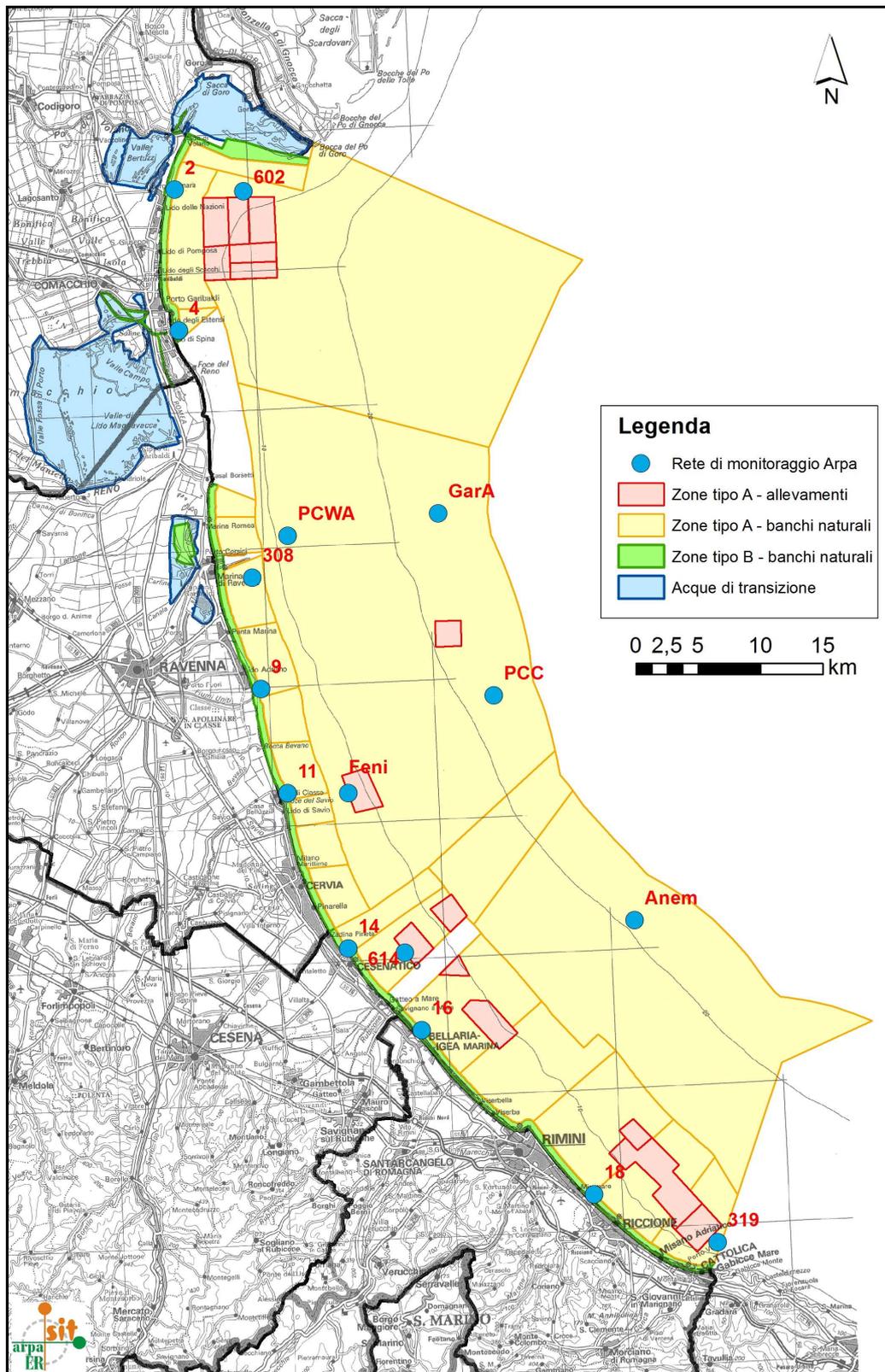


Figura 139 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (DGR 3/2/2014) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs.152/06)

5 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

5.1 MEDUSE

Anche nel 2019 hanno fatto la loro apparizione le meduse, organismi planctonici, gelatinosi costituiti principalmente di acqua (circa il 98%). Essi presentano ai bordi del corpo dei tentacoli che utilizzano prevalentemente per la predazione ed in alcuni casi per la difesa essendo questi talvolta ricoperti di cellule urticanti. La prima specie a comparire è stata *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 dapprima al largo e poi in seguito anche sotto costa (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. A**). Questa medusa non urticante è conosciuta anche con il nome di medusa quadrifoglio per gli evidenti 4 cerchi (gonadi) ben visibili sul dorso.



Foto 1 - *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758



Verso la fine di luglio, si sono aggiunti gli avvistamenti sotto costa della medusa *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778), (Foto 1) i cui avvistamenti si sono protratti fino a metà settembre. Questa specie è conosciuta anche con il nome comune “polmone di mare” rende molto bene l’aspetto di questa medusa che, con il suo diametro di cinquanta/sessanta centimetri e un peso intorno ai dieci chili, è una delle più grandi. I giovani sono per lo più trasparenti, mentre gli adulti sono fluorescenti con i bordi dell’ombrella sfrangiati blu-viola. Questa specie è poco urticante.

Foto 2 - *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778)

Un'altra medusa che ormai siamo soliti avvistare nel periodo estivo è la *Cothylorhiza tuberculata* detta anche Cassiopea (Foto 3): dotata di una caratteristica ombrella a forma di disco bianco, con una gobba rotonda e gialla al centro per questo motivo ricorda un uovo all’occhio di bue. Il margine è di colore giallo o talvolta verdastro. Questa specie non ha tentacoli, ma è ricca di braccia orali che partono dai quattro lobi della bocca e terminano con un bottoncino di colore blu/viola. A dispetto delle sue grandi dimensioni, questa specie non è urticante. La sua comparsa nell’estate 2019 si è manifestata verso la fine di agosto e si è protratta fino alla terza settimana di settembre.



Foto 3 - *Cothylorhiza tuberculata* (Macri, 1778)

5.2 AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI

Dai primi giorni di agosto fino a fine settembre, si sono susseguiti 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.

Questo organismo planctonico è luminescente ovvero è in grado di produrre luce se stimolato, brillando di una luce bluverde quando viene stimolato dalla luce o da un contatto fisico.

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

Originaria delle coste atlantiche del continente americano fu introdotta involontariamente negli anni '80 nel Mar Nero ed in seguito segnalata nel mar Egeo e quindi in Mediterraneo.

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 4- *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865

5.3 FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS

Nel periodo febbraio-marzo sono state segnalate nella zona centro meridionale della costa fioriture della microalga *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy (Foto 5). Appartenente al gruppo delle Dinoflagellate, questa microalga di dimensioni vicine ad 1 mm, in fioritura forma delle chiazze più o meno estese di colore arancione che, sia in fase di degradazione che in fase di crescita, assume una conformazione simile a quella degli stadi iniziali della mucillagine. L'azione del vento e delle correnti marine contribuiscono a modificare sulla superficie marina la forma e l'estensione delle macchie. Questo organismo è in grado di produrre luminescenza al pari di altri organismi marini e terrestri: il fenomeno della bioluminescenza è logicamente meglio osservabile durante le ore notturne.



Foto 5 - *Noctiluca scintillans* fioritura in mare e nel riquadro particolare al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

5.4 FIORITURE DI FIBROCAPSA JAPONICA

Anche nell'estate 2019, la microalga *Fibrocapsa japonica* (Toriumi & Takano 1973) ha caratterizzato un tratto di acque prettamente costiere nella zona meridionale della costa. Infatti il 18 e 19 luglio i bagnanti segnalavano la presenza lungo il litorale riminese di acque caratterizzate da una anomala colorazione rosso-marrone. Il prelievo di alcuni campioni di acqua e la successiva analisi presso i laboratori di Arpae presso Cesenatico riscontravano abbondanze della microalga pari a 1×10^6 cell/L.

Si tratta di un fenomeno del tutto naturale provocato dalla abbondante presenza di questa microalga assolutamente innocua per i bagnanti appartenente alla famiglia delle Raphidophyceae.

Spesso il fenomeno si manifesta a giorni alterni. Può capitare che al mattino l'acqua risulti limpida o appena velata dalla classica torbidità; poi, verso mezzogiorno, la torbidità aumenta e l'acqua comincia a colorarsi. Sovente si forma una striscia colorata larga qualche decina di metri ed estesa per centinaia di metri, permane fino al tardo pomeriggio/sera e può spostarsi in funzione dei venti e delle correnti.



Foto 6 - Fibrocapsa japonica fotografia al microscopio ottico; marea rossa sostenuta da *Fibrocapsa japonica* (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 2019																	
	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	8.50	18.96	26.67	9.13	1.21	10.44	352.10	16.14	54.76	790.99	27.10	3.98	695.20	356.04	39.31	5.96	2.55
Errore standard	0.04	1.98	1.30	0.52	0.11	2.26	51.72	2.38	15.81	58.89	3.60	1.01	144.20	125.76	8.54	0.20	0.16
Mediana	8.50	21.35	28.40	9.04	1.00	7.80	284.65	14.18	22.68	743.30	23.03	1.80	571.54	77.20	30.86	6.11	2.50
Moda					1.00	4.00						0.22					3.27
Deviazione standard	0.18	8.63	5.69	2.25	0.48	9.86	225.42	10.36	68.91	256.70	15.70	4.39	628.57	548.19	37.22	0.86	0.68
Varianza campionaria	0.03	74.53	32.33	5.05	0.23	97.15	50816.22	107.25	4747.98	65895.93	246.40	19.25	395100.92	300516.20	1385.55	0.74	0.46
Curtosi	-1.15	-1.62	0.33	-0.62	2.01	6.99	-0.78	0.50	2.38	-0.85	1.34	1.00	2.48	6.37	15.15	-0.18	-1.04
Asimmetria	0.28	-0.26	-1.00	0.11	1.51	2.38	0.33	0.62	1.67	0.17	1.13	1.26	1.66	2.44	3.75	0.07	-0.39
Intervallo	0.57	24.86	19.68	8.23	2.00	41.50	790.32	40.22	249.88	871.79	62.87	15.15	2330.49	2160.93	168.39	3.30	2.30
Minimo	8.25	6.28	14.20	5.23	0.50	2.30	0.70	1.06	0.21	335.28	6.06	0.22	6.66	6.55	17.51	4.36	1.21
Massimo	8.81	31.15	33.88	13.46	2.50	43.80	791.02	41.28	250.09	1207.07	68.93	15.37	2337.15	2167.48	185.90	7.66	3.52
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	4.16	2.74	1.08	0.23	4.75	108.65	4.99	33.21	123.73	7.57	2.11	302.96	264.22	17.94	0.41	0.33

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.52	18.70	27.07	9.21	1.53	9.73	593.66	14.54	58.94	1072.49	24.01	4.76	575.03	208.85	41.66	5.97	2.21
Errore standard	0.03	1.85	1.32	0.27	0.13	1.78	301.62	2.88	27.93	358.58	3.01	1.62	121.03	67.29	7.63	0.18	0.09
Mediana	8.53	20.27	28.95	9.13	1.50	8.10	246.61	10.58	15.33	604.63	19.46	2.34	327.14	114.05	29.99	5.90	2.24
Moda					10.09	1.50						0.22					
Deviazione standard	0.15	8.08	5.76	1.19	0.56	7.76	1314.74	12.56	121.76	1563.02	13.12	7.07	527.57	293.30	33.25	0.80	0.39
Varianza campionaria	0.02	65.35	33.22	1.42	0.32	60.23	172853.46	157.63	14826.33	2443027.44	172.05	49.95	278325.65	86022.72	1105.44	0.63	0.15
Curtosi	-0.75	-1.59	0.11	2.00	1.36	4.51	16.92	0.71	14.11	16.83	1.62	5.17	1.57	11.36	7.57	-0.55	0.06
Asimmetria	-0.21	-0.22	-1.00	0.43	0.66	2.23	4.03	1.01	3.61	4.01	1.39	2.38	1.43	3.15	2.69	0.48	-0.16
Intervallo	0.55	24.10	19.92	5.35	2.50	27.80	5891.36	45.97	531.44	7080.54	50.33	25.70	1904.73	1293.11	138.08	2.73	1.53
Minimo	8.23	5.99	14.02	6.96	0.50	3.40	0.70	0.52	0.21	283.99	8.45	0.22	0.14	5.61	17.12	4.75	1.51
Massimo	8.77	30.09	33.94	12.31	3.00	31.20	5892.06	46.49	531.65	7364.53	58.78	25.92	1904.87	1298.72	155.21	7.48	3.04
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.90	2.78	0.57	0.27	3.74	633.69	6.05	58.69	753.35	6.32	3.41	254.28	141.36	16.03	0.38	0.19

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 2019																	
	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	8.53	18.99	27.77	9.02	1.58	8.94	328.28	13.42	40.86	779.45	22.18	5.31	617.22	177.00	47.20	5.82	2.22
Errore standard	0.04	1.91	1.21	0.43	0.11	1.82	60.78	2.27	14.09	82.91	2.67	1.60	130.42	48.71	9.97	0.18	0.11
Mediana	8.55	21.25	28.36	8.98	1.50	7.10	241.39	10.85	8.54	655.92	20.33	3.40	420.21	84.64	34.34	5.69	2.13
Moda				7.86	2.00	5.80			0.21			0.22					1.98
Deviazione standard	0.17	8.34	5.26	1.86	0.48	7.95	264.94	9.88	61.43	361.38	11.63	6.99	568.47	212.33	43.46	0.78	0.47
Varianza campionaria	0.03	69.58	27.63	3.48	0.23	63.28	70195.08	97.60	3773.42	130597.92	135.26	48.81	323154.01	45083.67	1888.72	0.61	0.22
Curtosi	-0.98	-1.58	1.03	1.20	-1.20	10.62	0.39	2.38	2.44	3.37	-0.72	6.40	2.71	0.95	7.28	-0.67	-0.39
Asimmetria	-0.35	-0.27	-1.11	0.77	0.08	2.98	0.92	1.28	1.82	1.69	0.31	2.42	1.87	1.44	2.80	0.61	0.01
Intervallo	0.53	24.88	18.94	7.92	1.50	35.90	967.40	40.64	210.63	1493.03	42.99	28.06	2125.79	693.80	172.13	2.47	1.71
Minimo	8.23	5.64	15.24	5.72	1.00	2.20	0.70	0.40	0.21	372.66	3.47	0.22	0.14	5.05	16.89	4.77	1.34
Massimo	8.76	30.52	34.18	13.64	2.50	38.10	968.10	41.04	210.84	1865.69	46.46	28.28	2125.93	698.84	189.03	7.24	3.05
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	4.02	2.53	0.90	0.23	3.83	127.70	4.76	29.61	174.18	5.61	3.37	273.99	102.34	20.95	0.38	0.22

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.56	18.56	27.35	9.52	1.92	9.64	589.25	12.09	49.00	1047.98	21.99	4.28	555.98	308.06	48.30	5.80	1.96
Errore standard	0.04	1.85	1.31	0.37	0.18	2.39	276.50	2.64	29.86	325.59	3.20	1.82	134.50	136.73	9.37	0.20	0.10
Mediana	8.61	20.14	30.30	9.16	2.00	6.52	314.95	10.53	5.21	625.88	16.28	1.57	338.78	154.79	39.46	5.88	2.05
Moda				8.41	2.00	3.40			0.21			0.22	0.14				
Deviazione standard	0.15	8.06	5.69	1.62	0.77	10.42	1205.24	11.50	130.17	1419.23	13.94	7.95	586.28	595.99	40.83	0.89	0.44
Varianza campionaria	0.02	64.89	32.37	2.63	0.59	108.62	1452597.12	132.36	16945.39	2014225.86	194.39	63.26	343719.99	355198.67	1667.20	0.79	0.19
Curtosi	-0.40	-1.63	0.44	4.45	1.63	9.24	15.86	2.00	14.83	16.41	1.45	6.77	3.17	16.20	13.16	0.06	-0.59
Asimmetria	0.30	-0.24	-1.14	1.98	1.01	2.93	3.87	1.34	3.74	3.95	1.47	2.68	1.80	3.92	3.40	0.61	-0.15
Intervallo	0.57	22.91	20.04	6.85	3.00	43.30	5380.69	43.62	559.31	6391.19	48.12	29.85	2198.90	2676.45	188.22	3.28	1.60
Minimo	8.33	6.55	13.65	7.60	1.00	3.30	0.70	0.06	0.21	339.85	9.52	0.22	0.14	11.94	16.31	4.47	1.15
Massimo	8.90	29.45	33.68	14.45	4.00	46.60	5381.39	43.67	559.52	6731.04	57.64	30.07	2199.04	2688.39	204.53	7.74	2.76
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.88	2.74	0.78	0.37	5.02	580.91	5.55	62.74	684.05	6.72	3.83	282.58	287.26	19.68	0.43	0.21

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

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.52	18.52	28.48	9.12	1.95	9.44	582.80	13.31	39.75	1085.68	24.75	9.15	487.40	129.39	43.43	5.82	2.12
Errore standard	0.04	1.83	1.37	0.52	0.24	2.88	218.52	3.08	11.97	225.08	3.22	3.01	125.93	43.28	5.65	0.17	0.20
Mediana	8.55	20.10	29.96	8.91	2.00	6.00	228.97	8.26	8.95	618.03	20.43	2.11	326.98	44.92	32.90	5.69	2.01
Moda	8.60				2.00	4.20			0.21			0.22					
Deviazione standard	0.19	7.99	5.97	2.28	1.07	12.56	952.51	13.43	52.17	981.12	14.03	13.12	548.92	188.65	24.63	0.76	0.86
Varianza campionaria	0.04	63.81	35.63	5.18	1.14	157.65	907283.90	180.35	2721.55	962588.05	196.76	172.01	301313.71	35589.16	606.49	0.58	0.74
Curtosi	1.45	-1.55	1.55	4.10	2.20	11.74	8.98	0.25	-0.09	7.16	0.12	0.80	4.56	5.83	1.28	-0.33	1.82
Asimmetria	0.09	-0.14	-1.28	1.46	1.38	3.34	2.78	1.13	1.20	2.38	0.97	1.48	2.14	2.48	1.44	0.50	1.17
Intervallo	0.86	23.71	22.89	10.58	4.00	54.80	3965.52	45.01	145.08	4124.60	45.43	40.91	2112.84	714.36	82.30	2.54	3.25
Minimo	8.13	6.31	13.03	5.36	0.50	1.40	0.70	0.06	0.21	307.78	9.59	0.22	52.83	8.18	18.87	4.69	0.98
Massimo	8.99	30.02	35.92	15.94	4.50	56.20	3966.22	45.06	145.29	4432.38	55.02	41.13	2165.67	722.55	101.17	7.23	4.23
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.85	2.88	1.10	0.51	6.05	459.10	6.47	25.14	472.88	6.76	6.32	264.57	90.93	11.87	0.37	0.41

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.55	18.78	28.74	9.36	2.18	7.33	333.84	8.45	16.89	698.41	15.28	3.82	396.76	204.77	53.40	5.46	1.99
Errore standard	0.03	1.86	1.30	0.48	0.28	1.56	105.13	1.79	7.78	115.97	1.59	1.39	90.54	57.65	11.27	0.18	0.16
Mediana	8.56	20.19	30.40	9.09	2.00	5.40	209.71	5.74	4.58	594.64	13.45	1.36	332.39	130.54	43.54	5.69	1.87
Moda					2.00	4.50	0.70	10.17	0.21			0.22	0.14				
Deviazione standard	0.15	8.10	5.69	2.11	1.22	6.79	458.25	7.81	33.91	505.50	6.93	6.04	394.64	251.28	49.14	0.78	0.68
Varianza campionaria	0.02	65.58	32.34	4.44	1.48	46.04	209989.07	60.96	1149.76	255525.53	47.96	36.54	155739.50	63144.04	2414.94	0.61	0.46
Curtosi	-0.24	-1.63	2.21	3.62	4.72	14.47	10.39	1.23	9.63	7.80	0.59	6.39	1.91	2.57	11.50	0.04	0.97
Asimmetria	0.34	-0.23	-1.62	1.88	1.85	3.61	2.99	1.10	3.02	2.62	0.94	2.52	1.45	1.73	3.22	0.10	0.48
Intervallo	0.55	23.46	21.89	8.25	5.00	31.20	2003.91	29.20	138.20	2213.55	27.63	23.43	1428.30	893.96	224.10	3.00	2.92
Minimo	8.33	6.53	13.62	7.03	1.00	2.60	0.70	0.06	0.21	221.38	4.63	0.22	0.14	4.45	11.89	4.22	0.59
Massimo	8.88	29.98	35.51	15.28	6.00	33.80	2004.61	29.25	138.41	2434.93	32.26	23.65	1428.44	898.41	235.98	7.22	3.52
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.90	2.74	1.02	0.59	3.27	220.87	3.76	16.34	243.64	3.34	2.91	190.21	121.12	23.69	0.38	0.33

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

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.49	18.31	30.43	8.52	1.95	7.41	247.61	8.95	19.71	570.12	18.35	2.73	355.13	215.00	33.97	5.36	2.17
Errore standard	0.03	1.77	0.86	0.50	0.22	1.23	68.26	1.79	5.71	62.32	2.32	1.25	99.73	67.72	2.74	0.20	0.15
Mediana	8.48	19.96	31.48	7.86	2.00	4.90	146.83	7.48	10.14	530.37	14.85	1.03	232.74	126.83	31.95	5.41	2.04
Moda				7.23	3.00	2.90		0.21				0.22					
Deviazione standard	0.14	7.69	3.74	2.17	0.97	5.38	297.53	7.80	24.88	271.65	10.11	5.43	434.70	295.17	11.92	0.86	0.63
Varianza campionaria	0.02	59.19	13.99	4.73	0.94	28.89	88524.98	60.82	618.84	73792.25	102.18	29.53	188961.06	87123.51	142.14	0.74	0.40
Curtosi	-0.26	-1.50	4.71	1.16	-0.58	4.00	2.35	0.44	2.13	3.23	3.43	12.83	4.59	5.33	1.67	-0.65	0.79
Asimmetria	0.26	-0.25	-2.07	1.08	0.32	1.95	1.67	0.95	1.78	1.83	1.64	3.45	2.08	2.31	1.25	0.03	1.03
Intervallo	0.54	23.14	14.84	8.20	3.50	21.40	1010.13	28.21	82.57	1011.74	41.20	23.19	1689.76	1141.07	45.81	3.01	2.30
Minimo	8.25	5.67	18.75	5.42	0.50	2.10	2.20	0.06	0.21	308.56	7.64	0.22	0.14	11.55	20.43	3.83	1.28
Massimo	8.79	28.80	33.59	13.62	4.00	23.50	1012.33	28.26	82.78	1320.30	48.84	23.41	1689.90	1152.61	66.24	6.84	3.58
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.71	1.80	1.05	0.47	2.59	143.41	3.76	11.99	130.93	4.87	2.62	209.52	142.27	5.75	0.42	0.31

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.38	18.09	30.71	7.92	2.10	7.33	290.86	9.10	30.64	627.06	16.76	3.49	335.66	139.59	39.07	5.47	2.20
Errore standard	0.04	1.65	0.83	0.50	0.23	1.57	95.53	1.60	6.03	91.41	1.74	1.33	79.55	34.24	3.24	0.14	0.16
Mediana	8.36	18.77	32.22	7.83	2.00	4.50	131.49	7.05	21.43	476.38	15.57	1.27	193.16	101.79	36.77	5.62	2.07
Moda				3.50	10.30						0.22	0.14					
Deviazione standard	0.20	7.57	3.80	2.27	1.07	7.21	437.76	7.33	27.63	418.89	7.96	6.11	364.54	156.89	14.84	0.66	0.71
Varianza campionaria	0.04	57.26	14.42	5.15	1.14	51.98	191635.72	53.68	763.24	175472.10	63.39	37.29	132887.49	24614.81	220.18	0.44	0.51
Curtosi	0.99	-1.35	0.40	-0.87	-1.43	4.46	5.74	-0.57	0.68	7.08	0.23	13.39	1.23	12.03	-0.74	-0.43	-0.64
Asimmetria	-0.21	-0.21	-1.06	0.26	0.07	2.08	2.39	0.74	0.99	2.57	0.86	3.47	1.42	3.14	0.39	-0.27	0.36
Intervallo	0.91	23.49	13.63	8.19	3.00	28.60	1702.69	23.32	102.76	1768.75	28.01	27.52	1288.65	743.72	53.67	2.54	2.62
Minimo	7.92	5.45	21.86	4.54	0.50	1.60	3.76	0.23	0.21	296.64	6.91	0.22	0.14	5.56	13.43	4.09	0.90
Massimo	8.84	28.94	35.49	12.73	3.50	30.20	1706.45	23.55	102.97	2065.39	34.92	27.74	1288.79	749.27	67.10	6.63	3.52
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.44	1.73	1.03	0.49	3.28	199.27	3.34	12.58	190.68	3.62	2.78	165.94	71.42	6.75	0.30	0.32

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

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.52	18.10	29.95	8.84	2.18	9.37	250.48	7.56	15.71	700.86	19.24	2.57	353.08	179.00	38.12	5.35	1.98
Errore standard	0.03	1.77	1.11	0.50	0.25	2.63	68.62	1.69	5.02	126.06	2.21	0.68	96.57	50.60	4.24	0.20	0.17
Mediana	8.51	19.43	31.32	8.15	2.00	5.90	152.09	6.53	7.11	515.97	17.04	1.02	288.70	67.68	38.46	5.36	1.75
Moda					3.50	5.40	0.70		0.21			0.22	0.14				1.39
Deviazione standard	0.14	7.70	4.83	2.20	1.11	11.48	299.11	7.38	21.89	549.48	9.62	2.94	420.93	220.57	18.48	0.85	0.74
Varianza campionaria	0.02	59.24	23.32	4.83	1.23	131.82	89466.06	54.45	478.99	301928.81	92.64	8.66	177180.34	48651.28	341.59	0.73	0.55
Curiosi	1.91	-1.45	4.97	4.36	-1.57	7.81	1.26	2.17	5.93	5.66	-0.53	-0.49	2.98	1.50	4.86	-0.70	1.10
Asimmetria	1.15	-0.24	-2.25	1.77	-0.11	2.83	1.39	1.30	2.35	2.31	0.43	1.11	1.78	1.54	1.64	0.15	1.23
Intervallo	0.57	23.31	18.85	9.73	3.00	45.70	998.80	28.38	87.07	2219.75	35.08	7.88	1530.33	739.72	83.16	3.07	2.72
Minimo	8.35	5.46	15.07	5.92	0.50	2.30	0.70	0.06	0.21	259.26	5.25	0.22	0.14	2.64	13.45	3.92	1.13
Massimo	8.92	28.77	33.92	15.65	3.50	48.00	999.50	28.43	87.28	2479.01	40.33	8.10	1530.47	742.36	96.61	6.99	3.85
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.71	2.33	1.06	0.53	5.53	144.17	3.56	10.55	264.84	4.64	1.42	202.88	106.31	8.91	0.41	0.36

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.51	18.45	30.56	8.51	2.38	7.66	250.12	8.15	14.85	580.02	14.28	3.39	293.04	143.17	42.26	5.00	2.01
Errore standard	0.03	1.64	0.81	0.44	0.31	1.84	89.67	1.79	5.14	88.01	1.59	1.20	80.05	43.11	3.07	0.22	0.19
Mediana	8.53	19.67	31.18	8.30	2.50	5.00	98.98	6.02	6.63	484.55	12.15	1.02	172.52	75.04	41.12	5.20	1.80
Moda	8.53				3.00	5.90	0.70					0.22	0.14				
Deviazione standard	0.15	7.54	3.70	2.04	1.40	8.42	410.91	8.20	23.55	403.33	7.27	5.52	366.84	197.57	14.05	0.99	0.89
Varianza campionaria	0.02	56.80	13.71	4.15	1.97	70.94	168849.83	67.17	554.82	162676.82	52.81	30.49	134571.39	39033.51	197.37	0.98	0.80
Curiosi	1.59	-1.32	0.40	1.50	5.12	5.67	8.53	-0.33	12.11	9.88	-0.30	11.48	2.43	4.81	-0.21	-0.49	1.18
Asimmetria	1.10	-0.33	-0.91	1.12	1.66	2.47	2.77	0.93	3.29	2.91	0.72	3.17	1.71	2.11	0.66	-0.68	1.31
Intervallo	0.58	23.56	14.08	8.24	6.50	32.20	1727.35	24.19	106.14	1826.77	26.22	24.41	1262.82	786.81	50.31	3.43	3.19
Minimo	8.33	5.24	21.69	5.82	0.50	1.30	0.70	0.06	0.21	255.09	3.59	0.22	0.14	0.99	20.74	2.83	0.91
Massimo	8.91	28.81	35.78	14.06	7.00	33.50	1728.05	24.24	106.35	2081.86	29.81	24.63	1262.96	787.80	71.06	6.26	4.10
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	3.43	1.69	0.93	0.64	3.83	187.05	3.73	10.72	183.59	3.31	2.51	166.98	89.93	6.39	0.45	0.41

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.47	18.61	31.41	8.32	2.40	5.74	231.62	7.87	18.16	563.68	18.38	2.44	273.40	211.31	40.17	5.11	2.30
Errore standard	0.03	1.66	0.74	0.42	0.34	1.08	62.87	1.69	5.84	63.45	3.45	0.87	72.77	56.09	3.98	0.21	0.20
Mediana	8.46	19.59	32.17	7.52	2.00	4.20	110.17	5.63	10.46	507.23	15.64	0.87	178.01	68.84	35.54	5.25	2.15
Moda	8.33				1.00	2.00	0.70					0.22	0.14				2.15
Deviazione standard	0.14	7.61	3.41	1.95	1.55	4.97	288.10	7.75	26.75	290.76	15.80	4.00	333.47	257.02	18.26	0.98	0.93
Varianza campionaria	0.02	57.96	11.62	3.79	2.42	24.70	83003.34	60.14	715.74	84542.19	249.62	16.02	111199.80	66059.81	333.43	0.97	0.86
Curtosi	2.17	-1.37	3.21	-0.63	-1.11	0.56	3.38	-0.37	13.05	1.28	9.39	7.74	2.14	2.07	0.00	-1.03	0.86
Asimmetria	1.33	-0.31	-1.58	0.53	0.43	1.27	1.73	0.94	3.38	1.21	2.69	2.71	1.67	1.57	0.33	-0.44	0.41
Intervallo	0.56	23.42	14.92	6.88	4.50	17.30	1124.86	22.75	123.61	1105.59	72.28	16.37	1191.12	919.21	70.35	3.05	4.00
Minimo	8.31	5.76	21.02	5.89	0.50	0.60	0.70	0.06	0.21	228.37	4.55	0.22	0.14	4.83	6.60	3.40	0.23
Massimo	8.87	29.17	35.94	12.77	5.00	17.90	1125.56	22.80	123.82	1333.96	76.83	16.59	1191.26	924.04	76.95	6.45	4.23
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	3.47	1.55	0.89	0.71	2.26	131.14	3.53	12.18	132.35	7.19	1.82	151.79	116.99	8.31	0.45	0.42

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.48	18.19	32.02	8.25	2.52	5.60	166.87	7.37	14.92	418.03	15.62	2.58	204.38	109.20	36.08	4.84	2.28
Errore standard	0.03	1.69	0.75	0.41	0.33	1.20	42.59	1.66	2.87	45.19	2.89	0.58	54.87	32.04	3.30	0.23	0.15
Mediana	8.44	18.51	32.40	8.05	2.50	2.70	94.92	5.58	10.62	365.37	11.73	1.73	152.42	49.40	35.95	4.56	2.13
Moda					4.00	2.70	0.70	#N/D	3.46			3.88					1.54
Deviazione standard	0.13	7.72	3.42	1.90	1.50	5.49	195.17	7.60	13.16	207.09	13.24	2.65	251.44	146.82	15.14	1.03	0.67
Varianza campionaria	0.02	59.65	11.70	3.61	2.24	30.09	38092.64	57.80	173.10	42884.93	175.34	7.02	63223.17	21555.62	229.19	1.06	0.44
Curtosi	-0.25	-1.45	1.66	-1.44	-1.14	-0.26	0.53	0.18	-0.69	-1.09	5.47	5.31	2.14	8.56	1.24	-0.81	0.63
Asimmetria	0.96	-0.24	-1.30	0.22	0.30	1.09	1.25	1.14	0.86	0.60	2.10	2.20	1.68	2.68	0.05	0.26	1.16
Intervallo	0.42	22.90	13.25	5.46	5.00	16.70	605.92	24.81	40.97	624.40	55.80	10.92	869.88	641.58	69.18	3.46	2.33
Minimo	8.35	5.93	22.59	5.92	0.50	0.40	0.70	0.06	0.21	147.63	4.09	0.22	0.14	1.20	2.47	3.06	1.50
Massimo	8.77	28.83	35.84	11.38	5.50	17.10	606.62	24.86	41.18	772.03	59.89	11.14	870.02	642.79	71.64	6.52	3.84
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	3.52	1.56	0.87	0.68	2.50	88.84	3.46	5.99	94.26	6.03	1.21	114.46	66.83	6.89	0.47	0.30

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

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.52	18.65	31.38	8.59	3.01	5.65	203.81	8.16	10.30	588.23	12.62	2.16	251.03	180.29	48.97	4.71	2.01
Errore standard	0.03	1.64	0.87	0.38	0.41	1.33	53.72	1.85	3.38	102.70	1.53	0.55	77.19	59.44	5.00	0.30	0.17
Mediana	8.49	19.82	32.95	8.72	2.50	4.10	108.73	5.72	4.71	441.39	12.44	0.91	144.51	79.50	44.39	5.31	1.74
Moda					1.50	1.70	0.70	0.06	0.21			0.22	0.14				1.51
Deviazione standard	0.12	7.50	4.00	1.75	1.88	6.10	246.20	8.46	15.47	470.62	7.02	2.53	353.71	272.38	22.91	1.38	0.76
Varianza campionaria	0.01	56.20	15.98	3.07	3.53	37.17	60612.46	71.54	239.29	221481.47	49.24	6.41	125109.08	74193.33	524.95	1.90	0.58
Curtosi	1.57	-1.36	2.65	-1.33	-1.71	8.82	0.45	-0.17	9.42	9.50	1.19	2.54	6.57	5.01	3.66	-1.03	1.54
Asimmetria	1.08	-0.29	-1.67	0.18	0.19	2.71	1.24	0.90	2.95	2.80	1.01	1.65	2.37	2.23	1.56	-0.34	1.52
Intervallo	0.49	23.52	15.24	5.44	5.50	27.10	736.79	28.09	66.81	2114.20	27.65	9.37	1472.59	1063.98	104.44	4.93	2.78
Minimo	8.34	5.83	20.66	6.31	0.50	0.80	0.70	0.06	0.21	220.15	4.18	0.22	0.14	2.90	16.01	2.05	1.23
Massimo	8.83	29.36	35.89	11.75	6.00	27.90	737.49	28.14	67.02	2334.35	31.83	9.59	1472.73	1066.89	120.45	6.97	4.01
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	3.41	1.82	0.80	0.85	2.78	112.07	3.85	7.04	214.22	3.19	1.15	161.01	123.99	10.43	0.63	0.35

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.50	18.47	32.12	8.31	3.20	4.71	165.50	7.41	10.53	452.71	12.31	2.16	187.47	141.92	39.44	4.61	2.08
Errore standard	0.02	1.63	0.73	0.38	0.52	0.83	42.26	1.81	2.96	56.45	1.39	0.57	45.78	41.02	2.89	0.25	0.19
Mediana	8.46	19.14	33.33	8.44	3.00	3.80	78.52	5.59	5.98	370.36	12.14	1.22	91.93	56.09	37.94	4.52	1.85
Moda	8.46				2.00	3.80	0.70					0.22	0.14				
Deviazione standard	0.11	7.46	3.33	1.73	2.37	3.81	193.68	8.27	13.58	258.67	6.38	2.62	209.78	187.99	13.24	1.17	0.87
Varianza campionaria	0.01	55.71	11.10	2.98	5.64	14.50	37510.62	68.48	184.55	66907.83	40.70	6.87	44009.54	35340.38	175.43	1.36	0.75
Curtosi	0.56	-1.43	4.23	-1.03	2.60	-0.58	2.94	1.71	13.79	1.86	-0.26	6.27	0.26	1.39	0.11	-0.31	1.17
Asimmetria	0.96	-0.25	-1.71	0.21	1.45	0.82	1.56	1.40	3.51	1.50	0.63	2.36	1.15	1.58	0.22	-0.40	1.33
Intervallo	0.44	22.45	14.41	5.96	9.50	12.40	753.26	30.17	64.59	918.98	22.78	10.83	662.43	625.05	51.19	4.38	3.25
Minimo	8.34	6.15	21.39	5.88	0.50	0.30	0.70	0.16	0.21	186.16	3.80	0.22	0.14	3.38	15.36	2.22	1.05
Massimo	8.78	28.60	35.80	11.84	10.00	12.70	753.96	30.33	64.80	1105.14	26.58	11.05	662.57	628.43	66.56	6.59	4.30
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	1.52	0.79	1.08	1.73	88.16	3.77	6.18	117.74	2.90	1.19	95.49	85.57	6.03	0.53	0.39

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 13 (Zadina)

Stazione 13 Zadina 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2019																	
	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	8.43	17.90	30.54	8.03	2.09	7.06	246.37	8.26	24.37	588.34	15.12	2.73	308.79	184.86	40.20	5.28	2.19
Errore standard	0.03	1.83	0.98	0.46	0.23	1.55	66.37	1.86	4.93	67.08	1.51	0.91	84.96	52.78	3.11	0.16	0.18
Mediana	8.41	19.57	32.15	7.87	2.00	4.80	78.95	6.16	17.90	485.97	13.07	1.40	216.31	80.57	36.29	5.36	1.93
Moda					1.50			0.06				0.22	0.14				
Deviazione standard	0.14	7.97	4.28	1.99	0.98	6.77	289.32	8.09	21.49	292.41	6.60	3.97	370.33	230.08	13.54	0.69	0.78
Varianza campionaria	0.02	63.55	18.30	3.96	0.96	45.78	83703.89	65.42	461.72	85504.62	43.51	15.79	137140.85	52934.91	183.39	0.47	0.61
Curtosi	0.00	-1.57	7.42	-1.51	-1.10	4.27	-0.04	0.62	0.96	1.38	1.04	6.96	7.91	5.61	-0.52	-0.89	1.59
Asimmetria	0.31	-0.23	-2.43	0.08	-0.07	2.09	1.05	1.13	1.10	1.30	1.17	2.55	2.53	2.20	0.65	-0.23	1.28
Intervallo	0.57	23.21	19.23	6.06	3.00	26.40	917.92	28.32	79.42	1072.21	24.47	15.88	1592.29	932.62	43.97	2.46	3.04
Minimo	8.18	5.69	15.90	5.38	0.50	0.90	1.98	0.06	0.21	296.62	7.12	0.22	0.14	3.15	22.16	3.97	1.14
Massimo	8.75	28.89	35.13	11.44	3.50	27.30	919.90	28.37	79.63	1368.83	31.59	16.10	1592.43	935.77	66.13	6.43	4.18
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.84	2.06	0.96	0.47	3.26	139.45	3.90	10.36	140.94	3.18	1.92	178.49	110.89	6.53	0.33	0.38

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) e stato di qualità

Parametri/Stazioni	2019					
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
	2 L.Volano	4 P.Garibaldi	6 Casalborsetti	9 L.Adriano	14 Cesenatico	17 Rimini
Terbutilazina + Desetil terbutilazina	0.016	0.014	0.011	0.010	<0.010	<0.010
Azoxystrobin	0.032	0.002	0.001	<0.010	0.014	<0.010
Chloridazon	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Metalaxyl	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Metolachlor	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Oxadiazon	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Boscalid	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Propyzamide	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Thiamethoxam	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Stato	Buono			Buono		

ALLEGATO III - Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

Valori medi per stazione delle concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) degli inquinanti specifici prioritari (tab. 1\A DLgs 172/15) e stato di qualità

Parametri/Stazioni	SQA-MA ($\mu\text{g/L}$)	2019					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacoloro	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cloroalcani C10-C13 (Cl 51,5%)	0.4	<0.05	0.08	0.05	0.05	<0.05	<0.05
Antiparassitari del ciclodiene (somma)	0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
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
Cadmio e composti	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Clorfenvinfos	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
DDT totale	0.025	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
p,p' DDT	0.01	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
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	0.3	0.2
Difenileteribromurati (somma) *		0.00005	0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	0.00005
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
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
Fluorantene	0.0063	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
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
Isoproturon	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
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 e composti	8.6	<2	<2	<2	<2	<2	<2
4-Nonilfenolo	0.3	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Ottifenolo	0.01	0.003	<0.003	0.004	0.004	0.007	0.003
Pentaclorobenzene	0.0007	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pentaclorofenolo	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Piombo e composti	1.3	2.1	<1	<1	<1	<1	<1
Simazina	1	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tetracloruro di carbonio	12	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
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
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
STATO		NON BUONO			BUONO		

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

Valori massimi di concentrazione ($\mu\text{g/l}$) degli inquinanti specifici prioritari (tab. 1\A DLgs 172/15) e stato di qualità

Parametri/Stazioni	SQA-CMA ($\mu\text{g/L}$)	2019					
		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
Cloroalcani C10-C13 (Cl 51,5%)	1.4	<0.05	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2
Antiparassitari del ciclodiene (somma) *		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	<0.005	<0.005
Atrazina	2.0	<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
Cadmio e composti		<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Clorfenvinfos	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
DDT totale *		<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
p,p' DDT *		<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
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)		0.7	0.5	0.5	0.4	0.8	0.6
Difenileteribromurati (somma)	0.014	0.00027	0.00025	0.00016	0.00008	0.00010	0.00033
Diuron	1.8	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Endosulfan (somma)	0.004	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
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
Fluorantene	0.12	0.006	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
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
Isoproturon	1.0	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Mercurio e composti	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	130	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	<0.005	<0.005
Nichel e composti	34	8	5	3	4	2	3
4-Nonilfenolo	2.0	0.04	0.03	0.04	0.03	0.09	0.04
Ottifenolo *		0.009	0.005	0.007	0.011	0.017	0.007
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
Piombo e composti	14	18	<1	<1	<1	<1	<1
Simazina	4	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tetracloruro di carbonio *		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Tetracloroetilene *		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetilene *		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno e composti	0.0015	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Triclorobenzeni (somma) *		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
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
STATO		NON BUONO			BUONO		

* 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) e stato di qualità

Corpi idrici	2018		2019	
	CD1	CD2	CD1	CD2
Data di campionamento	03/12/18	03/12/18	15/10/19	15/10/19
Specie selezionata	<i>Gobius paganellus</i>	<i>Gobius paganellus</i>	<i>Mullus barbatus</i>	<i>Mullus barbatus</i>
Contenuto acqua %	44.2	75.0	22.0	32.7
Sostanza grassa tot. %	n.e.	n.e.	9.4	9.4
Difenileteri bromurati ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	0.0157	0.0069	0.3126	0.1411
DDT totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	---	---	0.1665*	0.0751*
DDT totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	n.e.	n.e.	6.9	6.2
Esaclorobenzene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	n.e.	n.e.	<1.5	<1.5
Esaclorobutadiene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	<20	<20	<20	<20
Mercurio e composti ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	<5	<5	179	155
Dicofol ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	---	---	60**	60**
Dicofol ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	n.e.	n.e.	<1.5	<1.5
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	n.e.	n.e.	<2.5	<2.5
Diossine e composti diossina-simili ($\mu\text{gTEQ}/\text{kg}$ p.u.)***	0.0026	0.0029	0.0083	0.0051
STATO	NON BUONO	NON BUONO	NON BUONO	NON BUONO

n.e. analisi non eseguita

* concentrazione normalizzata rispetto al contenuto lipidico

** concentrazione normalizzata rispetto al peso secco

*** somma di diossine, furani e PCB diossina-simili espressi in equivalenti di tossicità dell'Organizzazione Mondiale della Sanità utilizzando i Fattori di Tossicità Equivalente 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

ALLEGATO V - Inquinanti ricercati nel sedimento

Medie/anno di Metalli, Organometalli, Policiclici Aromatici e Pesticidi per **corpo idrico** e relativo stato di qualità

Parametri/ Corpi idrici	2019	
	CD1 Goro-Ravenna Staz. 302-304-306	CD2 Ravenna-Cattolica Staz. 308-309-314-317-319
Metalli (mg/kg s.s.)		
Cadmio	<0.10	<0.10
Mercurio	<0.10	<0.10
Piombo	13.7	7.7
Organometalli (µg/kg s.s.)		
Tributilstagno	3.4	1.8
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)		
Antracene	<2.0	<2.0
Naftalene	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)		
Aldrin	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	<0.10	<0.10
Somma DDT	0.10	<0.10
Somma DDD	0.32	0.33
Somma DDE	0.48	0.34
Dieldrin	<0.10	<0.10
STATO	Buono	Buono

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

Parametri/ Stazioni	2019							
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica				
	302	304	306	308	309	314	317	319
Metalli (mg/kg s.s.)								
Cadmio	0.13	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Mercurio	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Piombo	15.4	12.3	13.3	8.3	8.6	5.3	6.7	9.6
Organometalli (µg/kg s.s.)								
Tributilstagno	2.1	5.5	2.6	1.1	2.4	2.1	2.5	0.8
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)								
Antracene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Naftalene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)								
Aldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Somma DDT	<0.10	0.14	0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.17
Somma DDD	0.35	0.31	0.30	0.48	0.17	0.17	0.29	0.57
Somma DDE	0.59	0.37	0.48	0.56	0.25	0.26	0.22	0.42
Dieldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
STATO	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono

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

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941

E-mail: daphne@arpae.emr.it