



Assessorato Ambiente e Riqualificazione Urbana



Arpa
Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente
dell'Emilia-Romagna
Struttura Oceanografica Daphne



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2013



Finito di stampare nel mese di dicembre 2014

Presso il Centro Stampa della Giunta Regionale

SOMMARIO

PRESENTAZIONE	1
SOMMARIO	3
SUMMARY	3
1 QUADRO NORMATIVO.....	5
2 QUADRO CONOSCITIVO	7
2.1 Il mare Adriatico: caratteristiche generali	7
2.2 La fascia costiera emiliano-romagnola	8
2.2.1 Le pressioni	8
2.2.2 La qualità delle acque marino costiere.....	10
2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	10
2.2.4 I corpi idrici	13
3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	15
3.1 Metodi di campionamento.....	15
3.1.1 Prelievo acqua.....	15
3.1.1.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	15
3.1.1.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi	15
3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	15
3.1.2 Prelievo sedimento.....	16
3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	16
3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche	16
3.1.3 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua	17
3.2 Metodi analitici	18
3.2.1 Matrice acqua.....	18
3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	18
3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi	19
3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton	19
3.2.2 Matrice sedimento.....	20
3.2.2.a Indagini chimico/fisiche	20
3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	20
3.2.2.c Indagini ecotossicologiche	21
3.2.2.d Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos.....	22
3.2.3 Matrice Biota	22
3.2.3.a Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici.....	22
3.2.4 Indagini meteo-marine	22
4 LO STATO TROFICO	23
4.1 Rete di monitoraggio	23
4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento	26
4.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo	28
4.3 Elaborazione bollettino.....	39
4.4 Monitoraggio e risultati.....	41
4.4.1 Parametri idrologici	41
4.4.1.a Temperatura.....	41

4.4.1.b	Salinità.....	44
4.4.1.c	Ossigeno disciolto	48
4.4.1.d	Clorofilla "a"	52
4.4.2	Elementi nutritivi	57
4.4.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃)	57
4.4.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	60
4.4.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	63
4.4.2.a	Azoto inorganico disciolto (DIN).....	65
4.4.2.b	Azoto totale (N tot).....	67
4.4.2.c	Fosforo reattivo (P-PO ₄).....	69
4.4.2.d	Fosforo totale (P tot).....	75
4.4.2.e	Silice reattiva (Si-SiO ₂)	79
4.4.2.f	Rapporto N/P (frazione solubile).....	81
4.5	Definizione dello Stato Trofico	83
4.5.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	83
4.5.2	Indice di Torbidità (TRBIX)	87
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	89
5.1	Rete di monitoraggio	89
5.2	Analisi dei risultati.....	93
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	93
5.2.1.a	Fitoplancton.....	93
5.2.2	Macrozoobenthos	110
5.2.3	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici.....	118
5.2.3.a	Elementi di qualità chimico-fisica	118
5.2.3.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti.....	127
5.2.4	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità.....	129
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	129
5.2.4.b	Sostanze ricercate nei sedimenti.....	129
5.2.5	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	133
5.2.5.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	133
5.2.5.b	Sostanze ricercate nel sedimento	133
5.2.5.c	Sostanze ricercate nel biota	137
5.2.6	Test ecotossicologici	137
5.2.7	Direzione e altezza onde	138
5.2.8	Direzione e velocità delle correnti marine	140
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	142
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	144
7.1	Proliferazione macroalghe	144
7.2	Episodi anossici	144

HANNO CONTRIBUITO:

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Enza Bertaccini
Sandro Tarlazzi

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Claudio Silvestri
Cristina Mazziotti
Fabiola Morrone

Determinazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti
Fabiola Morrone

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Enza Bertaccini

Indagini ecotossicologiche:

Cristina Mazziotti
Paola Martini

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpa di Ferrara e Ravenna

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Patricia Santini
Cristina Mazziotti
Claudio Silvestri
Fabiola Morrone
Marco Elementi
Carla Rita Ferrari

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpa - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

daphne@arpa.emr.it <http://www.arpa.emr.it/daphne/>

Si ringraziano per la collaborazione Pagan Dino e Papperini Marco, rispettivamente Comandante e Motorista del Battello Oceanografico "Daphne II".

PRESENTAZIONE

Si ripropone la rassegna dei dati rilevati dalla Struttura Oceanografica Daphne di Arpa Emilia-Romagna nell'area antistante la nostra Regione. Il rapporto annuale 2013 sullo stato ambientale delle acque marine è un ulteriore tassello che si aggiunge al mosaico iniziato fin dalla fine degli anni '70 del secolo passato, per arricchire quel patrimonio di conoscenze sui fenomeni che si possono manifestare in tale ambiente.

Dalle osservazioni e misure effettuate, in gran parte riportate nel presente rapporto, emerge un quadro complessivo sullo stato ambientale del nostro mare soddisfacente. Permangono tuttavia casi di eutrofizzazione accompagnati da sottosaturazione di ossigeno nelle acque di fondo che hanno, in particolari momenti, generato condizioni indesiderate e potenzialmente pericolose per l'ecosistema marino. Condizioni che pur essendo più contenute rispetto a quanto si verificava negli anni '70 e '80, meritano attenzione e suggeriscono la necessità di rilanciare la pianificazione degli interventi a scala di bacino padano. Ecco quindi l'importanza di avere un quadro preciso e dettagliato delle conoscenze, perché rappresentano la base per la predisposizione di razionali strategie di intervento e di difesa, come ad esempio il prossimo Piano di Gestione dell'Autorità di Bacino del Po, in fase di stesura di concerto con le Regioni.

Le indagini rivolte al complessivo Stato di Qualità Ambientale, che focalizza l'attenzione sui livelli di inquinamento nelle matrici acqua, sedimenti e organismi marini, hanno ancora una volta segnalato una buona condizione, sottolineando come il fenomeno "eutrofizzazione" resti il principale problema ambientale del nostro mare.

Il presente Rapporto contiene dati e mappe sulla distribuzione spaziale e temporale delle fenomenologie e le tendenze a lungo periodo dei vari parametri rilevati; informazioni importanti sia per misurare l'efficacia delle azioni intraprese che per attuare una corretta comunicazione. Questo approccio ha sempre contraddistinto l'attività della Struttura Oceanografica Daphne comunicando, attraverso dettagliati bollettini emessi in tempo "reale" sul sito di Arpa, le condizioni rilevate settimanalmente.

Un lavoro impegnativo che pone sul tavolo delle conoscenze un corposo pacchetto di informazioni, la cui utilità travalica gli aspetti informativi rivolti al mondo della ricerca e agli organismi tecnici preposti al controllo del territorio.

Un ulteriore salto di qualità è richiesto dal recepimento della Direttiva 2008/56/CE nota come "Marine Strategy" con il D.Lgs 190/2010. La stipula di Accordi tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con le Regioni costiere vede la partecipazione di tutti i soggetti istituzionali competenti per il raggiungimento degli obiettivi previsti dalla citata Direttiva. Ad esse vanno integrate le politiche di tutela del mare e le connesse strategie di crescita economica sostenibile, "Blue Economy" e "Blue Growth Strategy". Le Agenzie Regionali per l'Ambiente, in base alla L. 116/14, saranno fortemente impegnate per l'attuazione dei programmi di monitoraggio in stretto raccordo con le Regioni e il Ministero. In tale contesto sia la Regione Emilia-Romagna che Arpa Emilia-Romagna Struttura Daphne sono Capofila della Sottoregione Mare Adriatico.

Nella convinzione che la conoscenza dei processi e dei fattori causali sia l'unica strada percorribile per una razionale pianificazione degli interventi di risanamento, la Regione Emilia-Romagna intende mantenere su livelli alti il già consolidato livello di studio e controllo, anche allo scopo di affinare le necessarie conoscenze per una gestione integrata delle problematiche esistenti, della fascia costiera e dei bacini afferenti al sistema costiero.

Dott. Giuseppe Bortone
Direttore Generale
Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa
Regione Emilia-Romagna

SOMMARIO

Lo stato delle acque marino costiere durante il 2013 ha evidenziato in generale una buona condizione ambientale. Fenomeni di eutrofizzazione importanti lungo la costa, si sono manifestati durante i mesi primaverili interessando, in alcuni momenti, tutta l'area monitorata da costa al largo. Questa situazione si è venuta a creare in conseguenza a cospicui apporti di sostanze nutritive veicolate in particolare dal bacino padano che hanno alimentato e sostenuto la componente microalgale. Le portate del fiume Po nel 2013, ed in maniera proporzionata di tutti gli altri fiumi minori, hanno registrato un incremento rispetto agli ultimi due anni. La portata media annuale ($1827 \text{ m}^3/\text{sec}$) è risultata maggiore rispetto al valore medio storico di $1490 \text{ m}^3/\text{sec}$ (calcolato sul periodo 1917-2012).

Durante l'estate si sono rilevate alcune situazioni di criticità sul fondo dovute ad una diminuzione dei valori di ossigeno disciolto che hanno provocato sofferenza degli organismi marini che vivono a stretto contatto con i fondali. In concomitanza, situazioni idrodinamiche particolari (venti da Libeccio) hanno contribuito in alcuni momenti ad un loro spiaggiamento. Nel 2013 non sono stati registrati affioramenti di aggregati mucillaginosi lungo la costa dell'Emilia-Romagna.

Come negli anni precedenti, i controlli sulla presenza della microalga tossica *Ostreopsis ovata* durante la stagione estiva hanno dato riscontro sempre negativo.

SUMMARY

The year 2013 was characterized by a good environmental status of marine coastal waters. Eutrophic phenomena along all the monitored coast strip were evident in the spring period. This situation was originated as a consequence of high nutrients input from the Po basin, which sustained the growth of the microalgal marine component.

During the 2013 the Po river-flows and proportionately to all other smaller rivers, have increased over the previous four years. The average annual flow ($1827 \text{ m}^3/\text{sec}$) was higher than the climatological average of $1490 \text{ m}^3/\text{sec}$ (calculated over the period 1917-2012).

During the Summer period, some critical events related to low dissolved oxygen occurred, causing sufferance to marine benthic organisms. In the same time particular hydrodynamic conditions (southwest winds) contributed to their stranding.

In 2013 there was no presence of mucilaginous material along coast of Emilia-Romagna.

As in the previous years, the summer controls on the presence of toxic microalgae *Ostreopsis ovata* have given negative feedback.

1 QUADRO NORMATIVO

Il D.Lgs 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 s.m.ei. è stato abrogato dal successivo D.Lgs 152/06.

Il D.Lgs 152/99 e s.m.ei. 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. 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. 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. 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 Delibera di Giunta n.392/2010 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 della attività di tipizzazione, di individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio di prima individuazione e i relativi programmi di monitoraggio.

Con il D. 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.

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.

2 QUADRO CONOSCITIVO

2.1 IL MARE ADRIATICO: CARATTERISTICHE GENERALI

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

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

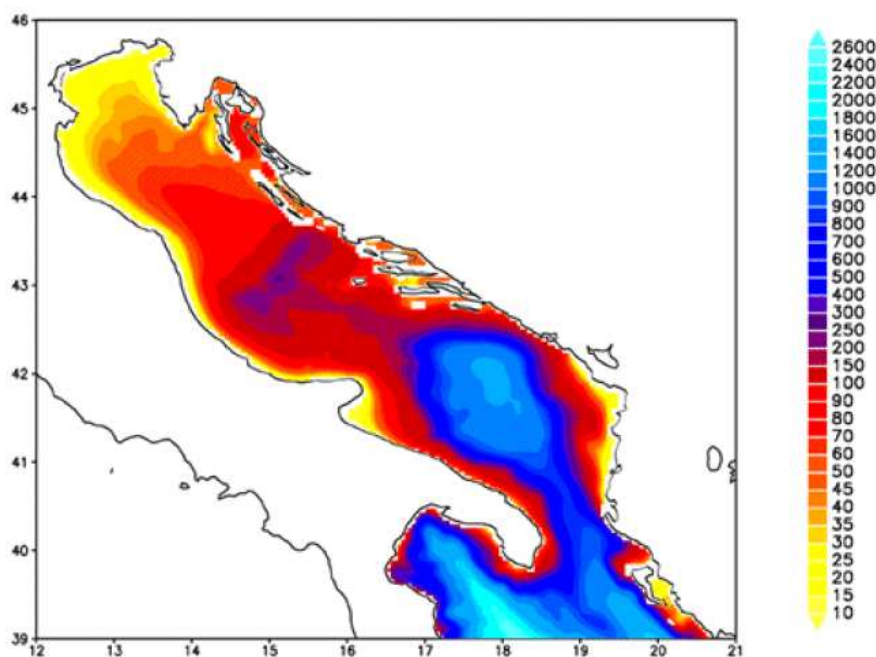


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

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

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

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

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

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

2.2 LA FASCIA COSTIERA EMILIANO-ROMAGNOLA

2.2.1 Le pressioni

I processi di eutrofizzazione che da diversi anni affliggono la fascia costiera dell'Emilia Romagna provocano impatti negativi oltre che sugli equilibri ambientali dell'ecosistema benthico 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 ($1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ come media annuale nel lungo periodo), rappresenta il motore e l'elemento caratterizzante del bacino dell'Adriatico nord-occidentale, in grado di determinare e condizionare gran parte dei processi trofici e distrofici nell'ecosistema costiero (Figura 2).

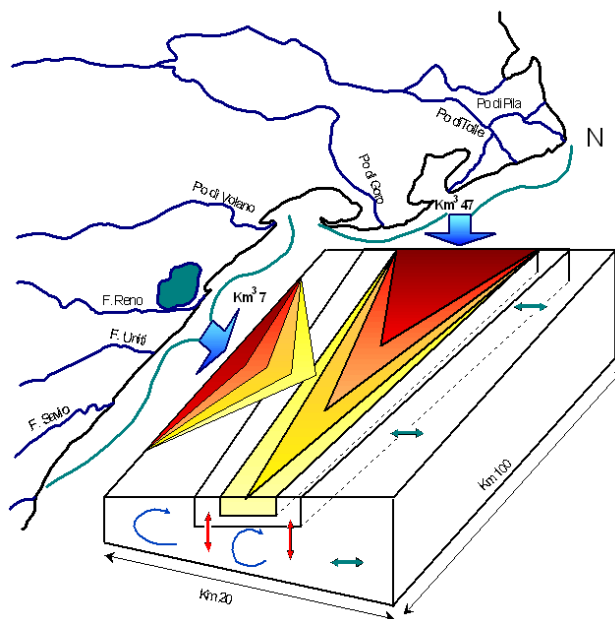


Figura 2 - Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

Dall'analisi della stima dei contributi di provenienza regionale di azoto e fosforo, emerge che la zona costiera individuata tra il delta del Po e Ravenna riceve un contributo equivalente a 7500 ton/anno di azoto e 294 ton/anno di fosforo. Questi rappresentano, rispettivamente, il 66.5% e il 62.2% del carico totale annuale di questi due elementi sversati dall'insieme dei bacini fluviali della Regione (da Idrovora Bonello al Tavollo). Questi carichi non considerano il contributo che deriva dalla restante parte del bacino padano che supera di gran lunga l'apporto sversato dai soli fiumi dell'Emilia-Romagna (vedi Figura 3).

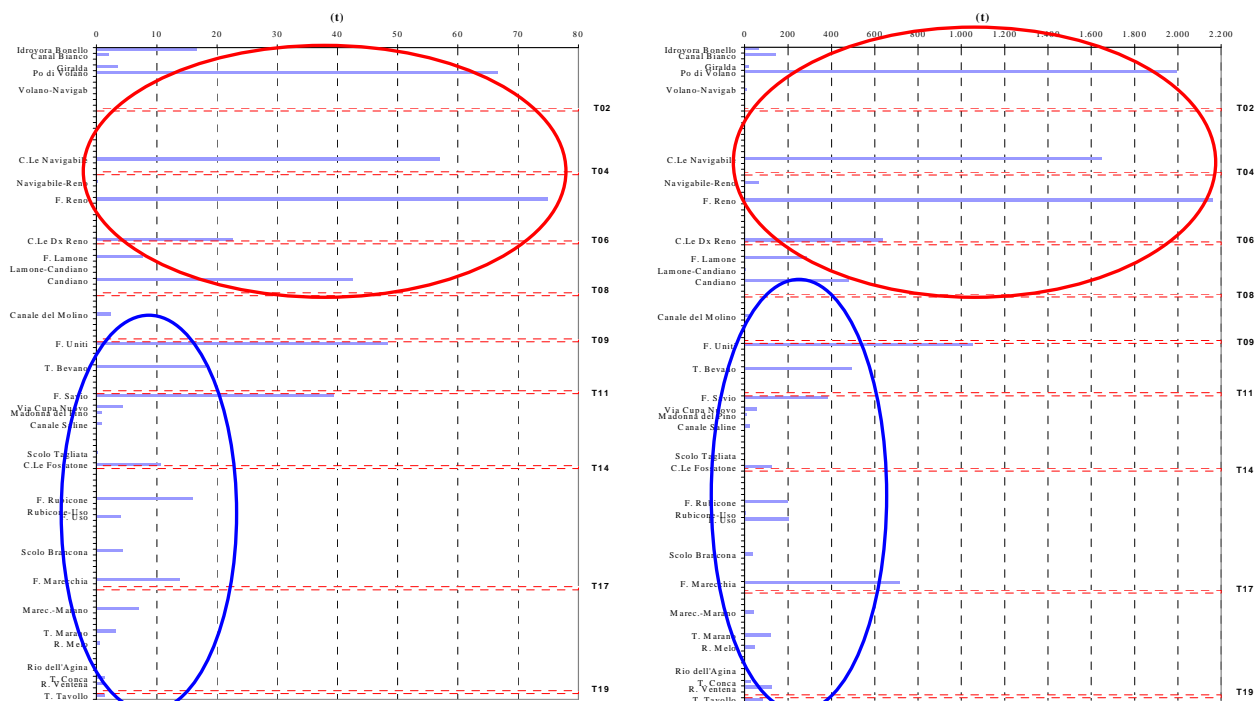


Figura 3 - Carichi di fosforo (diagramma a sinistra) e di azoto (diagramma a destra) sversati dalle varie immissioni lungo la costa-totale annuo

2.2.2 La qualità delle acque marino costiere

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

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

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

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

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

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

2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea

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

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

La circolazione a Nord di Ravenna è caratterizzata da un campo di velocità diretto verso il largo sotto la foce del Po (nella zona antistante il Lido di Volano e il Lido delle Nazioni) che si richiude a nord di Ravenna con correnti verso costa. Queste due correnti opposte sono generalmente disconnesse ma ci sono mesi, quali quelli di aprile, maggio, giugno, dove si può chiaramente vedere che le correnti verso il largo e verso costa si connettono, quasi chiudendosi ad anello, producendo lungo la batimetria dei 10-20 metri una corrente verso sud. Questo anello è comunemente chiamato in oceanografia vortice ed in particolare in questo caso, vortice anticiclonico; non è sempre presente e la circolazione mostra cambiamenti repentini di direzione nei vari mesi. Tra febbraio e marzo la corrente in questa area ha direzioni opposte, indicando ancora una volta un regime idrodinamico assai variabile ed instabile.

Data l'importanza che questo tipo di circolazione può avere sui fenomeni eutrofici della zona costiera è necessario concentrarsi sulla circolazione dei mesi estivi di luglio, agosto e settembre. A luglio e settembre le correnti sono generalmente prossime alla costa e limitano, verso costa, una zona di alta temperatura e bassa salinità che può condurre a fenomeni distrofici, non rari in queste aree. Questa circolazione può essere vista come il bordo del vortice che è però così accostato che non riesce a chiudersi lungo la costa e tende a confinare le acque calde e poco salate; la circolazione in agosto è leggermente più "aperta" ovvero di scambio tra la costa ed il mare aperto anche se persiste una condizione di confinamento delle acque di tipo fluviale e ad alta temperatura verso la costa.

Nella zona a sud di Ravenna e Lido Adriano le correnti sono generalmente verso sud e dell'ordine di 5-10 cm/sec tutto l'anno. È questo un segmento della famosa corrente del nord Adriatico (WACC), che persiste tutto l'anno raggiungendo la massima intensità tra novembre e gennaio. Questo segmento di corrente è disconnesso dalla circolazione a nord di Ravenna eccetto che in novembre, settembre, agosto, giugno e febbraio, dove sembra formare una unica struttura a curve alternanti (o meandri), occludendo da un certo punto di vista la zona costiera dagli scambi con il mare aperto. Nella stessa area a sud di Ravenna vi sono mesi dove la componente della corrente lungo costa è decisamente molto debole (marzo e luglio) mentre la componente perpendicolare alla costa è molto forte come nel caso di maggio, luglio, agosto e settembre.

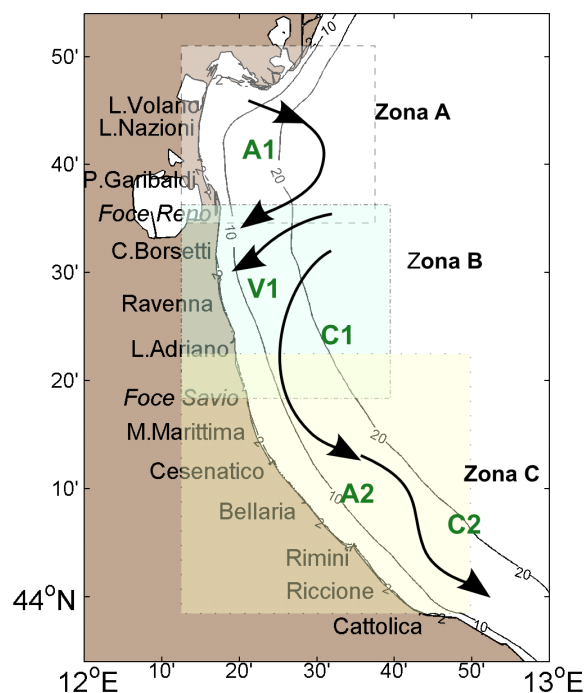


Figura 4 - Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie

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 4 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 4) 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 4), 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 5).



Figura 5 - Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

2.2.4 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.Lgs152/06.

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.Lgs152/06.

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 6). Il primo corpo idrico (CD1), si estende da Goro (delta Po) a Ravenna con una superficie di circa 96 km^2 , 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.

WGS84

Vertici CD1 Goro-Ravenna	Distanza costa km	Profondità fondale m	Lat WGS84 (gg.ppddd)	Lon WGS84 (gg.ppddd)
A1	0.5	2.5	44.4786	12.1637
B1	3.0	4.5	44.4789	12.1867
C1	3.0	8.7	44.2985	12.1924
D1	0.5	3.5	44.2984	12.1705

WGS84

Vertici CD2 Ravenna-Cattolica	Distanza costa km	Profondità fondale m	Lat WGS84 (gg.ppddd)	Lon WGS84 (gg.ppddd)
A2	0.5	2.8	44.2917	12.1711
B2	3.0	8.8	44.2971	12.1922
C2	3.0	10.5	43.5969	12.4585
D2	0.5	3.7	43.5820	12.4494



Figura 6 - Rappresentazione cartografica dei corpi idrici delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna

3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

3.1 METODI DI CAMPIONAMENTO

3.1.1 Prelievo acqua

3.1.1.a Prelievo 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.

3.1.1.b 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.

3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche

Per i prelievi delle diverse aliquote per le determinazioni delle sostanze richieste dalle tabelle 1/A, 1/B del D.56/09 vengono adottati i seguenti criteri:

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

3.1.2 Prelievo sedimento

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

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

3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche

Le attività di campionamento dei sedimenti litoranei è stata svolta in condizioni meteo-marine stabili e 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:

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

3.1.3 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 (Fulgor Mare e Telesub Lanterna)

Caratteristiche della sonda multiparametrica:

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

3.2 METODI ANALITICI

3.2.1 Matrice acqua

3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Parametro	Metodo analitico	
Pesticidi		
2,4'-DDT	M/P/AC/002/LM: Metodo per la determinazione dei residui di prodotti fitosanitari in acqua mediante estrazione in fase solida e analisi gascromatografica con rivelatori selettivi (Metodi analitici per le acque Vol. 2° 5060 -APAT, IRSA-CNR (2003))	
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		
Esaclorobenzene		
Atrazina		
Trifluralin		
P Clorfenvinfos		
Clorpirifos (Clorpirifos etile)		
Simazina		
Pentaclorobenzene		
Endosulfan		
Diuron		(LC-MS)
Isoproturon		
Solventi organici		
Benzene	EPA 5030b EPA 8260b-Purge and trap e GC/MS	
1,2-Dicloroetano		
Tetracloruro di carbonio		
Tetracloroetilene		
Tricloroetilene		
Triclorobenzeni		
Triclorometano		
Ftalati		
Di(2-etilesilftalato)	EPA 8270 D REV. 4 2007	
Alchilfenoli		
4- Nonilfenolo	GC-MS / EPA 8041	
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	GC-MS / EPA 8041	
Clorofenoli		
Pentaclorofenolo	EPA 8041	
Difenileteri Polibromurati (PBDE)		
Difeniletero bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	GC/MS/MS	

Parametro	Metodo analitico
Policiclici Aromatici	
Fluorantene	<i>Metodi analitici per le acque</i> Vol. II n° 5080 APAT, IRSA-CNR (2003) (LLE o SPE+GC-MS; LLE o SPE+HPLC-UV O HPLC-fluorescenza)
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, cloro	HPLC/MS
Metalli	
Cadmio	EPA 6020-ICP/MS
Mercurio e composti	3200/A1 APAT/IRSA- Vapori freddi
Nichel	EPA 6020-ICP/MS
Piombo e composti	EPA 6020-ICP/MS

3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi

Parametro	Metodo analitico
Fosforo e azoto totali e totali solubili	Methods of Seawater Analysis, Grasshoff K, M. Ehrhardt, K. Kremling Eds, Verlag Chemie, Weinheim, 1983. Valderrama J.C., 1981. Mar.Chem.,10 SEAL Analytical Q-031-04 Rev.2 (multitest MT3A) SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)
Fosforo reattivo	SEAL Analytical Q-031-04Rev.2 (multitest MT3A)
Azoto ammoniacale	SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 2
Azoto nitroso	SEAL Analytical Q-030-04 Rev 3 (Multitest MT3A)
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1 (Multitest MT19)
Azoto nitrico	SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)

3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton

Il campionamento e l'analisi del fitoplancton è stato eseguito secondo i criteri definiti nelle "Metodologie di studio del plancton marino" (ISPRA Manuali e Linee Guida 56/2010). L'analisi quali-quantitativa è stata effettuata utilizzando un microscopio rovesciato Nikon Ti-eclipse con i seguenti ingrandimenti: 1000x, 600x, 400x, 300x, 200x, 100x. La metodologia seguita è quella di Uthermöhl H. (1958).

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

3.2.2 Matrice sedimento

3.2.2.a Indagini chimico/fisiche

Determinazione	Metodo analitico
Analisi granulometrica	<ul style="list-style-type: none"> ○ “Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell’ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, p. 84. ○ ASTM E11 - 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

3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	UNI EN 13346/2002 APAT CNR IRSA 3200/A1 Man 29 2003
Cadmio	UNI EN 13346/2002-Estrazione microonde EPA 6020
Nichel	
Piombo	
Arsenico	
Cromo totale	
Cromo VI	EPA 3060A - estrazione EPA 7199 - analisi cromatografia ionica
Organo metalli	
Tributilstagno	Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS
Pesticidi	
Aldrin	Pesticidi Organoclorurati. Quad.Ist.Ric.Acque,64. Metodi analitici fanghi Vol.3. Gennaio 1988 Metodo EPA3500b. Organic extraction and sample preparation Metodo EPA3550b. Ultrasonic extraction Metodo EPA3640a. Gel-permeation cleanup Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS)
Alfa esaclorocicloesano	
Beta esaclorocicloesano	
Gamma esaclorocicloesano	
lindano	
DDT	
DDD	
DDE	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
Policiclici Aromatici	
IPA totali (vedi Tab3/B D.56/09)	EPA 3545A 2007 EPA 3630C 1996 EPA 8270D 2007
Diossine	
PCDD, PCDF (Diossine e Furani) (vedi Tab3/B D.56/09)	EPA 1613B 1994 (G.C.+MASSA-MASSA)
Policloro Bifenili	
PCB (vedi Tab3/B D.56/09)	M/C/MO/002/LM rev.4 (G.C.+MASSA-MASSA)

3.2.2.c Indagini ecotossicologiche

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>
Saggio ecotossicologico con il rotifero <i>Brachionus plicatilis</i>	<p>ROTOKIT M – Rotifer Toxicity Screening Test for Estuarine and Marine Waters. ASTM E1440 – 91 (2012). Standard Guide for Acute Toxicity Test with the Rotifer <i>Brachionus</i>.</p>

Specie	Matrice testata	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)

3.2.2.d *Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos*

Vengono adottati i criteri definiti da Gambi, M.C. & Dappiano, M. (Ed.) (2003), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo con il contributo di APAT, SIBM, ICRAM in *Biologia marina mediterranea* Vol. 10 (suppl.).

Per ciascuna stazione è previsto il campionamento in 3 repliche di sedimento mediante benna Van Veen (0.112 m²) e conseguente:

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

L'indagine consiste nella:

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

3.2.3 **Matrice Biota**

3.2.3.a *Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici*

Sostanza	Metodo analitico
Mercurio e composti	Mineralizzazione acqua regia e perossido di idrogeno. Assorbimento atomico vapori freddi o ICP/MS
Esaclorobenzene	“Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, BIOACCUMULO IN BIVALVI-Scheda3

3.2.4 **Indagini meteo-marine**

Determinazione	Strumentazione - Località
Precipitazioni atmosferiche	Stazione meteorologica Cesenatico-Pluviografo (SIAP)
Altezza dell'onda	Boa ondometrica Mod. Datawel MKIII (coordinate WGS84 12.3669°E 44.5101°N) gestita da Arpa-SIMC
Portate fiume Po	Fornite dal Servizio IdroMeteoclima dell'Arpa
Correnti marine	Correntometro Aanderaa, modello RCM9 (coordinate WGS84 12.28309°E 44.12743°N)

4 LO STATO TROFICO

4.1 RETE DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio prevista per il controllo e la valutazione dello stato trofico lungo la costa dell'Emilia-Romagna si attua su una rete di 34 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 7 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
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 7 – Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)

4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento

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

Il monitoraggio lungo la costa emiliano romagnola prevede in generale una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti e fitoplancton, ad eccezione per quest'ultimo di 4 stazioni dove la frequenza è bimestrale. 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. Il campionamento del fitoplancton prevede una frequenza quindicinale in tutte le stazioni

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, Casalborgorsetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica.

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

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

(**) Settimanale da giugno a settembre

4.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO-ROMAGNOLO

Lo stato delle acque marino costiere durante il 2013 ha evidenziato in generale una buona condizione ambientale.

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna è dimostrato che le acque dolci di origine fluviale, confluendo direttamente in mare, ne influenzano in maniera determinante la qualità ambientale; infatti, quando sono abbondanti e persistenti, creano situazioni particolari come forti diluizioni delle acque superficiali (con conseguente abbassamento dei valori di salinità), aumento delle concentrazioni degli elementi eutrofizzanti (diverse forme di azoto e fosforo) e sviluppo di fioriture microalgali (con aumento della concentrazione di clorofilla "a"), colorazione anomala (verde, rosso, marrone) e riduzione della trasparenza delle acque.

Le fioriture microalgali, importanti e positive in termini di produttività, possono innescare fenomeni eutrofici intensi ed estesi se concomitanti a condizioni idrodinamiche particolari (esempio condizioni meteo marine stabili) che si verificano durante l'anno.

Il mese di gennaio è caratterizzato in generale da valori degli indici trofici che si mantengono medio-bassi, sia nell'area centro-settentrionale sia in quella meridionale (Figura 8). I dati di salinità rilevati evidenziano delle acque marine superficiali diluite con valori medio-bassi a causa di cospicui apporti di acque dal bacino padano immessi a dicembre 2012 (Figura 32); a questi ultimi si aggiungono inoltre gli apporti provenienti dai bacini costieri a seguito di precipitazioni locali (Figura 9). Questo ha comportato di conseguenza anche un abbassamento delle temperature in superficie con formazione di marcati termoclini soprattutto a nord, nelle stazioni al largo.

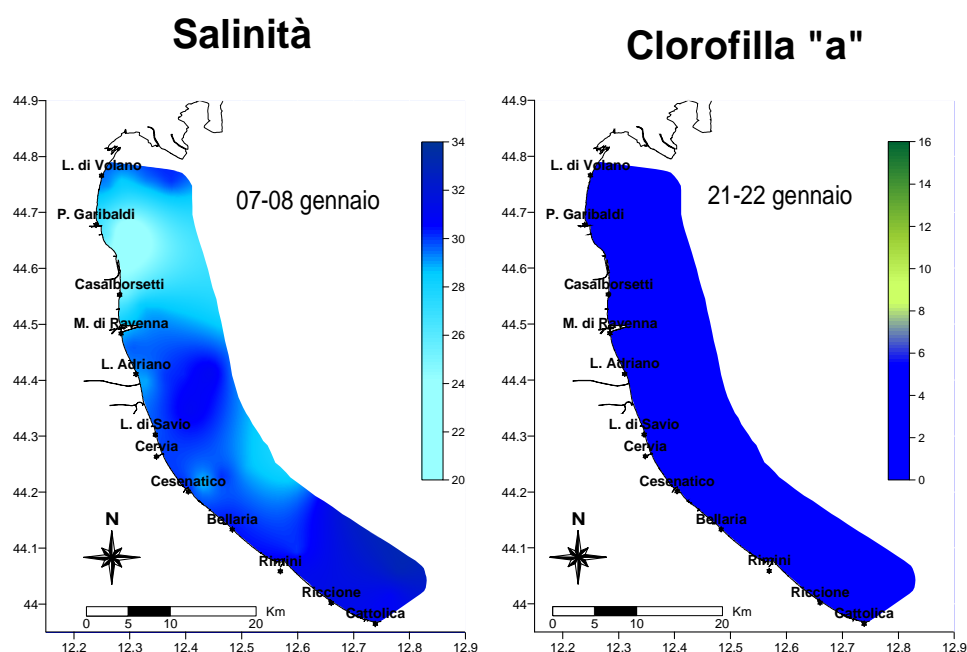


Figura 8 – Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu) e della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa fino a 10 km al largo

Presenti significative stratificazioni termiche nel mese di febbraio con variazioni di temperature tra superficie e fondo anche di 10°C.

Durante questo periodo si sono verificati fenomeni di instabilità meteo marina con eventi di mare mosso intenso, che hanno determinato un aumento della torbidità delle acque a causa della risospensione di materiale fine di origine terrigeno con conseguente diminuzione della trasparenza (Figura 10). Il moto ondoso ha indotto un forte e importante rimescolamento delle acque, tra superficie e fondo, determinando un aumento della salinità in superficie in tutte le stazioni, sia in costa che al largo.

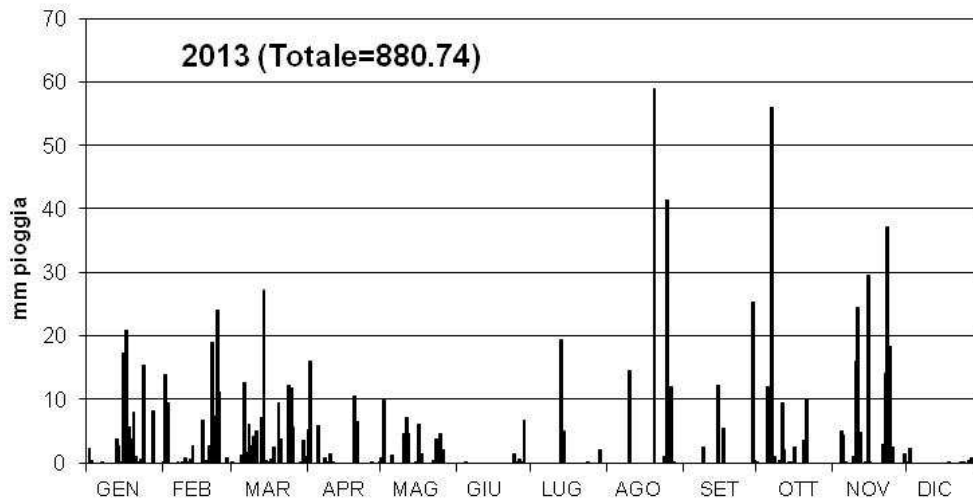


Figura 9 – Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

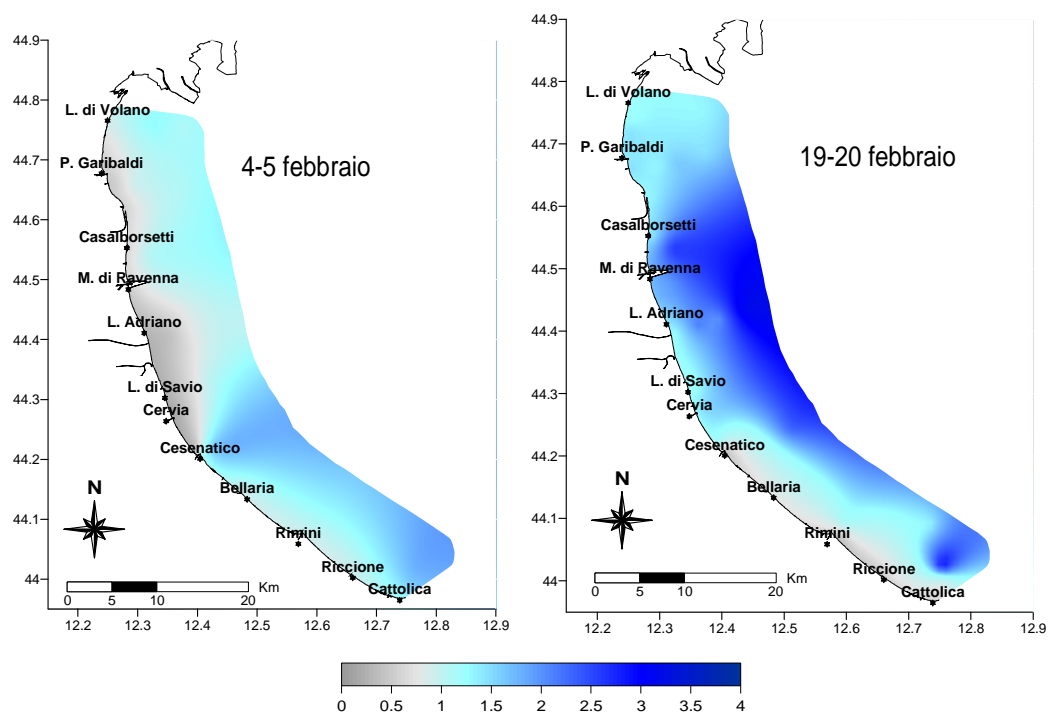


Figura 10 – Mappe di distribuzione in superficie della trasparenza (m) rilevata da costa fino a 10 km al largo durante i monitoraggi di febbraio

Il continuo perdurare di elevate portate dai bacini costieri e in particolare da quello padano, a metà del mese di marzo, ha contribuito ad un aumento degli elementi eutrofizzanti (azoto e fosforo) immessi in mare: questi ultimi hanno alimentato e sostenuto la componente fitoplanctonica in mare. Quindi oltre ad una diminuzione dei valori di salinità, si è rilevato un aumento della concentrazione di clorofilla “a” conseguentemente all’incremento della componente microalgale. Tale fioritura microalgale era sostenuta da diatomee appartenenti al genere *Pseudonitzschia* e *Chaetoceros* (Figura 11).

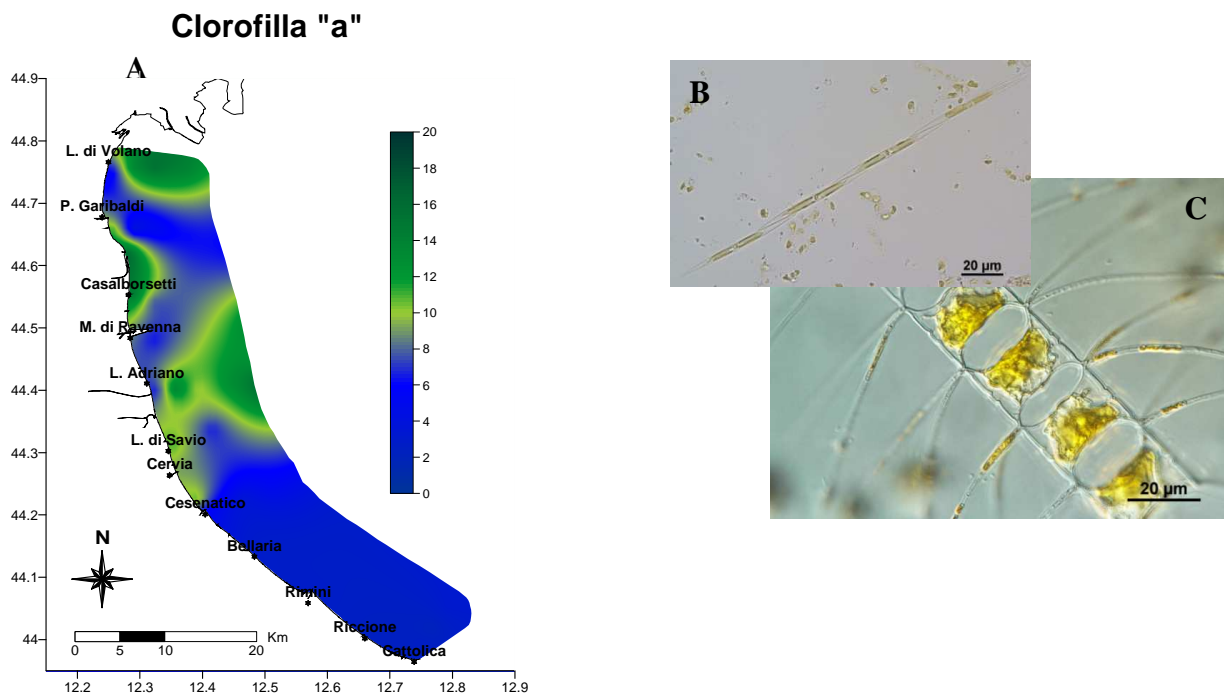


Figura 11 – A) Mappe di distribuzione in superficie della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) rilevata da costa fino a 10 km al largo nei giorni 4-5 marzo B) *Pseudonitzschia* spp. C) *Chaetoceros* spp; fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

In questo periodo l’area centro-settentrionale rispetto a quella più meridionale, oltre a caratterizzarsi per l’aumento della produttività dell’ecosistema e della concentrazione in superficie dell’ossigeno disciolto con valori tendenti alla sovrasaturazione, presenta ancora valori bassi di salinità.

In molte stazioni si sono instaurati marcati aloclini nei primi metri della colonna con valori superficiali in alcune stazioni in costa.

L’area meridionale, come succede spesso durante l’anno, presenta una netta differenza rispetto all’area più a nord con valori bassi di clorofilla “a”, buona trasparenza delle acque e salinità medio alta (Figura 12).

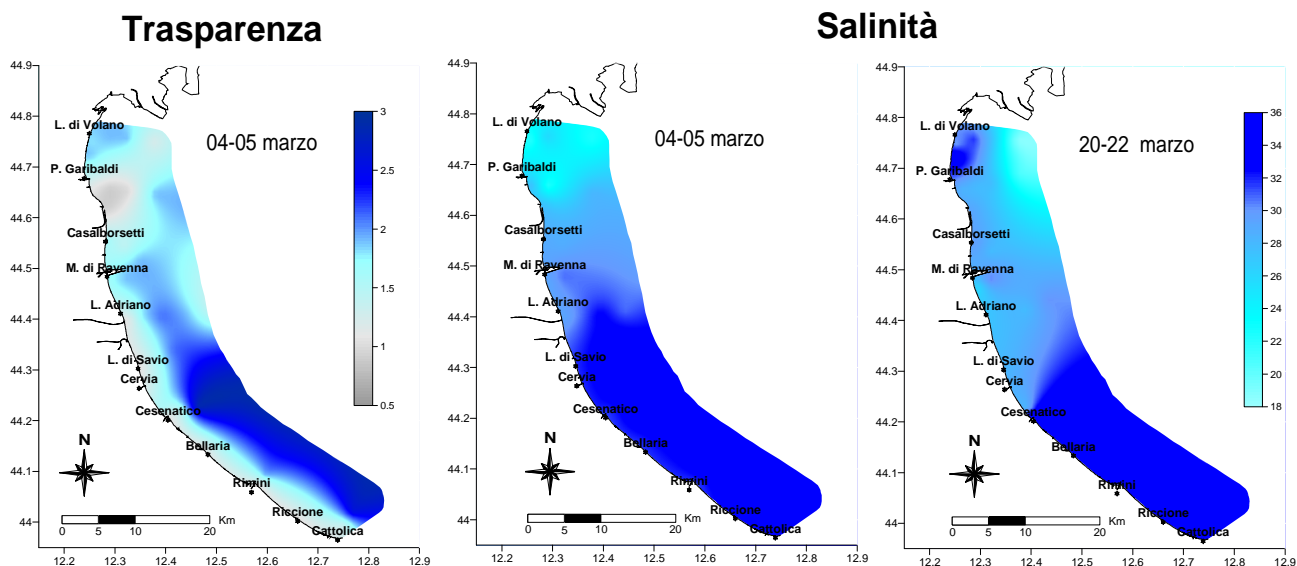


Figura 12 – Mappe di distribuzione in superficie della trasparenza (m) e della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo durante i controlli di marzo

Anche il mese di aprile si è caratterizzato dalla continua immissione di acque dolci dal bacino padano. Nelle stazioni più settentrionali proprio a ridosso del delta, durante il 6-9 aprile si è registrata, nelle stazioni più vicine alla costa tra Lido Di Volano e Casalborsetti, una salinità media di 12.6 psu in superficie. Questa forte diluizione ha caratterizzato i primi strati (2-3 m) della colonna d'acqua con un aumento della torbidità delle acque e diminuzione della trasparenza. Il carico continuo di elementi eutrofizzanti ha favorito il proliferare della componente microalgale con il conseguente aumento della concentrazione di clorofilla "a" e l'instaurarsi di una condizione di eutrofia estesa (Figura 14). La fioritura era sostenuta prevalentemente *Skeletonema* spp. microalghe appartenenti al gruppo delle Diatomee (Figura 13). A fine mese le condizioni di tempo stabile hanno favorito un aumento importante in superficie delle temperature di circa 5°C attestandosi in media tra i 15 e i 17 °C (Figura 15).



Figura 13 – *Skeletonema* spp.; fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

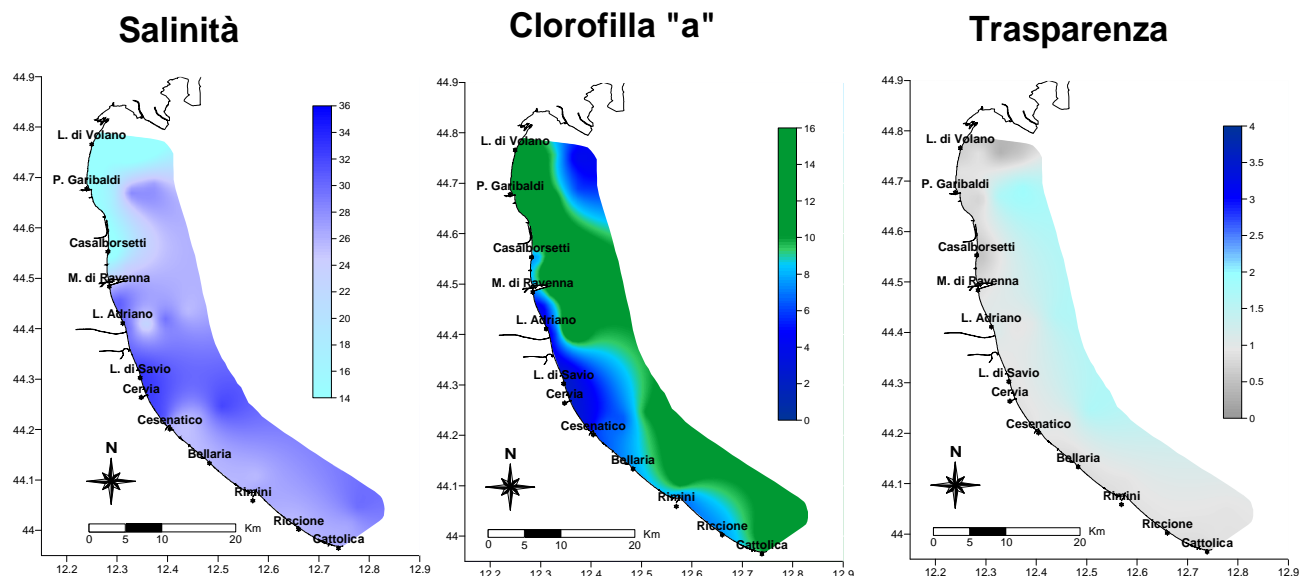


Figura 14 – Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu), della clorofilla “a” e della trasparenza (m) e rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 4-9 aprile

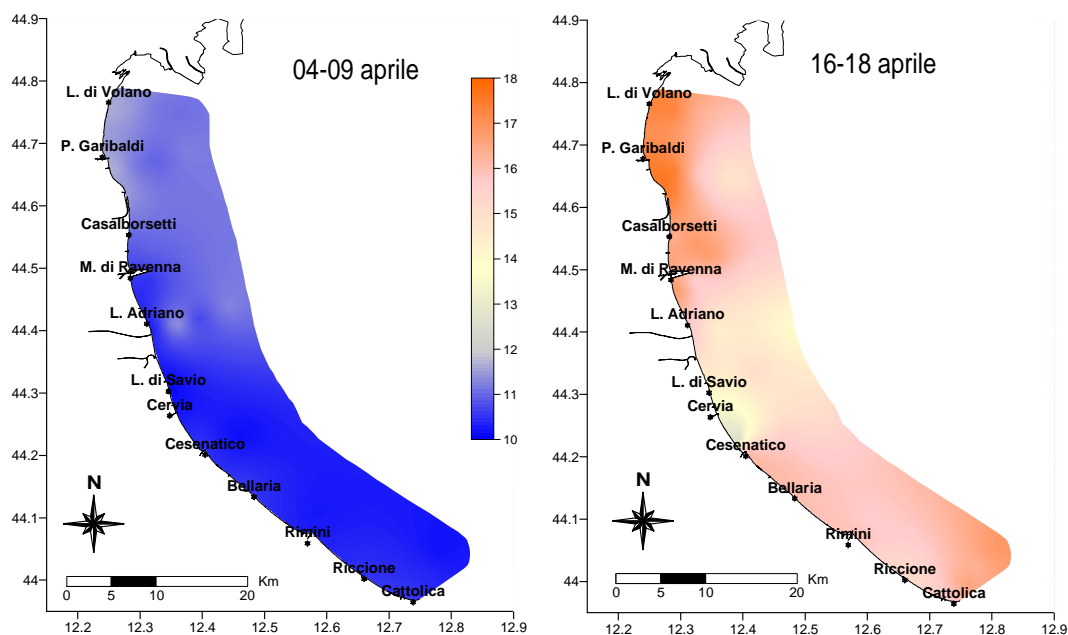


Figura 15 – Mappe di distribuzione in superficie della temperatura (°C) rilevata da costa fino a 10 km al largo durante i monitoraggi di aprile

Agli inizi di maggio aumenta l'estensione del fenomeno eutrofico rilevato durante i precedenti controlli lungo l'area costiera dell'Emilia Romagna. Elevate concentrazioni di clorofilla “a” si registrano infatti sia in costa che al largo, in tutta l'area monitorata da nord a sud, determinate dall'aumento della componente fitoplanctonica appartenente in particolare al gruppo delle Diatomee (genere *Skeletonema*) (Figura 13) e Altro fitoplancton (microalghe con dimensioni < ai 20 μm) (Figura 16).

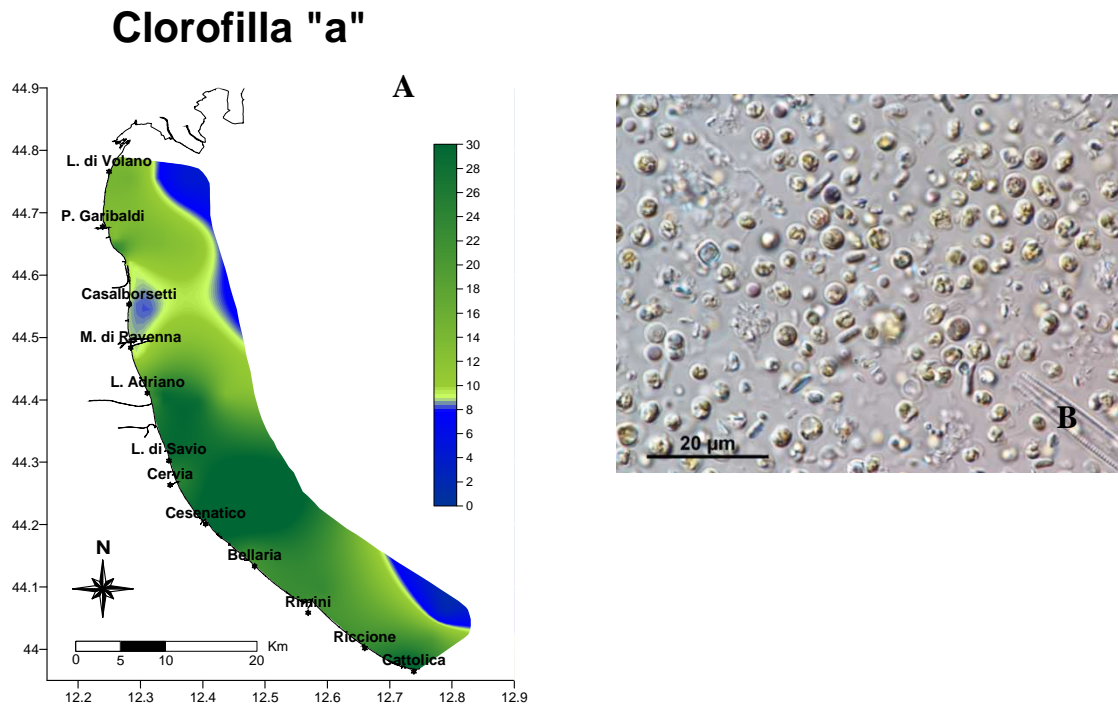


Figura 16 – A) Mappa di distribuzione in superficie della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) rilevata da costa fino a 10 km al largo durante i monitoraggi di aprile B) Altro Fitoplancton; fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

La presenza di una forte corrente di acque dolci provenienti dal Po con direzione Nord-Sud ha infatti contribuito a diluire le acque anche nell’area più meridionale. L’elevata biomassa fitoplanctonica presente in questo periodo ha mantenuto bassa la trasparenza delle acque ed ha conferito a queste ultime una colorazione caratteristica verde-marrone. Anche le temperature sono andate aumentando fino a metà maggio raggiungendo in media i 20°C .

Condizioni di intenso mare mosso hanno contribuito a eimescolare la colonna d’acqua, migliorando la qualità ambientale di tutto l’ecosistema marino e disperdendo il fenomeno eutrofico (Figura 17).

Questo ha comportato oltre ad una marcata diminuzione dei valori di clorofilla “a”, un aumento della salinità sia nell’area settentrionale sia in quella centro-meridionale, con valori medio-alti superiori ai 33 psu.

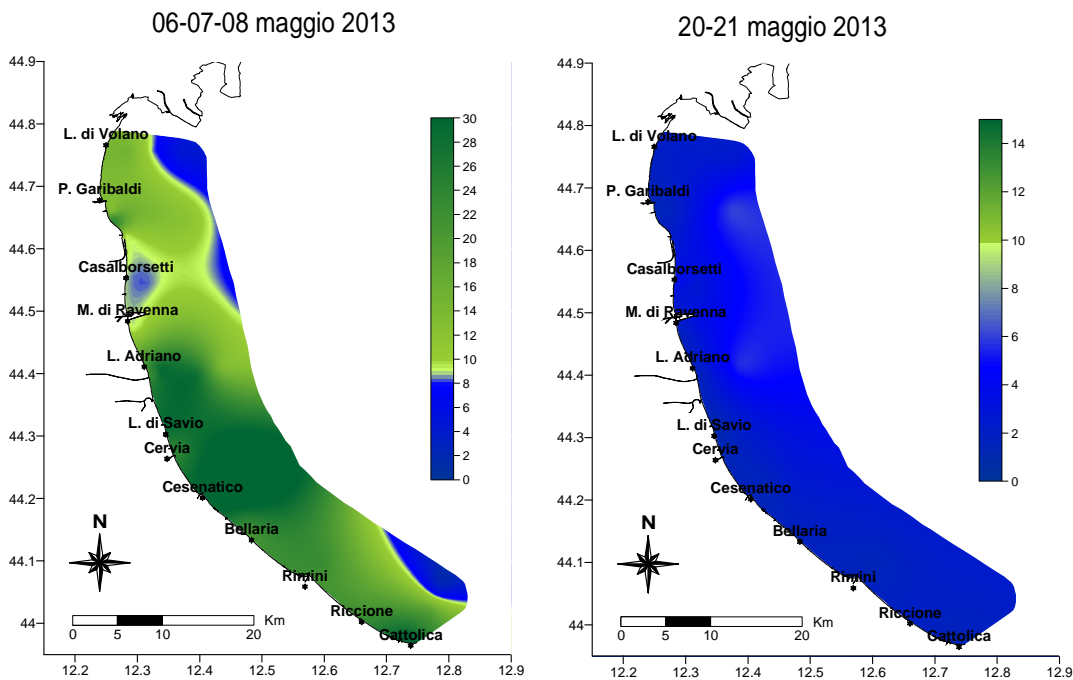


Figura 17 – Mappe di distribuzione in superficie della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa fino a 10 km al largo durante i monitoraggi di maggio

A partire dal mese di giugno si sono intensificati i controlli, da una frequenza quindicinale ad una frequenza settimanale, ed hanno evidenziato come le condizioni ambientali dell’ecosistema costiero siano strettamente influenzate dagli apporti dei bacini costieri e dalle condizioni idrodinamiche delle masse d’acqua conseguenti alle condizioni meteo-marine. L’area più critica rimane sempre quella più settentrionale direttamente influenzata dagli apporti di acque dolci dal Po che diluiscono le acque marine di superficie determinando il persistere di una bassa salinità anche per lunghi periodi. L’immissione di acque fluviali ricche di elementi eutrofizzanti mantiene produttivo l’ecosistema marino con l’aumento sia della componente microalgale sia delle concentrazioni di clorofilla “a” (Figura 18). Solo eventi di mare mosso e forte vento hanno la capacità in vari momenti di disperdere il fenomeno eutrofico determinando lungo la colonna un importante rimescolamento di tutti i parametri idrologici da superficie a fondo.

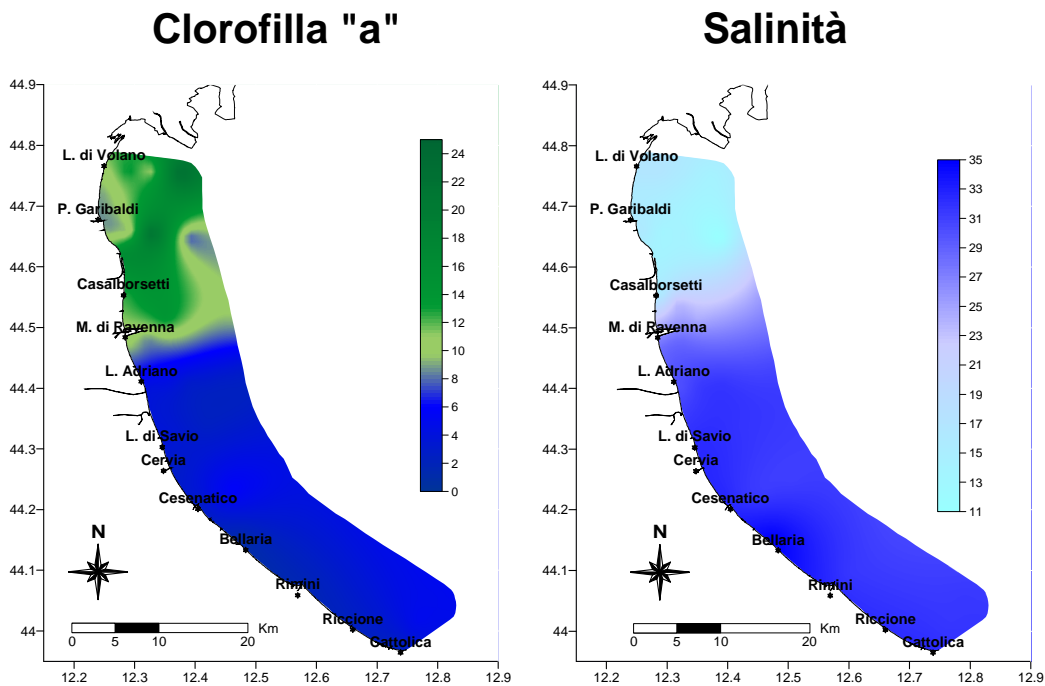


Figura 18 – Mappe di distribuzione in superficie della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) e della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 04-07 giugno

I controlli di luglio evidenziano una zona settentrionale ancora caratterizzata da concentrazioni di clorofilla “a” al limite dell’eutrofizzazione associate a salinità basse, condizione sostenuta da apporti continui, in particolare dal bacino padano, che condizionano quest’area. Il perdurare di questa situazione conferisce alle acque una bassa trasparenza e una colorazione tipica verde-marrone dovuta proprio alla abbondante presenza microalgale (Figura 19).

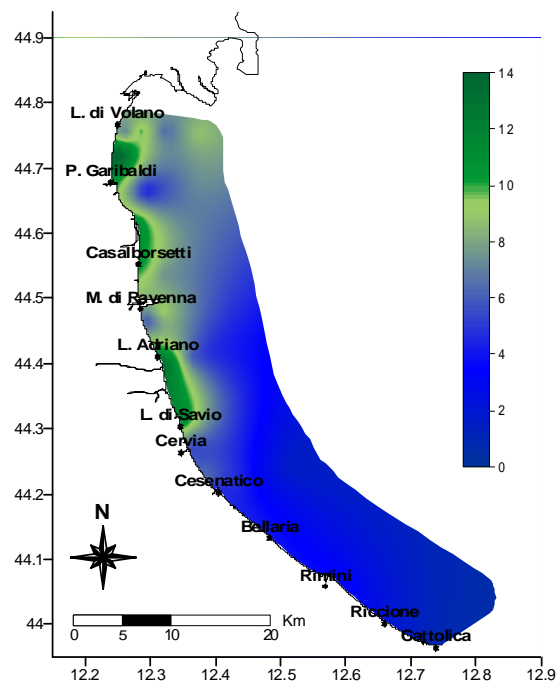


Figura 19 – Mappa di distribuzione in superficie della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) rilevata da costa fino a 10 km al largo nei giorni 9-10 luglio

Ossigeno di fondo

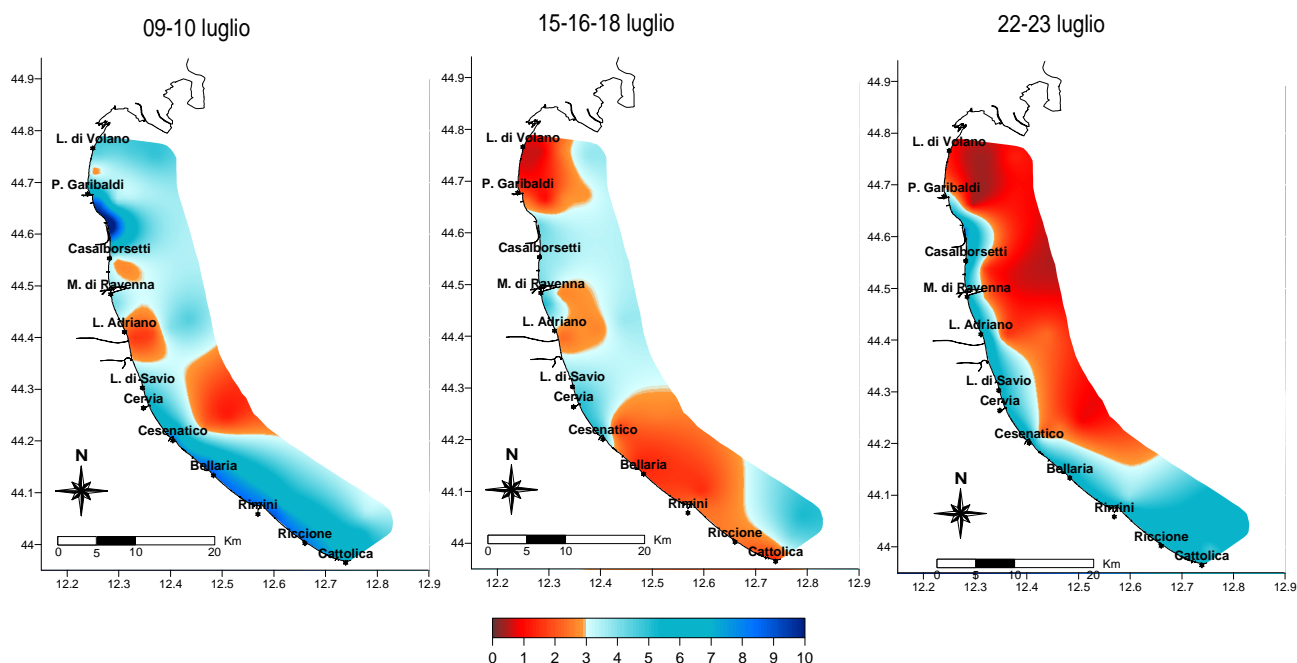


Figura 20 – Mappe di distribuzione dell’ossigeno disciolto ($\mu\text{g/l}$) rilevato da costa fino a 10 km al largo in alcuni controlli nel mese di luglio

Il controllo dell’ossigeno disciolto lungo la colonna d’acqua ha evidenziato in questo periodo una diminuzione di concentrazione sul fondo con valori tendenti all’ipossia, limitata inizialmente ad alcune zone localizzate nell’area centrale della costa. Altre misure hanno rilevato diminuzioni anche in zone più a sud fino a Cattolica, sia vicino a costa che a largo. Nel monitoraggio del 22-23 luglio, l’area che registrava valori bassi di ossigeno a ridosso del fondale, si estendeva da Bellaria a Lido di Volano, in alcune stazioni i dati di ossigeno hanno registrato concentrazioni al di sotto di $1 \mu\text{g/l}$ evidenziando uno stato di anossia (Figura 20).

Tale condizione di criticità si è prolungata anche ad inizio agosto dove bassi valori di ossigeno disciolto tendenti all’ipossia/anossia rimangono estesi anche a 20 km al largo dalla costa. Questo prolungato periodo di scarsa ossigenazione in particolare nell’area settentrionale, ha generato sofferenza tra gli organismi marini strettamente legati alla vita di fondo. Eventi di mare mosso a metà agosto hanno facilitato un rimescolamento delle masse d’acque da superficie a fondo disperdendo così il fenomeno in atto e apportando un miglioramento della qualità ambientale di tutto l’ecosistema marino.

Il mese di agosto si è caratterizzato anche per la presenza in mare, sia in costa che al largo, della medusa pelagica *Cotylorhiza tuberculata* la cui apparizione nella fascia costiera dell’Emilia Romagna sta diventando frequente in questo periodo (Figura 21). Si tratta di una medusa che non ha potere urticante, presenta un corpo appiattito di colorazione bruno giallognolo con tentacoli di colore più chiaro che presentano escrescenze pendenti dotate di dischetti terminali bianchi e rosso violacei.

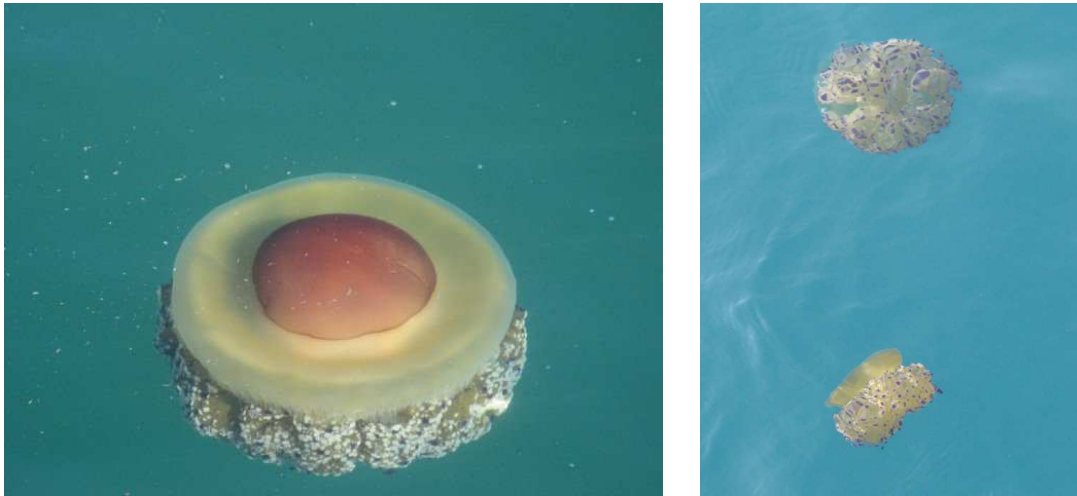


Figura 21 – *Cotylorhiza tuberculata* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Nel mese di settembre eventi di mare mosso durante la prima settimana hanno apportato un importante rimescolamento di tutte le masse d'acqua.

I parametri idrologici controllati distribuiti in maniera omogenea da superficie a fondo, hanno evidenziato un aumento della salinità in superficie e concentrazioni di clorofilla "a" medio bassi.

Da registrare una diminuzione progressiva delle temperature in superficie che da 25°C, temperature medie registrate a inizio del mese, sono passate a 22°C (Figura 22).

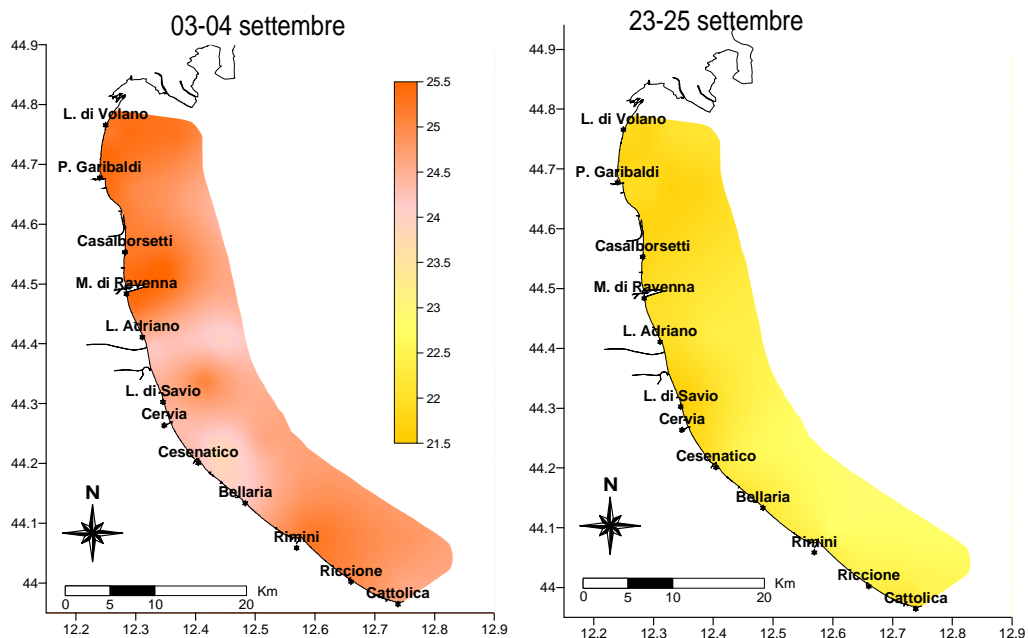


Figura 22 – Mappe di distribuzione in superficie di temperatura (°C) rilevata da costa fino a 10 km al largo in alcuni controlli effettuati nel mese di settembre

Ottobre e novembre sono caratterizzati da prolungate condizioni meteo marine instabili che hanno reso difficile le attività di monitoraggio. In questo periodo si sono registrati valori di clorofilla “a” variabili soprattutto nell’area più settentrionale a ridosso del delta. In concomitanza agli aumenti di apporti di acqua dolce, la salinità si è nuovamente abbassata al di sotto dei 30 psu, ed in concomitanza sono aumentate le concentrazioni di clorofilla “a” dovute all’aumento di fitoplancton sostenuto e alimentato dai nutrienti immessi in mare dalle acque fluviali. A fine ottobre infatti si è rilevata una fioritura di *Lioloma pacificum* (Diatomee), Figura 23, che ha contribuito a conferire una colorazione caratteristica verde-marrone alle acque in superficie e una diminuzione della trasparenza.

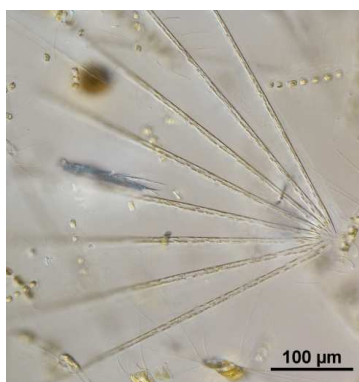


Figura 23 – *Lioloma pacificum* Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

I controlli di fine anno evidenziano in generale buone condizioni ambientali dell’ecosistema marino con basse concentrazioni di clorofilla “a” e valori di ossigeno disciolto nella norma sia in superficie sia sul fondo. Le temperature a fine anno registrano un netto abbassamento dei valori di superficie con medie intorno ai 7°C portando all’instaurarsi di marcati termoclini caratteristici del periodo, soprattutto nelle stazioni più lontane da costa (Figura 24).

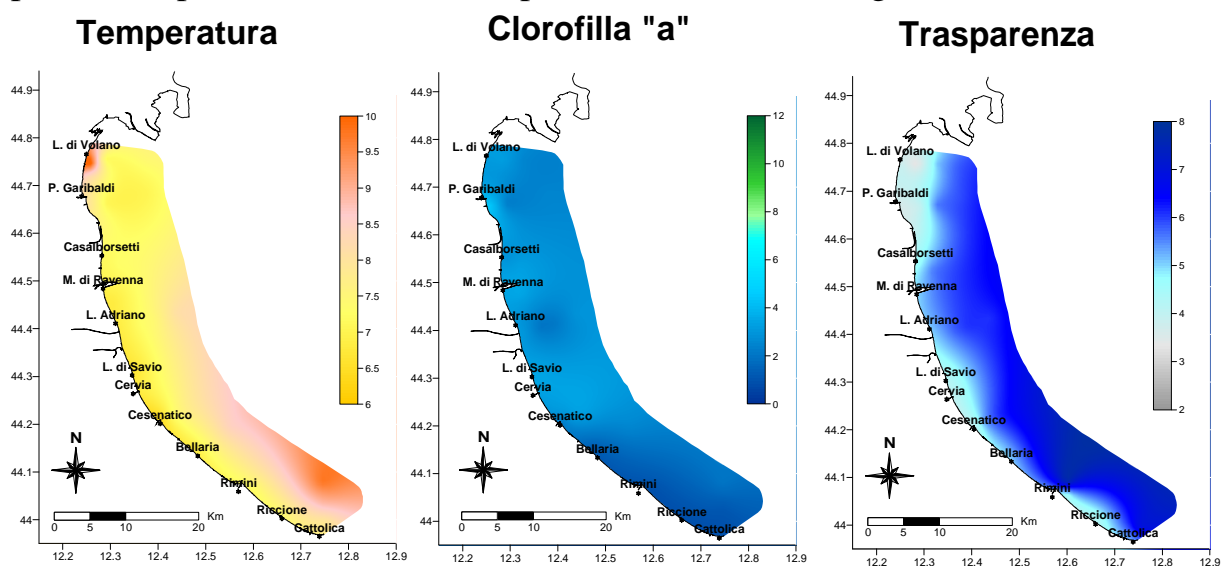


Figura 24 – Mappe di distribuzione in superficie di temperatura (°C), della clorofilla “a” e della trasparenza, rilevate da costa fino a 10 km al largo il 17-18 dicembre

4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

Le informazioni acquisite a conclusione di ogni monitoraggio durante i controlli settimanali/quindicinali oltre ad alimentare la banca dati, vengono utilizzate anche per la realizzazione di un Bollettino MARE IN-FORMA (Figura 25) inserito su Internet (www.arpa.emr.it/daphne/) e successivamente spedito via fax a vari utenti fra i quali i Sindaci dei Comuni della costa, i Ministeri competenti, gli Assessorati regionali e provinciali competenti, le AUSL costiere, le Cooperative pescatori, il Compartimento Marittimo di Ravenna, Sezioni Provinciali Arpa, NOE, ANSA, ecc.

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 26).

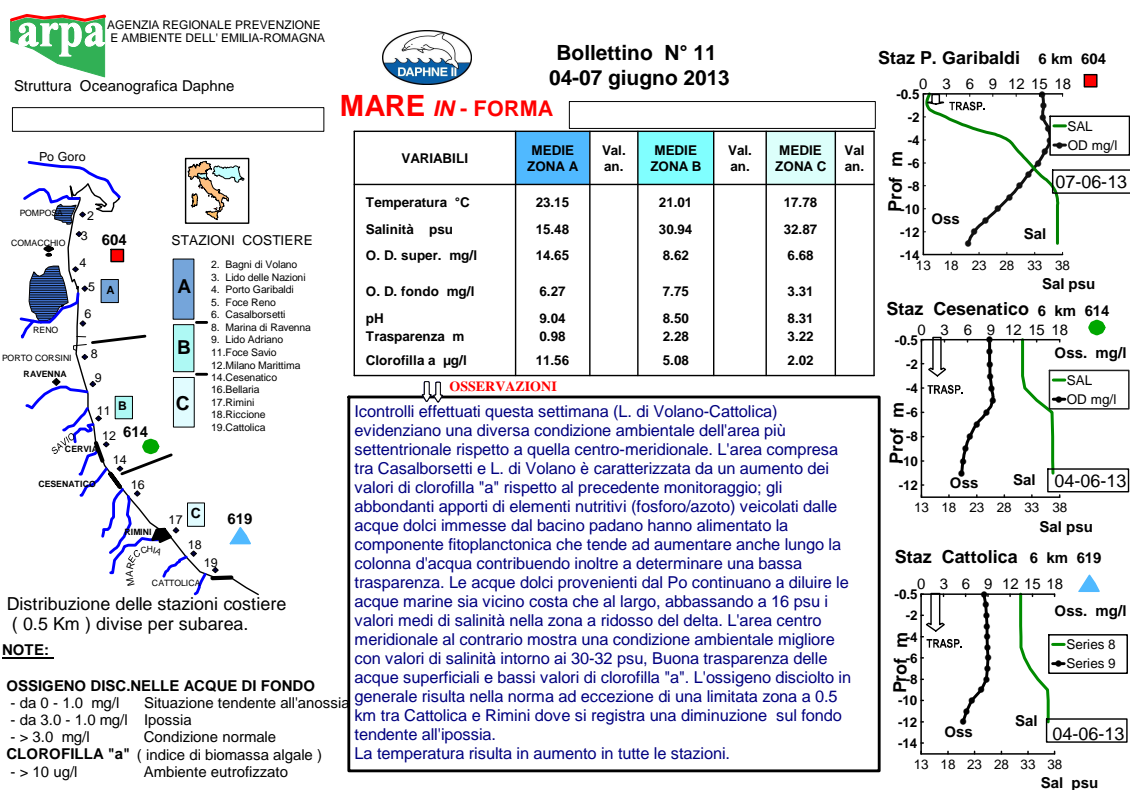


Figura 25 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

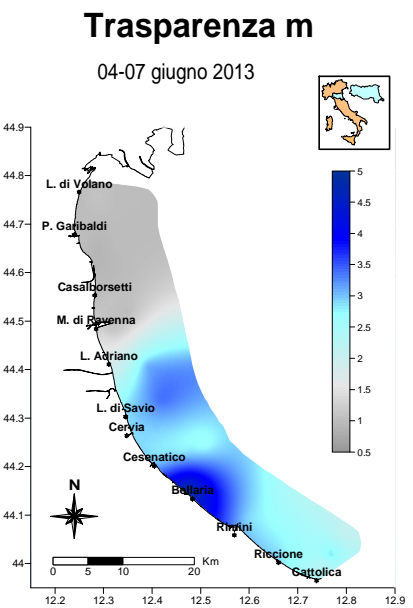
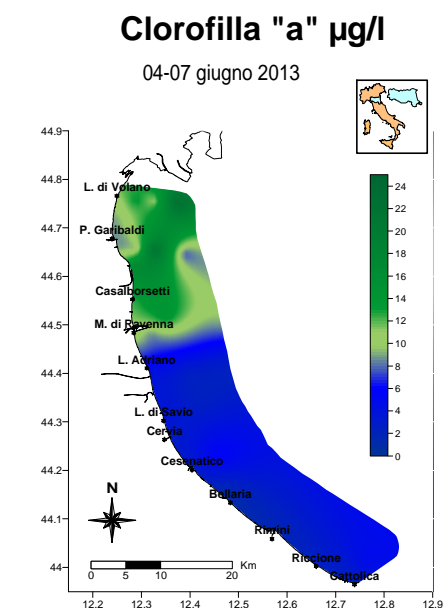
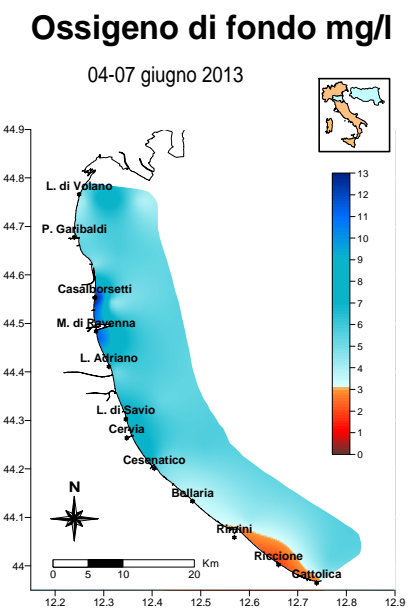
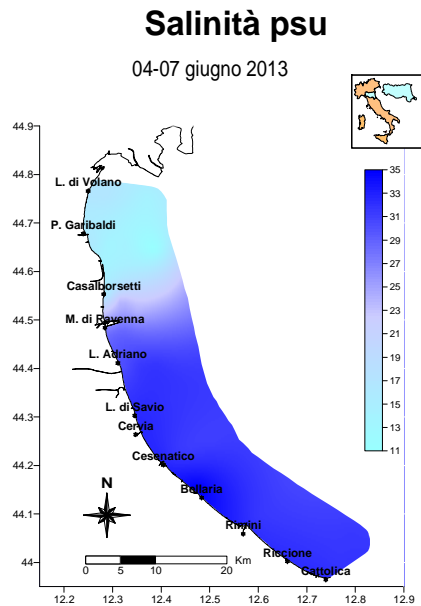
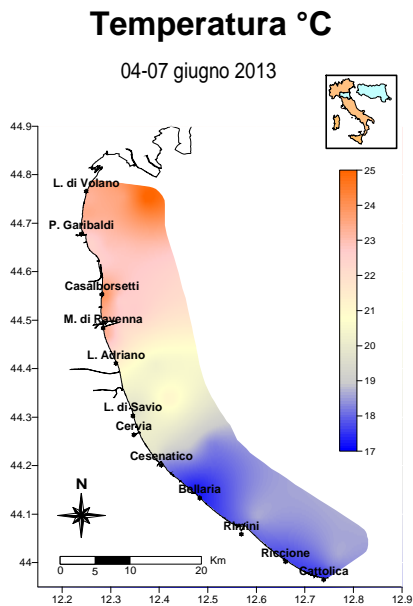


Figura 26 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

4.4 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 2013.

In particolare si analizzano i risultati relativi ai parametri idrologici e agli elementi nutritivi. Per quanto riguarda i risultati delle analisi della comunità fitoplanctonica si rimanda al paragrafo 5.2.1.a.

4.4.1 Parametri idrologici

4.4.1.a Temperatura

La temperatura delle acque superficiali mostra durante l'anno un andamento tipico con valori minimi nei mesi invernali che incrementano poi in primavera per raggiungere i picchi massimi in estate e diminuire gradualmente a partire da settembre fino alla fine dell'anno. Mentre negli strati superficiali questa tendenza è più evidente, negli strati prossimi al fondale l'andamento rimane più lineare ed omogeneo con attenuazione dei massimi e minimi soprattutto nelle stazioni al largo dove le profondità sono maggiori (Figura 27).

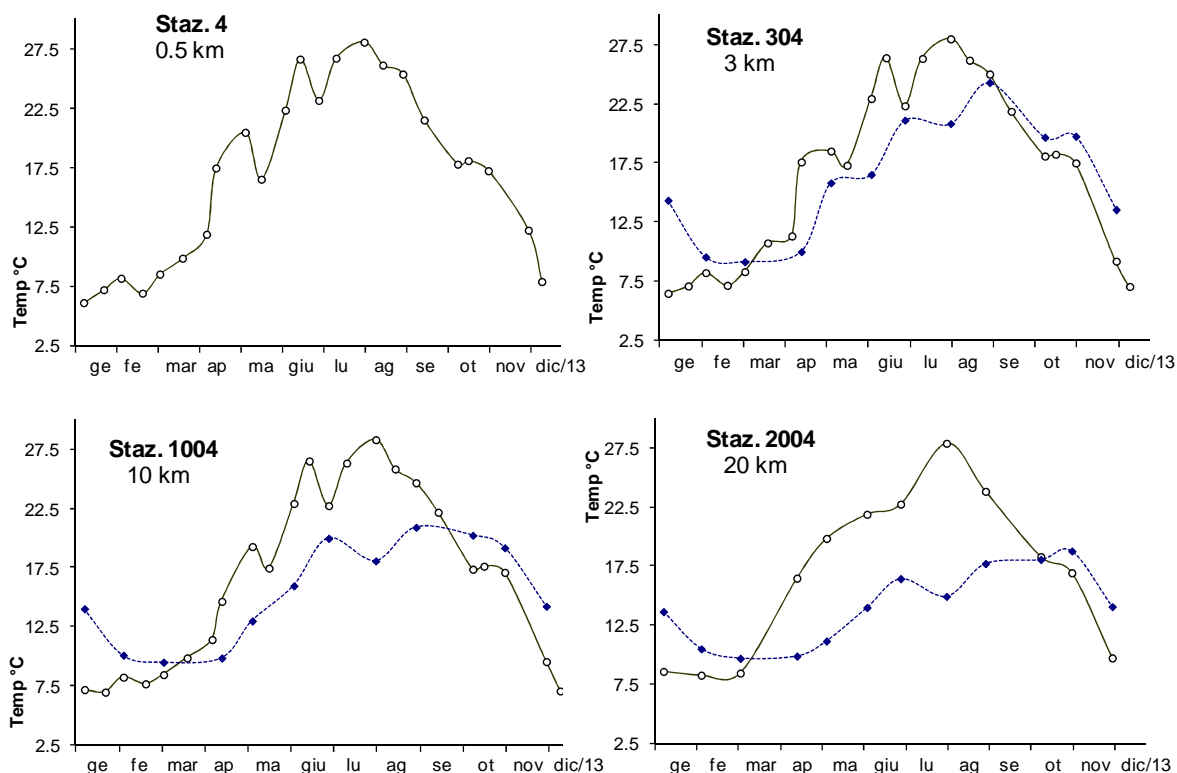


Figura 27 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Porto Garibaldi

Le medie elaborate in Figura 28 sottolineano questo comportamento durante le stagioni dell'anno in tutte le stazioni lungo la costa da nord a sud. Variazioni su piccola scala

temporale dei valori di superficie sono per lo più dovute agli apporti fluviali, alle abbondanze di biomassa microalgale in sospensione che determinano un maggior assorbimento della radiazione solare, oppure a particolari situazioni idrodinamiche (upwelling) o a moto ondoso e spostamenti laminari di masse d'acqua.

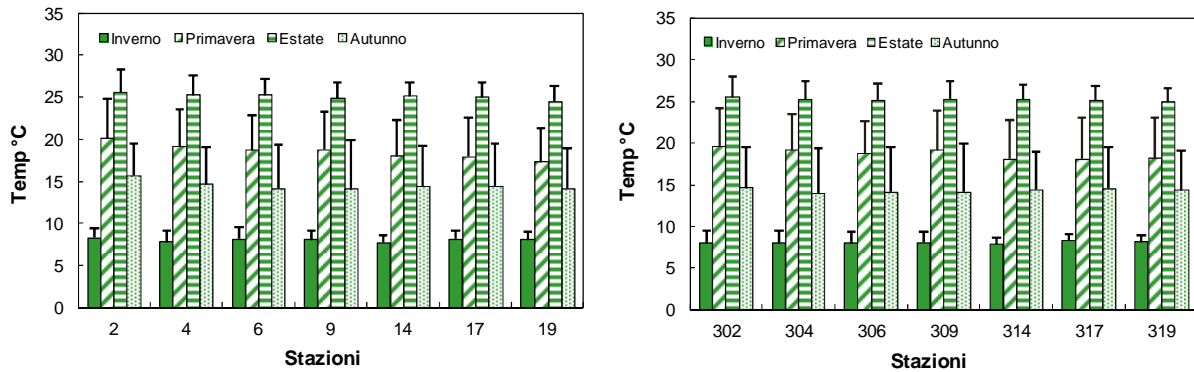


Figura 28 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura nelle acque di superficie calcolate per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Nel corso dell'anno si instaurano lungo la colonna d'acqua marcate stratificazioni termiche (termoclini) con escursioni tra superficie e fondo anche di 10°C. Durante la stagione estiva, in particolare a partire da fine giugno fino ad agosto, si rilevano i termoclini più netti in concomitanza a temperature atmosferiche elevate e condizioni meteomarine stabili (Figura 30). Il massimo valore registrato in superficie è stato di 29.88 °C a 6 km davanti a Lido di Volano il 5 agosto.

In giugno la temperatura in superficie nelle stazioni più settentrionali, ha avuto un andamento fluttuante con valori molto diversi da una settimana all'altra (Figura 29).

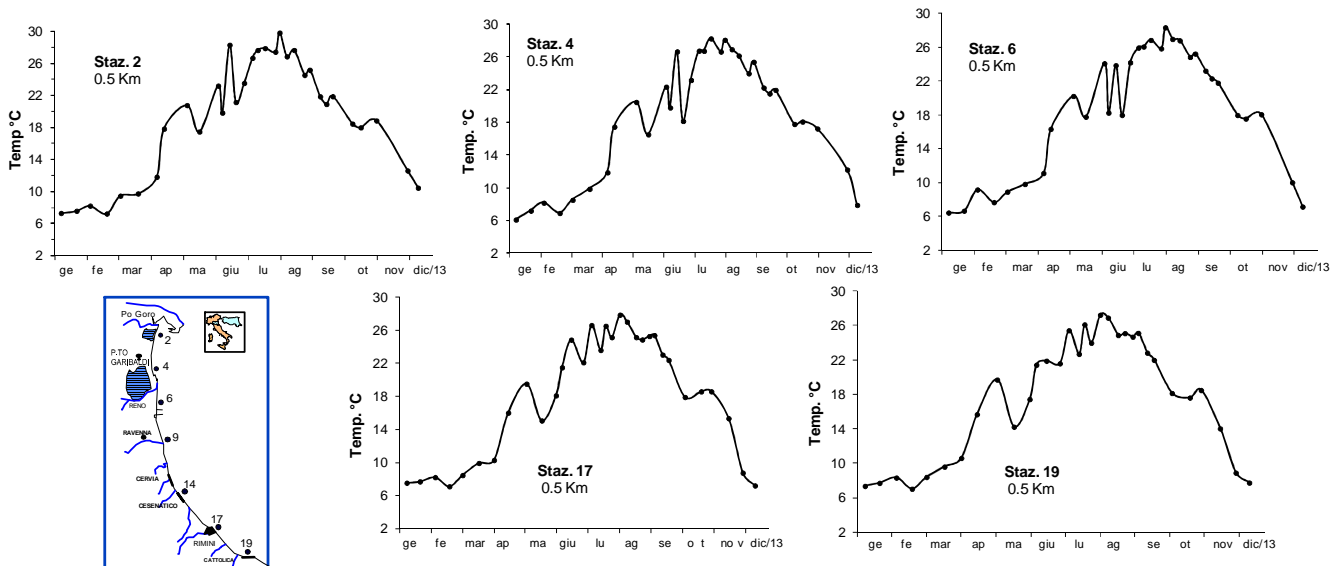


Figura 29 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Anche durante i mesi più freddi si possono instaurare condizioni idrologiche diverse tra gli strati superficiali e quelli più in profondità; le isolinee di temperatura di (Figura 30) sottolineano tale situazione.

Il valore più basso pari a 5.58 °C è stato registrato alla stazione 302 (3 km davanti a Lido di Volano).

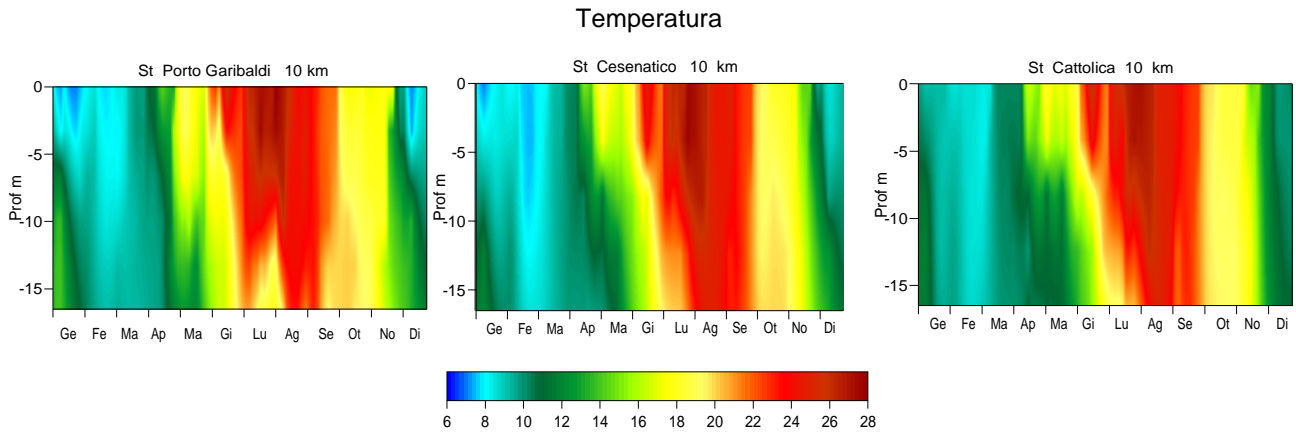


Figura 30 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

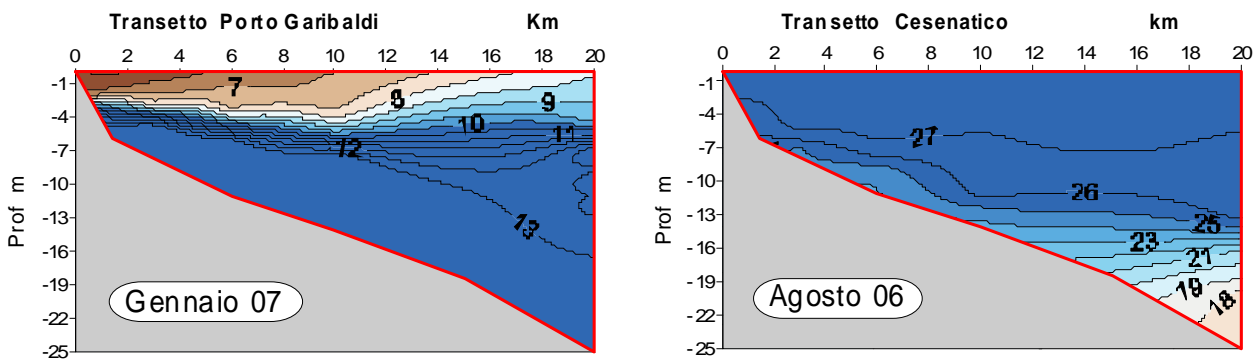


Figura 31 – Isolinee di temperatura (°C) lungo i transetti di Porto Garibaldi (07 Gennaio) e Cesenatico (06 Agosto)

4.4.1.b Salinit 

Anche per il 2013 l'andamento della salinit    caratterizzato da una spiccata variabilit  in tutte le stazioni della rete di monitoraggio, sia sotto costa sia al largo, pi  evidente nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle centro meridionali.

Questa variabilit    tipicamente associata ai regimi di portata fluviale che incidono in maniera significativa in quest'area nord-settentrionale dell'Adriatico che, congiuntamente all'azione di miscelamento operato dal moto ondoso e a situazioni particolari di *upwelling* (acque di fondo con caratteristiche idrologiche diverse richiamate verso costa a causa di venti spiranti da terra), contribuiscono in poco tempo a cambiare le condizioni ambientali dell'ecosistema marino. In Figura 32 sono rappresentate le portate del Po, rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2013 e nel 2012 con la rispettiva media annuale: 1827 mc/sec nel 2013 contro i 1125 mc/sec del 2012. I dati evidenziano un importante aumento rispetto all'anno precedente della portata media durante tutto l'anno e in particolare tra marzo e aprile e fine 2013. Il confronto della media annuale con le medie annuali calcolate dal 1982 (Figura 34) vede un allineamento con gli anni in cui si sono avute le portate pi  elevate.

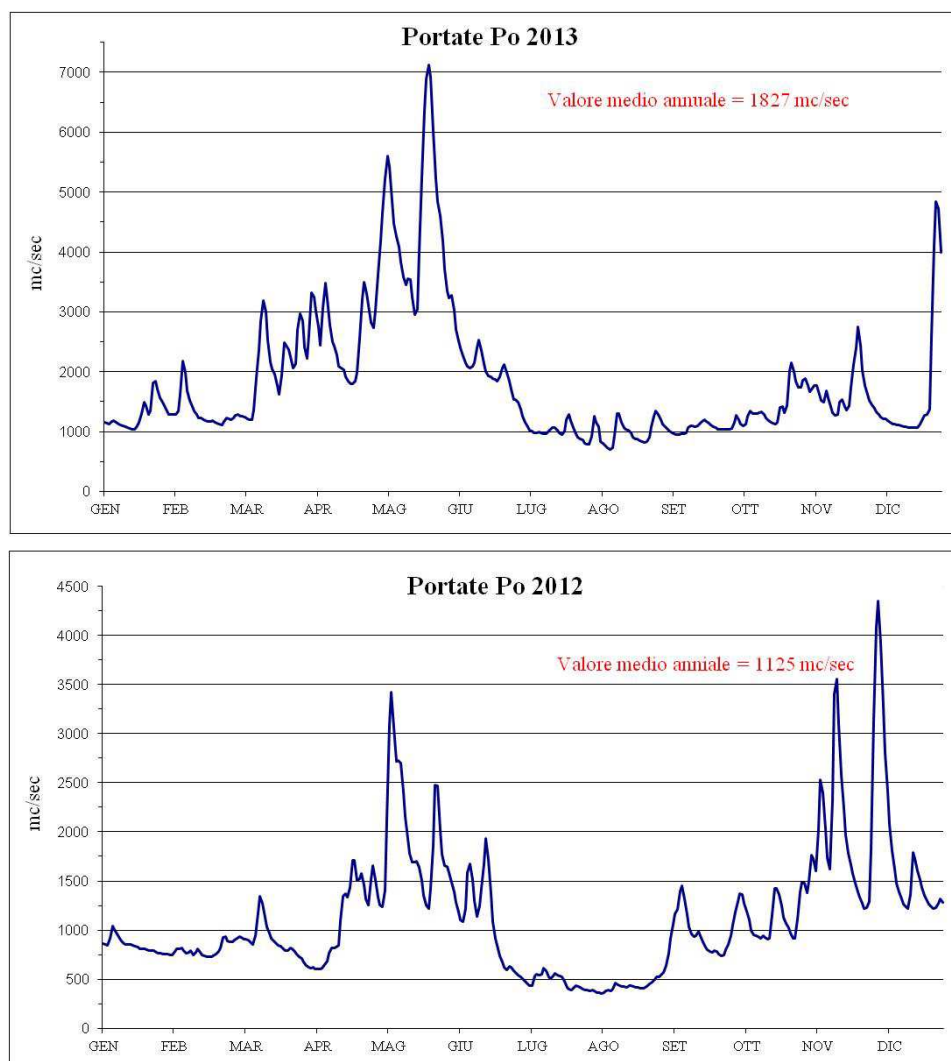


Figura 32 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2013 e nel 2012 (Fonte: Arpa SIMC)

A partire dalla metà del mese di marzo fino a metà giugno, le portate registrate sono state prevalentemente superiori ai 2000 mc/sec con picchi massimi nel mese di maggio precisamente il giorno 5 con 5.604 mc/sec e il 22 con 7.120 mc/sec. Quest'ultimo dato risulta il più alto rilevato nel corso di tutto il 2013. Anche a fine anno si sono avuti eventi di portata importanti che hanno immesso in mare enormi quantità di acque dolci: il 27 novembre 2.743 mc/sec il valore misurato in novembre e 4.841 a fine dicembre (giorno 29).

Confrontando le medie mensili del 2013 con quelle calcolate per il periodo storico 1917-2012 si evidenzia l'eccezionalità delle portate nel periodo primaverile (Figura 33).

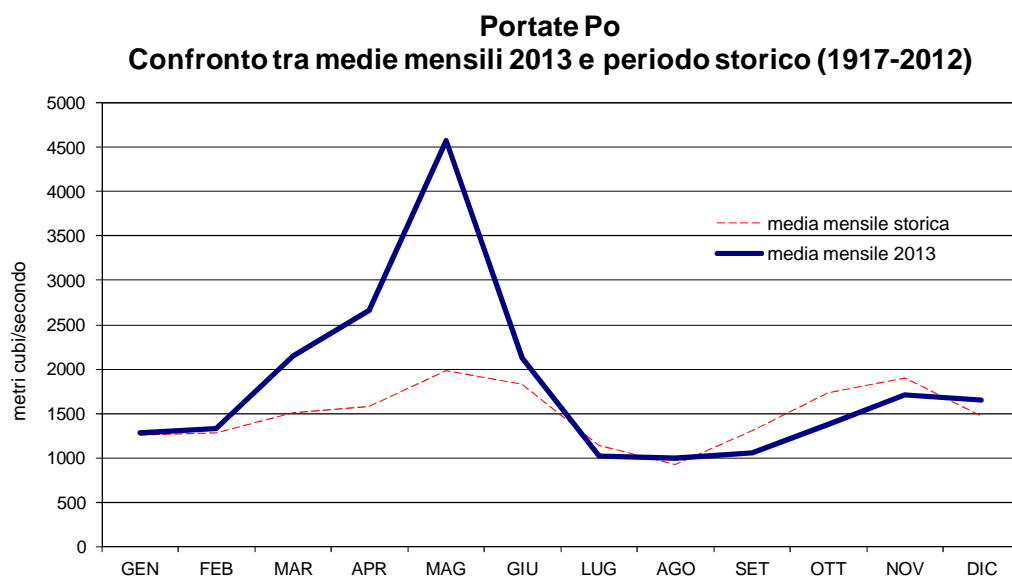


Figura 33 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po nel 2013 con le medie calcolate per il periodo storico 1917-2012

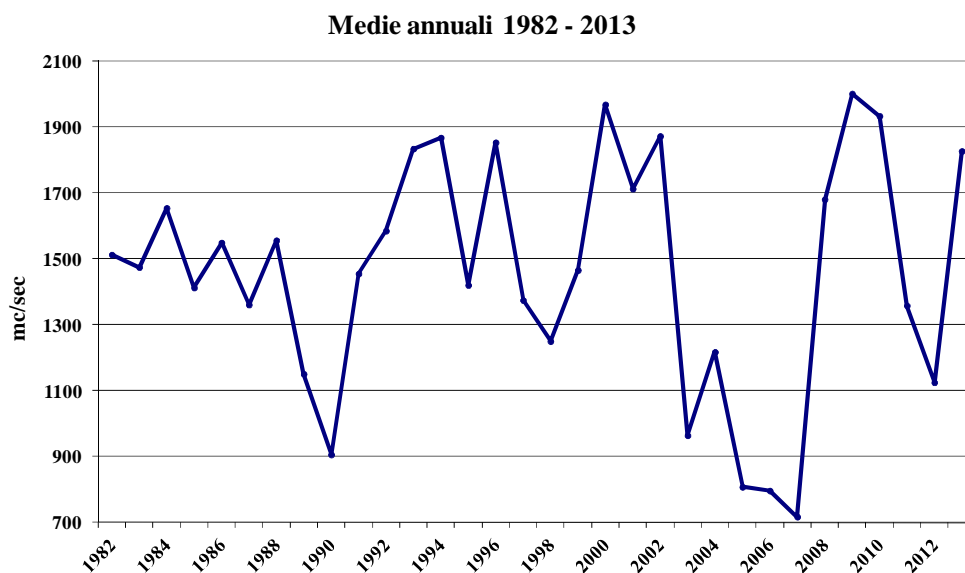


Figura 34 – Valori medi annuali portate Po dal 1982 al 2013

L'andamento temporale della salinità durante l'anno (Figura 35) mostra i valori minimi tra aprile e maggio nelle stazioni più settentrionali da Lido di Volano a Casalboretto, maggiormente investite proprio dagli apporti provenienti dal bacino padano; il grafico evidenzia anche valori di salinità bassi lungo tutta la costa nei primi giorni di maggio (6 e 9)

sia nelle stazioni a nord sia in quelle più a sud lungo la costa con valori di salinità di sotto dei 20 psu.

A conferma di ciò, nella stazione posizionata più a sud lungo la rete di monitoraggio (Cattolica) la salinità tra i 0.5 e i 6 km dalla costa era compresa tra i 18.8 e i 24.6 psu.

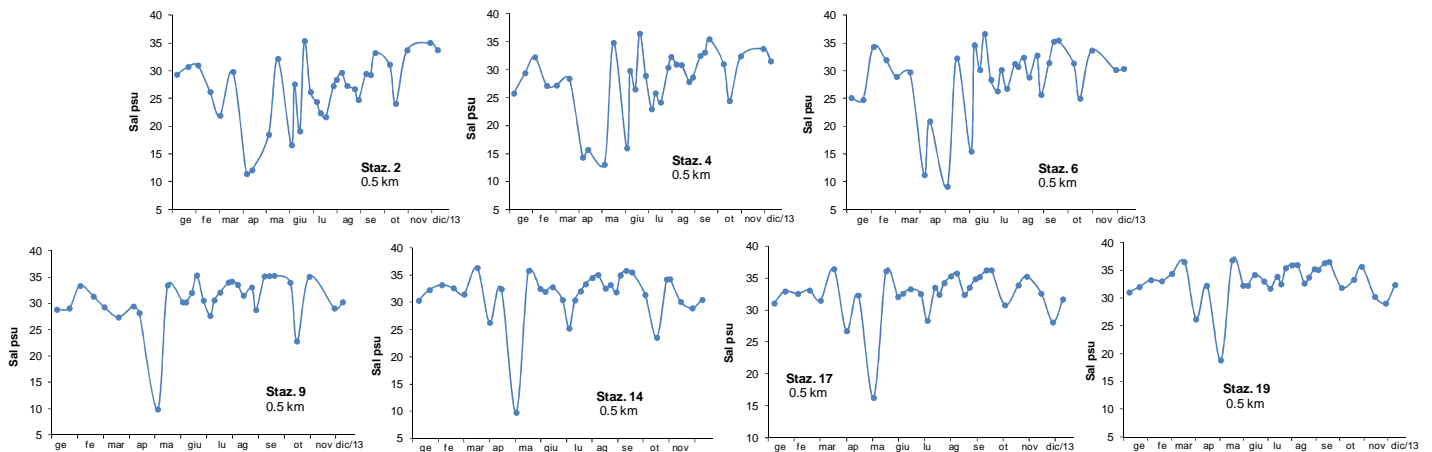


Figura 35 – Andamenti temporali della salinità in superficie nelle stazioni costiere

In generale le variazioni che caratterizzano le acque di superficie non interessano gli strati in profondità dove il parametro rimane più stabile con variazioni molto limitate (Figura 36).

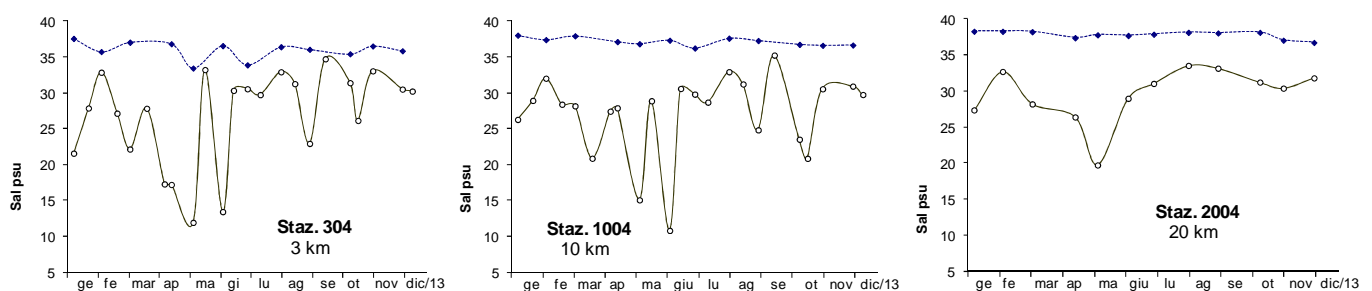


Figura 36 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sulle fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 20 km di Porto Garibaldi

L'influenza delle immissioni di acqua dolce in concomitanza dei massimi apporti dai fiumi interessa spesso la quota dei 3-4 m di profondità; nelle Figura 37 sono rappresentate le isolinee misurate a cadenza quindicinale nelle stazioni a 10 km al largo a partire dalle stazioni più a nord (Lido di Volano), al centro (Cesenatico) e infine nella stazione più meridionale (Cattolica) che sottolineano il diverso andamento del parametro lungo la costa.

La salinità è un elemento importante nel definire i campi di densità e stratificazione ed è un ottimo tracciante per analizzare la distribuzione di eventuali inquinanti veicolati dai fiumi. Le medie annuali rappresentate lungo i transetti (Figura 38) sottolineano il trend in aumento nord sud e costa largo mentre quelle stagionali, in Figura 39, evidenziano i valori più bassi durante la stagione primaverile confrontati con le altre stagioni. Questa condizione è molto marcata nelle stazioni settentrionali direttamente influenzate dal bacino padano, al contrario delle stazioni più meridionali le cui medie presentano una minor variabilità.

Le isolinee di Figura 40 evidenziano le stratificazioni verificatesi lungo il transetto di Porto Garibaldi nei mesi di giugno e ottobre come conseguenza di immissioni importanti di acque dolci che hanno portato ad una forte diluizione delle acque di superficie, non solo in costa ma

anche al largo. A maggio, infatti, a 20 km dalla costa il dato misurato in superficie era di 19.7 psu.

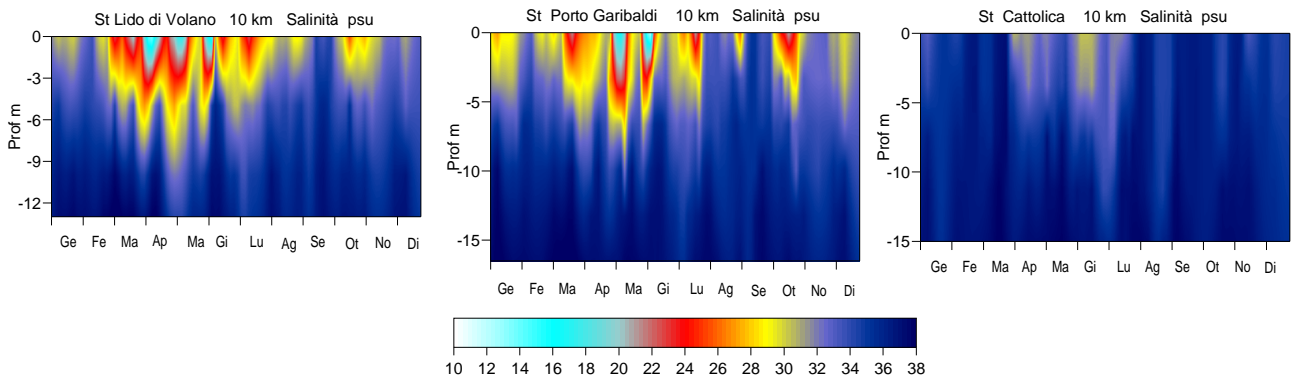


Figura 37 – Isolinee della salinità rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di L. di Volano, P. Garibaldi e Cattolica

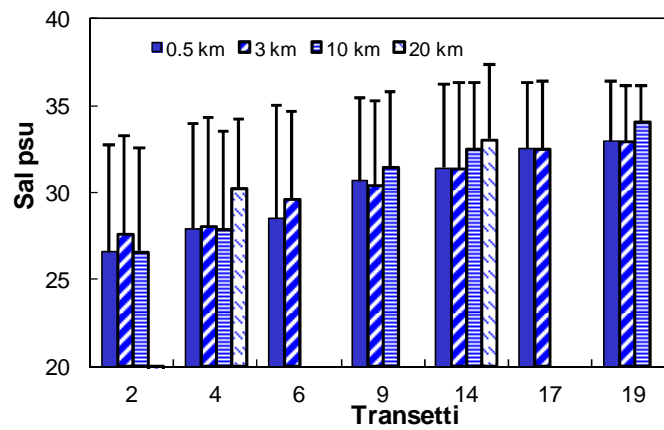


Figura 38 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolati nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

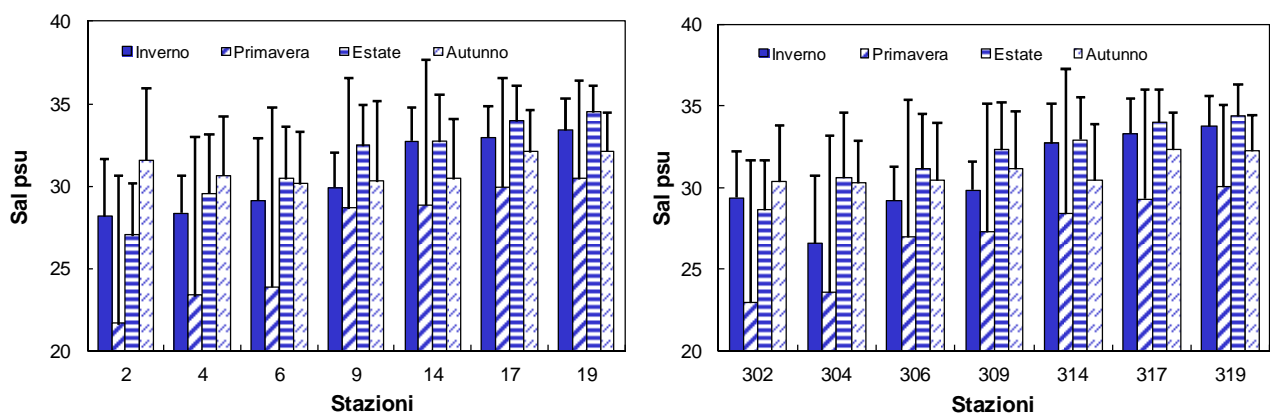


Figura 39 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità in superficie calcolati per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

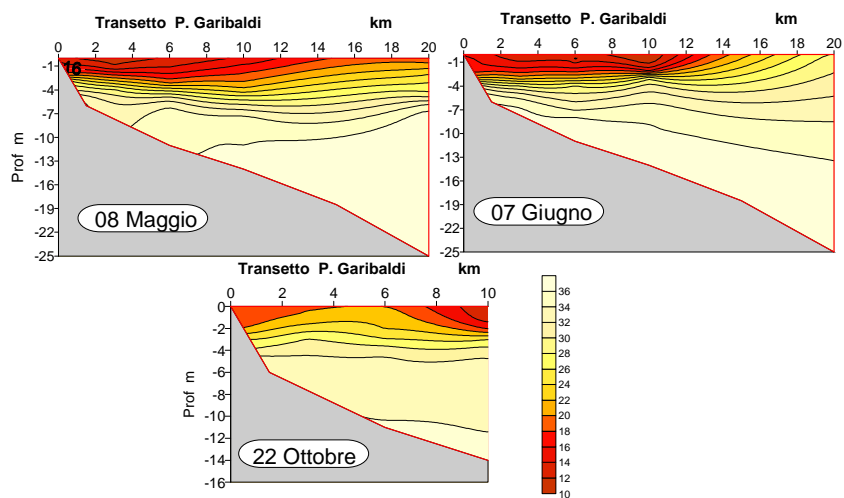


Figura 40 - Isolinee di concentrazione della salinità (psu) lungo il transetto di Porto Garibaldi l' 8 maggio, il 7 giugno e il 22 ottobre

4.4.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto è un importante indicatore dello stato trofico di un ecosistema e il suo andamento è strettamente correlato alla biomassa autotrofa in sospensione nell'ambiente marino. L'elaborazione dei dati medi annuali in Figura 41 evidenziano valori più bassi negli strati di fondo nelle stazioni settentrionali di solito maggiormente interessate da eventi ipossici/anossici. Nelle acque di fondo i valori di sottosaturazione sono generati dalla richiesta di ossigeno da parte di organismi eterotrofi appartenenti alla catena trofica dei detritivori che attraverso processi metabolici e respiratori degradano la sostanza organica, depositata sul fondo.

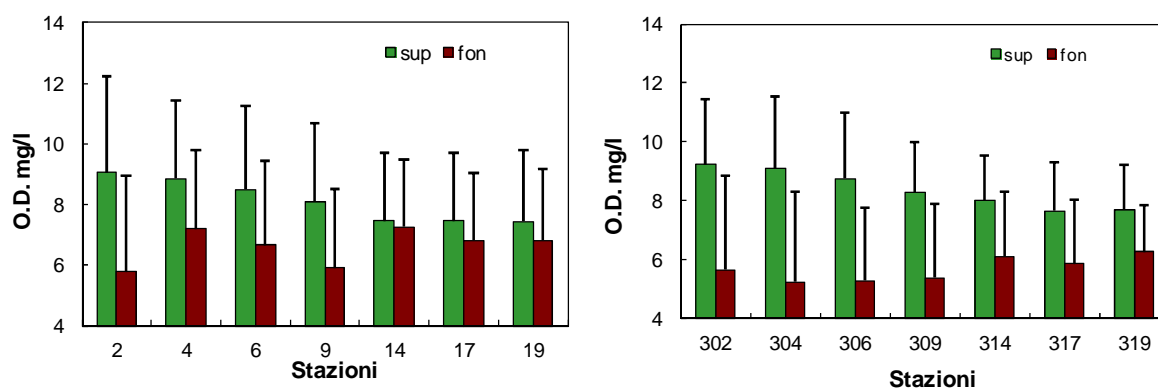


Figura 41 – Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le medie stagionali elaborate per le acque superficiali confermano le concentrazioni più elevate in autunno e primavera, quando sono abbondanti le presenze fitoplanctoniche in mare e le temperature fredde delle acque aumentano la solubilità dell'ossigeno atmosferico, e più basse durante la stagione estiva (Figura 42).

Le fluttuazioni attorno al valore 100% di saturazione dipendono generalmente dall'apporto di ossigeno prodotto dai processi fotosintetici della componente microalgale presente maggiormente negli strati superficiali (Figura 43).

Come di norma anche i momenti di criticità sul fondale per mancanza di ossigeno si sono verificati nel periodo estivo. Il periodo più "critico" è stato da metà luglio a metà agosto dove molte aree lungo la costa presentavano concentrazioni di ossigeno tendenti all'ipossia e in alcuni punti anche all'anossia (< 1µg/l). L'area più sensibile al fenomeno rimane sempre quella compresa tra L. di Volano fino Marina di Ravenna - Lido Adriano in quanto rappresenta da sempre quella più esposta a eventi eutrofici importanti e persistenti; in alcuni monitoraggi si sono rilevate diminuzioni sensibili del parametro anche nelle stazioni meridionali, più vicine alla costa.

I fattori che concorrono a creare condizioni di sofferenza in termini di mancanza di ossigeno in profondità sono l'innalzamento delle temperature, la presenza di materiale organico in decomposizione, la stasi idrodinamica e la stratificazione termica che limita gli scambi tra gli strati superficiali e quelli di fondo.

Il valore più basso di ossigeno sul fondo nel 2013 è stato registrato in agosto nella stazione 304 a 3 km davanti a Porto Garibaldi pari a 0.13 µg/l.

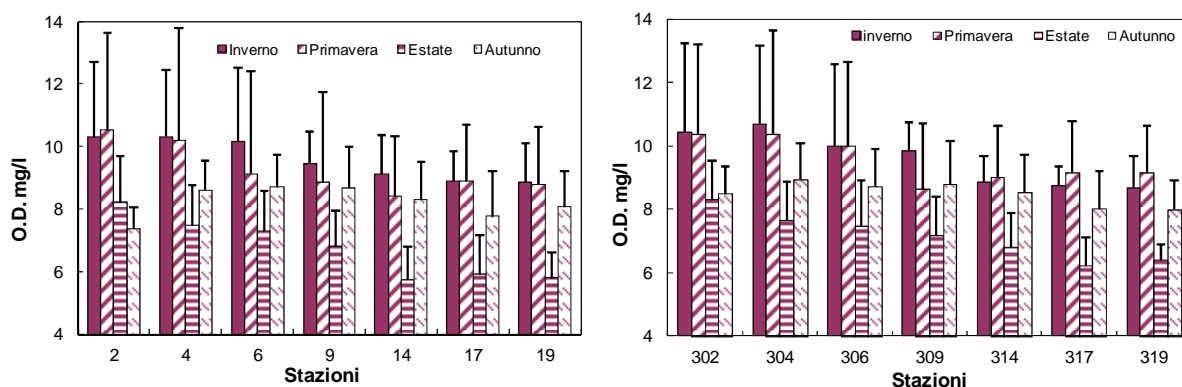


Figura 42 – Valori medi stagionali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le mappe di Figura 44 descrivono la distribuzione sul fondo dell'ossigeno disciolto durante alcuni monitoraggi estivi, che evidenziano i periodi nei quali si è riscontrata la maggior criticità nel 2013. Il perdurare a luglio di una situazione di scarsità di ossigeno sul fondo, nell'area più settentrionale, ha avuto come conseguenza la sofferenza di organismi bentonici e di pesci che vivono a stretto contatto del fondale. In alcune giornate, a seguito di venti di Libeccio che hanno favorito l'upwelling di acque anossiche verso riva, lungo la fascia dei primi 200 metri si sono verificati spiaggiamenti di pesci e molluschi.

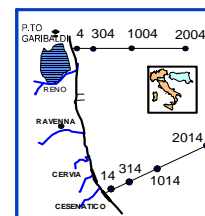
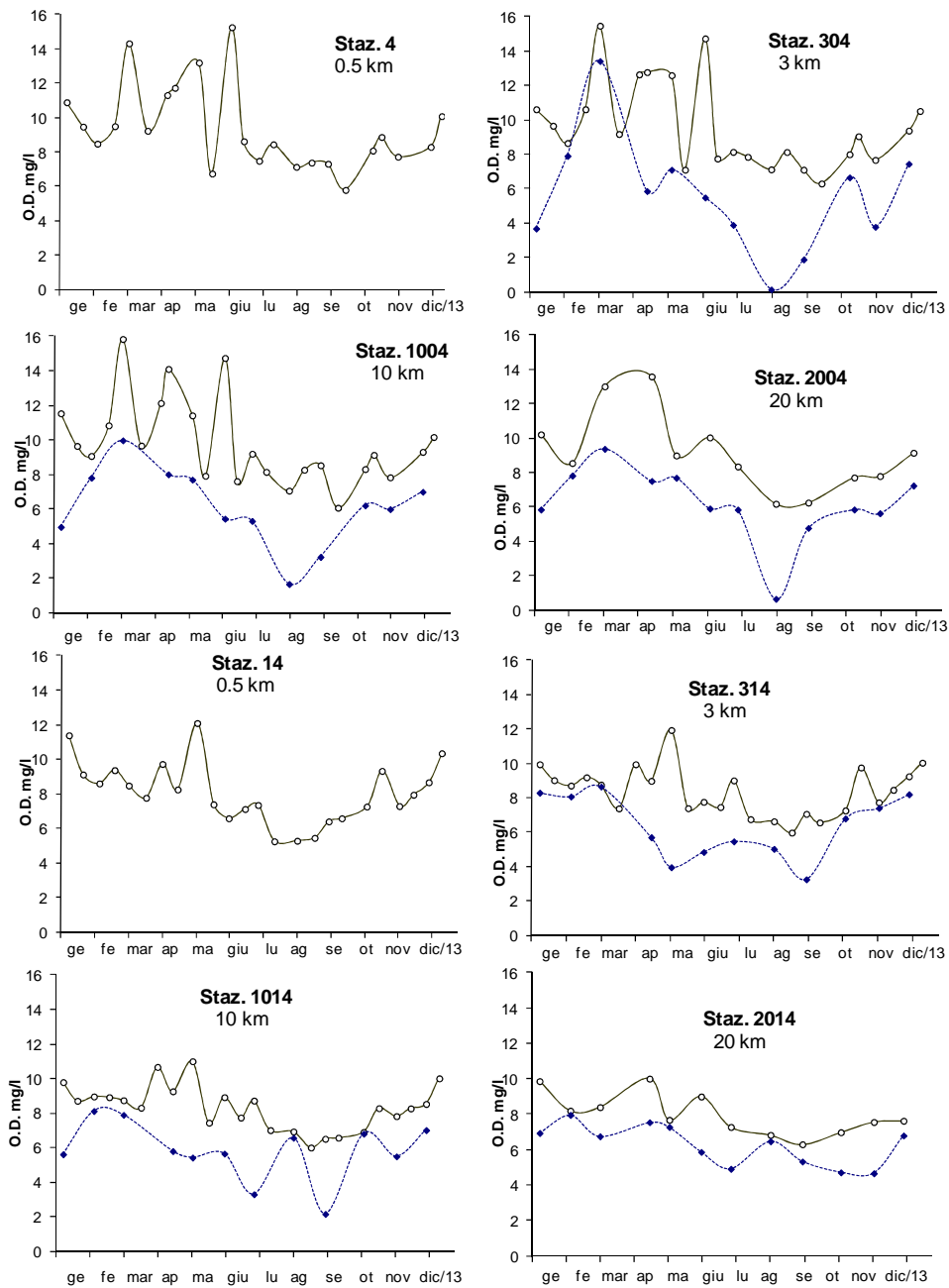


Figura 43 – Andamenti temporali dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

Ossigeno di fondo

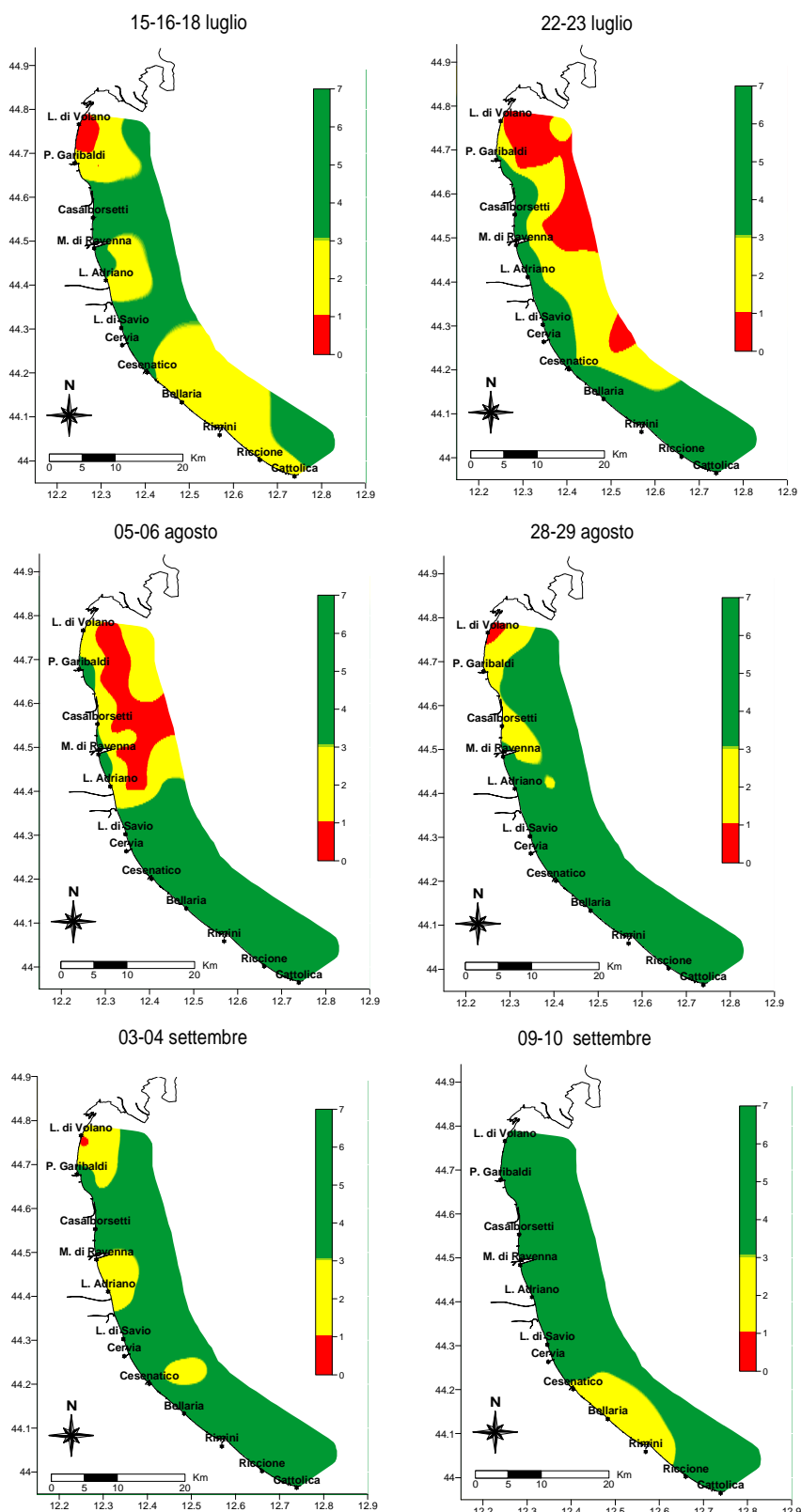


Figura 44 – Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo lungo la costa rilevati in alcuni monitoraggi estivi

4.4.1.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. Essa rappresenta un efficace indicatore della produttività del sistema e determina il livello di eutrofizzazione delle acque. È una componente fondamentale degli indici trofici (valutazione della produzione primaria) come ad esempio il TRIX, dell’indice di torbidità TRBIX, applicati nella valutazione delle caratteristiche trofiche del corpo idrico e dello stato ambientale dell’ecosistema.

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione della Clorofilla “a” sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, P. Garibaldi, Casalboretto, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva (vedi Tabella 4).

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.

La frequenza d’indagine è quindicinale (1^a e 3^a settimana di ogni mese) e non bimestrale come prevede il D.M. 260/10. Una maggior frequenza d’indagine deriva dalla necessità di tenere più frequentemente monitorate le diverse fasi eutrofiche essendo il principale problema del tratto costiero emiliano romagnolo.

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.260/10.

Nella Figura 45, si riportano gli andamenti della Clorofilla nel 2013 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;
- la presenza di uno o più picchi prevalenti nei primi mesi dell’anno e valori più bassi di clorofilla “a” nei mesi estivi;
- nel mese di maggio, in tutte le stazioni a sud di Casalboretto (Corpo Idrico CD2) è presente un picco dei valori di concentrazione della clorofilla “a”.



Figura 45 – Andamenti temporali della Clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (colonna sinistra; stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (colonna destra; stazioni 2, 309, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2013

Ai fini della valutazione dello Stato di Qualità Ambientale, si seguono le metriche proposte nel D.M. 260/10. Alla luce di quanto contenuto in tale normativa la valutazione del parametro fitoplancton si attua utilizzando le distribuzioni in superficie di clorofilla “a”, scelto come indicatore di biomassa.

Occorre fare riferimento non solo ai rapporti di qualità ecologica (RQE), ma anche ai valori assoluti (espressi in mg/m^3 o $\mu\text{g}/\text{l}$) di concentrazione di clorofilla “a”.

La tipo-specificità per il fitoplancton è caratterizzata dal criterio idrologico. Ai fini della classificazione per gli Elementi di Qualità Biologica (EQB) i tipi delle acque marino costiere sono aggregati in 3 gruppi (macrotipi). Per la costa emiliano romagnola, avendo identificato una stabilità alta, ovvero siti costieri influenzati da apporti di acqua dolce di origine fluviale, tutta l’area ricade nel macrotipo 1 per i due EQB fitoplancton e macroinvertebrati bentonici.

Per l’EQB fitoplancton il D.M. 260/10 riporta come modalità di calcolo, condizioni di riferimento e limiti di classe per il macrotipo 1 i seguenti criteri:

- per il calcolo del valore del parametro clorofilla “a” il valore della media geometrica annuale;
- valore di riferimento ($\mu\text{g}/\text{l}$) 1.8;
- limite di classe: Buono/Elevato 2.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ con RQE 0.75, Buono/Sufficiente 3.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ con RQE 0.51

RQE (Rapporto di Qualità Ecologica) è il rapporto tra il valore del parametro biologico corrispondente alle condizioni di riferimento per il “tipo” di corpo idrico e il valore dello stesso parametro osservato.

Lo stato di qualità per l’EQB fitoplancton è stato definito come segue:

- lo stato di qualità di ogni stazione, relativo ad un anno di riferimento, è dato dalla media geometrica di tutti i valori di concentrazione clorofilla “a”;
- lo stato di qualità di un corpo idrico, relativo ad un anno di riferimento, è dato dalla media aritmetica delle medie geometriche/anno della clorofilla “a” di tutte le stazioni appartenenti al corpo idrico;
- lo stato di un corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3 anni) è attribuito come media dei 3 valori annuali della clorofilla “a”.

La Tabella 3 riporta le medie geometriche/anno, relative al 2013, per ciascuna stazione e lo stato di qualità dei corpi idrici. La situazione rilevata evidenzia come l’EQB Fitoplancton sia un elemento significativo per evidenziare la condizione eutrofica di tale area e presenti ampie fluttuazioni condizionate prevalentemente dalle condizioni meteorologiche che si verificano. Dalla Tabella 3, emerge un trend decrescente nord-sud dei valori di clorofilla “a” che attribuiscono al corpo idrico CD1 (Goro-Ravenna) valori di medie geometriche/anno più alti rispetto al CD2 (Ravenna-Cattolica).

In Figura 46 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla “a”.

Per il 2013 lo stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB fitoplancton (Tabella 3) è Sufficiente per il CD1 e Buono per il CD2.

Tabella 3 – Medie geometriche annuali per stazione della Clorofilla “a” (µg/l) e Stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB fitoplancton

Corpo idrico	Stazione	2013	
CD1 Goro-Ravenna	2	4.92	4.0 Sufficiente
	302	4.31	
	4	4.46	
	304	3.46	
	6	3.61	
	306	3.16	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	3.39	2.4 Buono
	309	3.29	
	14	2.7	
	314	2.5	
	17	1.68	
	317	1.77	
	19	1.74	
	319	1.71	

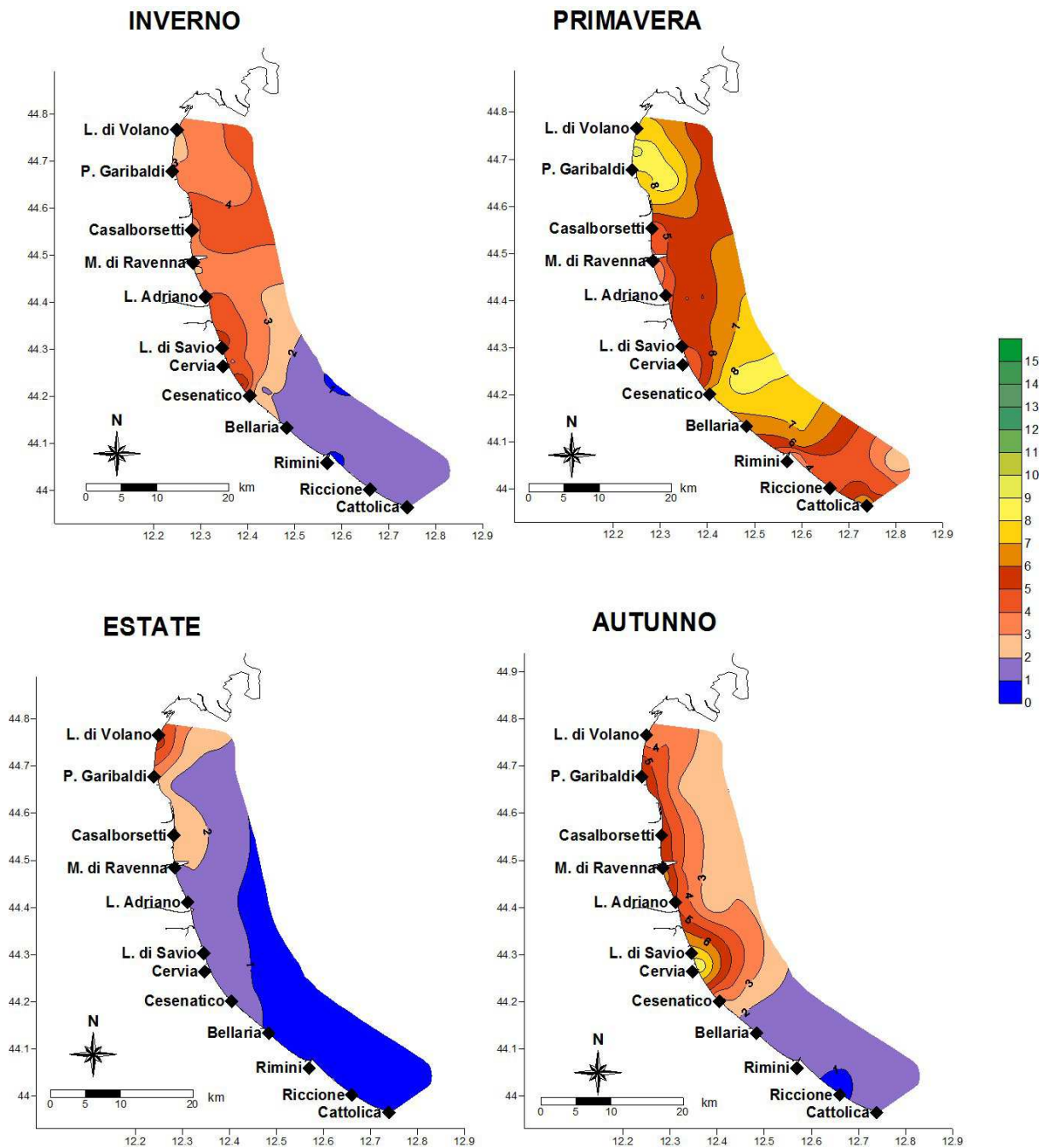


Figura 46 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

4.4.2 Elementi nutritivi

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

L'azoto nitrico rappresenta una delle componenti solubili dell'azoto e il suo andamento risulta correlato con le portate dei fiumi, in particolare del fiume Po. L'analisi della distribuzione dei valori medi stagionali evidenzia le concentrazioni maggiori in inverno-primavera e autunno rispetto ai valori più bassi registrati in estate con un gradiente negativo nord sud (Figura 47).

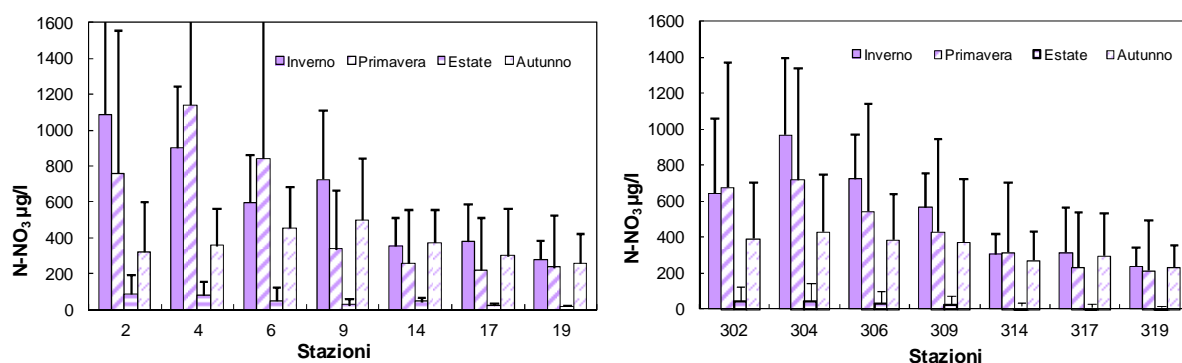


Figura 47 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico nelle acque superficiali nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Analizzando la distribuzione delle medie annuali lungo i transetti (Figura 48) si evidenzia il trend in diminuzione nord-sud che conferma la maggiore sensibilità della zona settentrionale nei confronti degli apporti dal bacino padano e quindi delle sostanze veicolate e immesse in ambiente marino. Inoltre si osserva un tendenza alla diminuzione nelle stazione più lontane da costa, in particolare a 20 km. Lungo il transetto davanti a Lido di Volano, stazione più a ridosso del delta, le concentrazioni medie a 0.5 km e a 10 km sono pressoché simili.

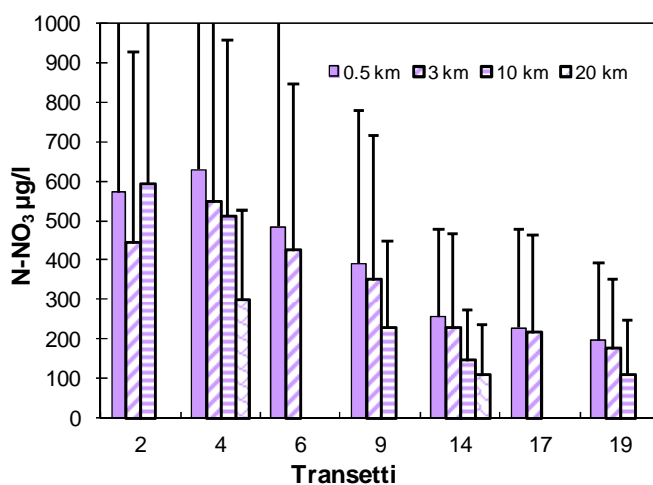


Figura 48 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'analisi temporale durante l'anno di Figura 49 descrive la distribuzione delle concentrazioni dell'azoto nitrico in superficie e sul fondo lungo i due transetti Porto Garibaldi e Cesenatico. La direttrice più a nord, quella antistante a Porto Garibaldi, risulta ben correlata con le portate del fiume Po che contribuiscono a determinare una maggior variabilità del parametro soprattutto in superficie. Le acque degli strati prossimi al fondo mantengono sempre concentrazioni basse e andamenti omogenei attestando una maggior stabilità del parametro. La concentrazione massima di N-NO₃ rilevata nel 2013 è stata pari a 4.059 µg/l registrata nella stazione 0.5 km davanti a Porto Garibaldi durante il monitoraggio del 9 aprile. Nei mesi di aprile e marzo, si rilevano valori massimi sempre a Porto Garibaldi, in generale in tutte le stazioni lungo il transetto fino a 10 km da costa. Anche i valori medi stagionali indicano in primavera le concentrazioni più elevate nel 2013 proprio in questa zona. Le mappe delle medie stagionali (Figura 50) sottolineano la distribuzione del parametro in superficie lungo la costa evidenziando ancora una volta una condizione diversa dell'area settentrionale rispetto a quella centro-meridionale.

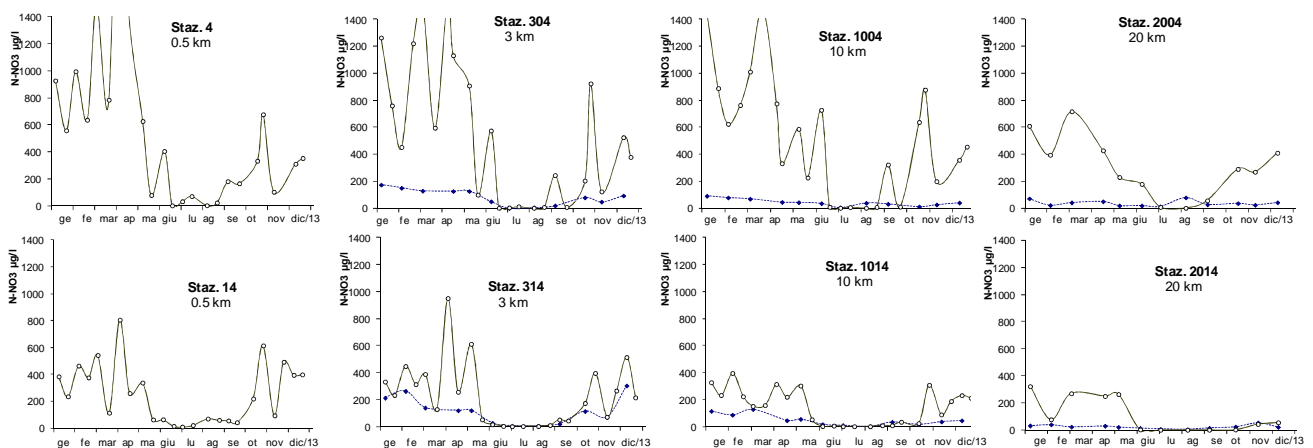


Figura 49 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo le due direttrici di Porto Garibaldi e di Cesenatico

NITRATI

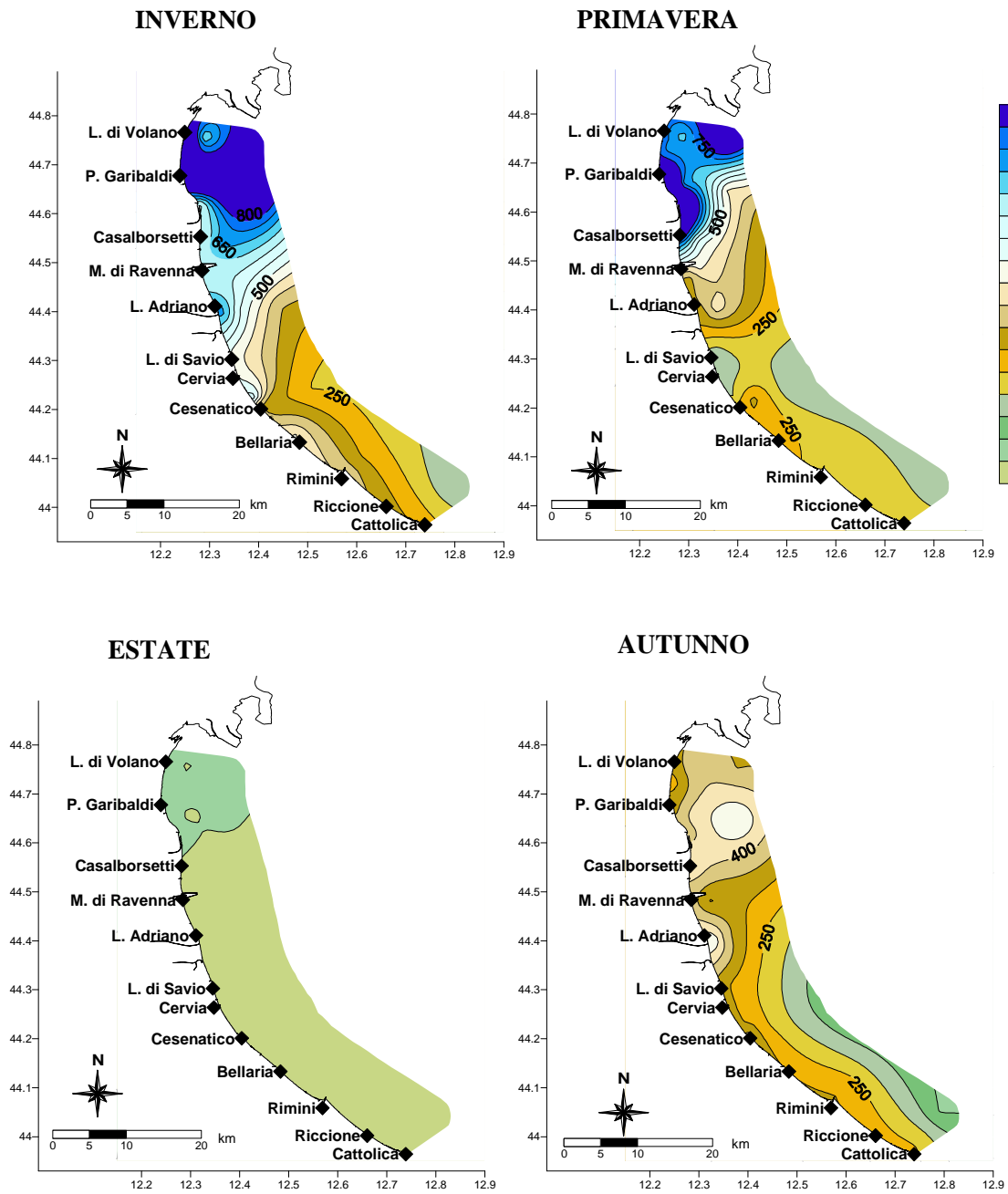


Figura 50 – Mappe di distribuzione delle medie stagionali dei nitrati ($\mu\text{g/l}$) in superficie

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

L'azoto nitroso è un'altra componente dell'azoto solubile e il suo andamento durante l'anno presenta variazioni analoghe a quelle dell' $N-NO_3$ ben correlate sempre alle portate fluviali. In generale le fluttuazione del parametro più marcate si evidenziano in superficie nelle stazioni settentrionali mentre nelle stazioni più meridionali tendono ad essere più contenute (Figura 51).

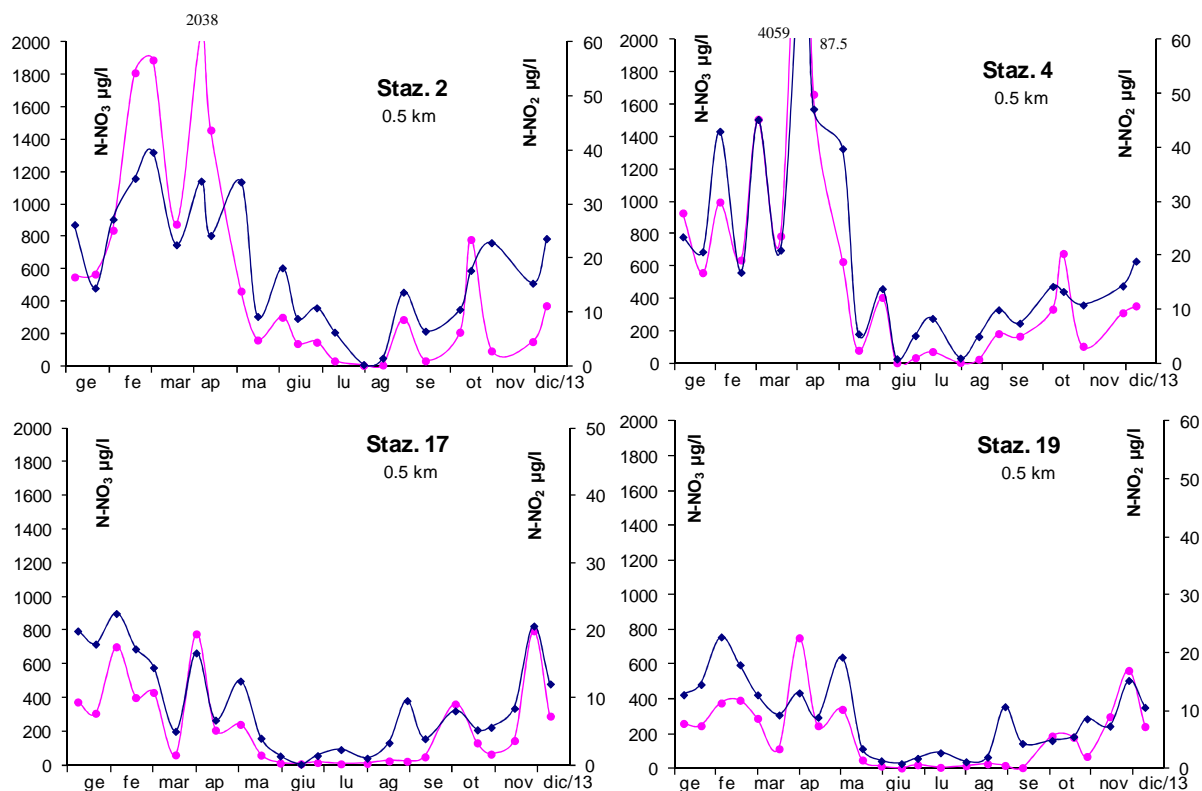


Figura 51 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea fucsia) e dell'azoto nitroso (linea blu) nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

Anche a 3 km dalla costa come a 0.5 km la variabilità è più accentuata nell'area a nord rispetto a quella centro-sud (Figura 52) durante i mesi caratterizzati da cospicui apporti fluviali.

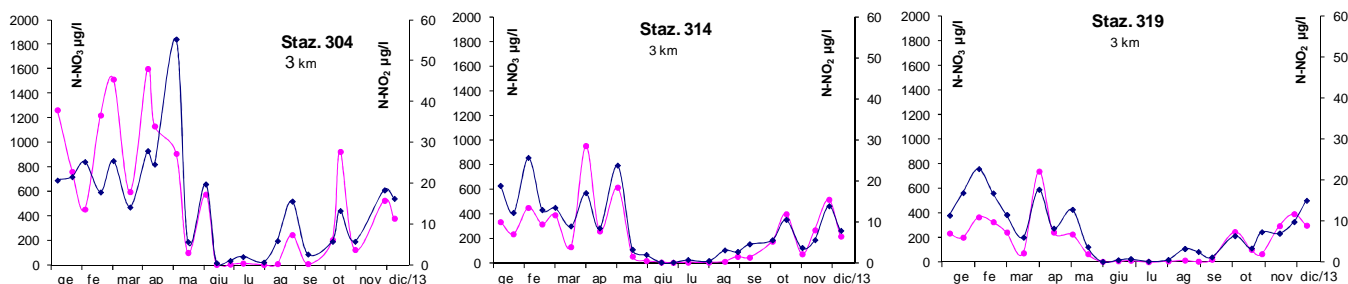


Figura 52 – Andamenti temporali dell’azoto nitrico (linea fucsia) e dell’azoto nitroso (linea blu) in superficie nelle stazioni di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica a 3 km dalla costa

Le medie annuali dell’azoto nitrico e le relative deviazioni standard di Figura 53 evidenziano un generale trend di diminuzione di concentrazione dei valori da nord verso sud e da costa a largo.

Stesso discorso se si analizzano anche le medie stagionali con i dati più bassi in estate e valori maggiori nei periodi di più elevate portate fluviali (Figura 54).

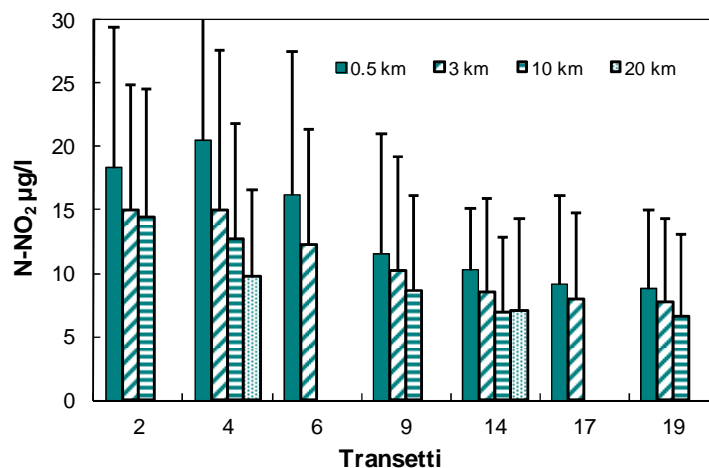


Figura 53 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

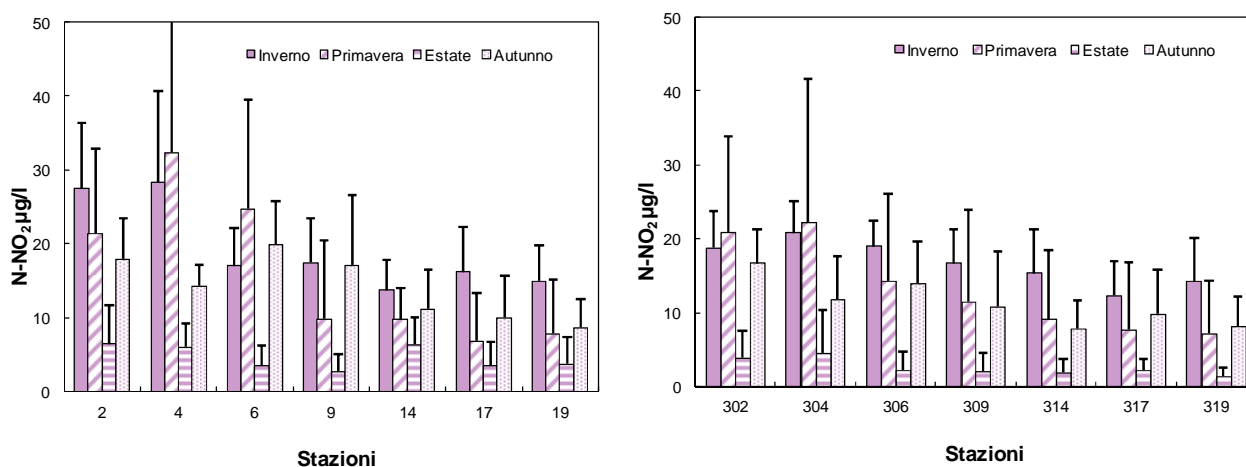


Figura 54 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Il più alto valore di concentrazione di N-NO₂ nel 2013 pari a 87.5 µg/l si è registrato sempre a Porto Garibaldi a 0.5 km da costa, durante il monitoraggio del 9 aprile. Le distribuzioni temporali dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) in Figura 55, mostrano una variabilità maggiore in superficie rispetto alle variazioni sul fondo che si mantengono più omogenee. In alcuni controlli i valori di fondo hanno superato quelli di superficie e questa condizione si verifica dopo che si sono riscontrati eventi di carenza di ossigeno sul fondo a seguito della mineralizzazione della sostanza organica e messa in circolo della componente prodotta.

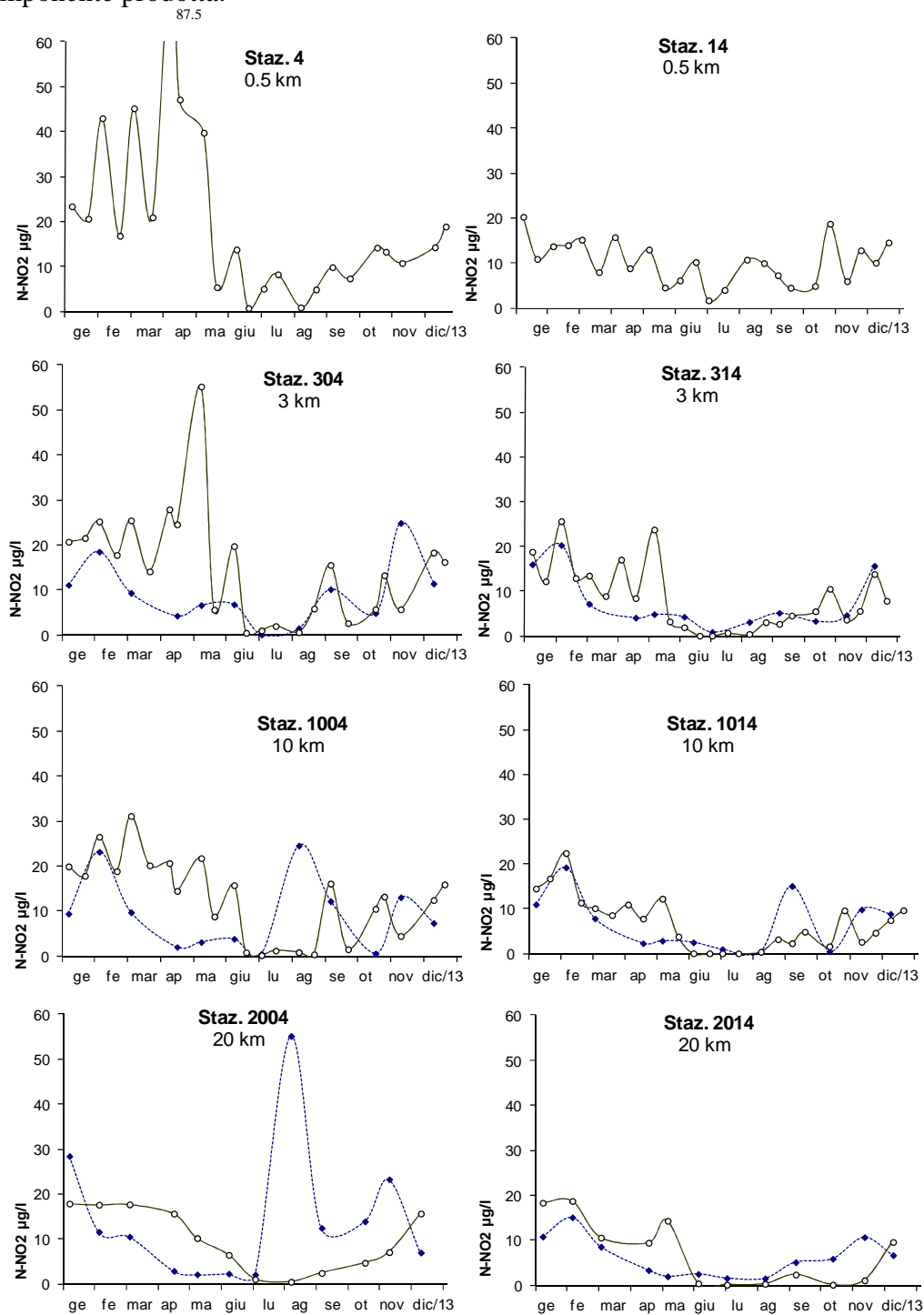


Figura 55 – Andamento temporale dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

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

Anche l'azoto ammoniacale rappresenta un'altra forma solubile dell'azoto. La sua presenza nelle acque marine superficiali è normalmente di origine fluviale ed è legata all'immissione di reflui generati dagli insediamenti urbani costieri. La Figura 56 mostra con istogrammi, le medie annuali calcolate lungo i transetti ed evidenzia un trend negativo nord sud e soprattutto da costa a largo, molto marcato nelle stazioni più settentrionali rispetto a quelle meridionali. Il dato medio più elevato è stato calcolato nella stazione 4 più vicina alla costa (0.5 km).

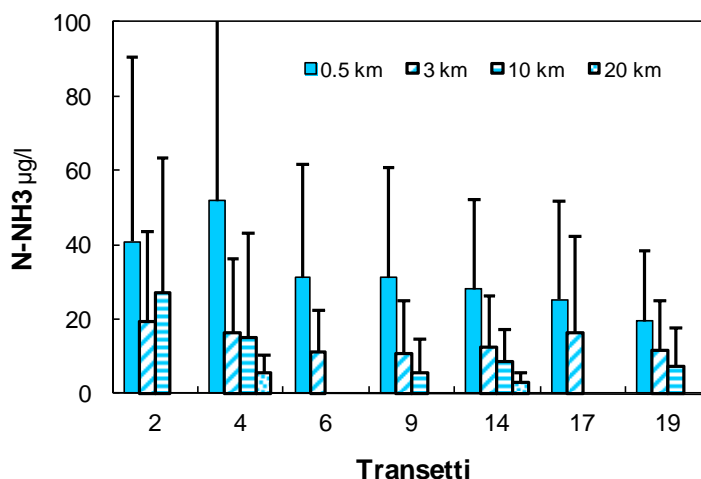


Figura 56 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

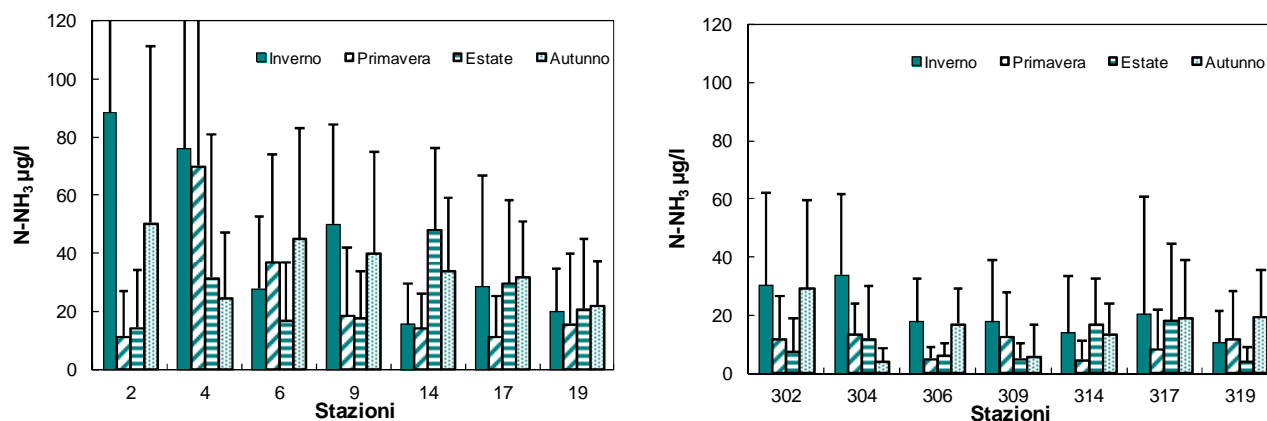


Figura 57 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'elaborazione delle medie stagionali (Figura 57) mostra un'elevata variabilità dell'azoto ammoniacale nelle stazioni a 500 m dalla costa rispetto a quelle posizionate a 3 km, a conferma dell'influenza diretta che ha il territorio su questa area costiera. Nelle acque di fondo le concentrazioni dell' $N-NH_3$ tendono ad essere superiori a quelle misurate in superficie come conseguenza della mineralizzazione della sostanza organica che avviene proprio sul fondo e che rendendo solubile l'elemento rilasciandolo lungo la colonna (Figura 58).

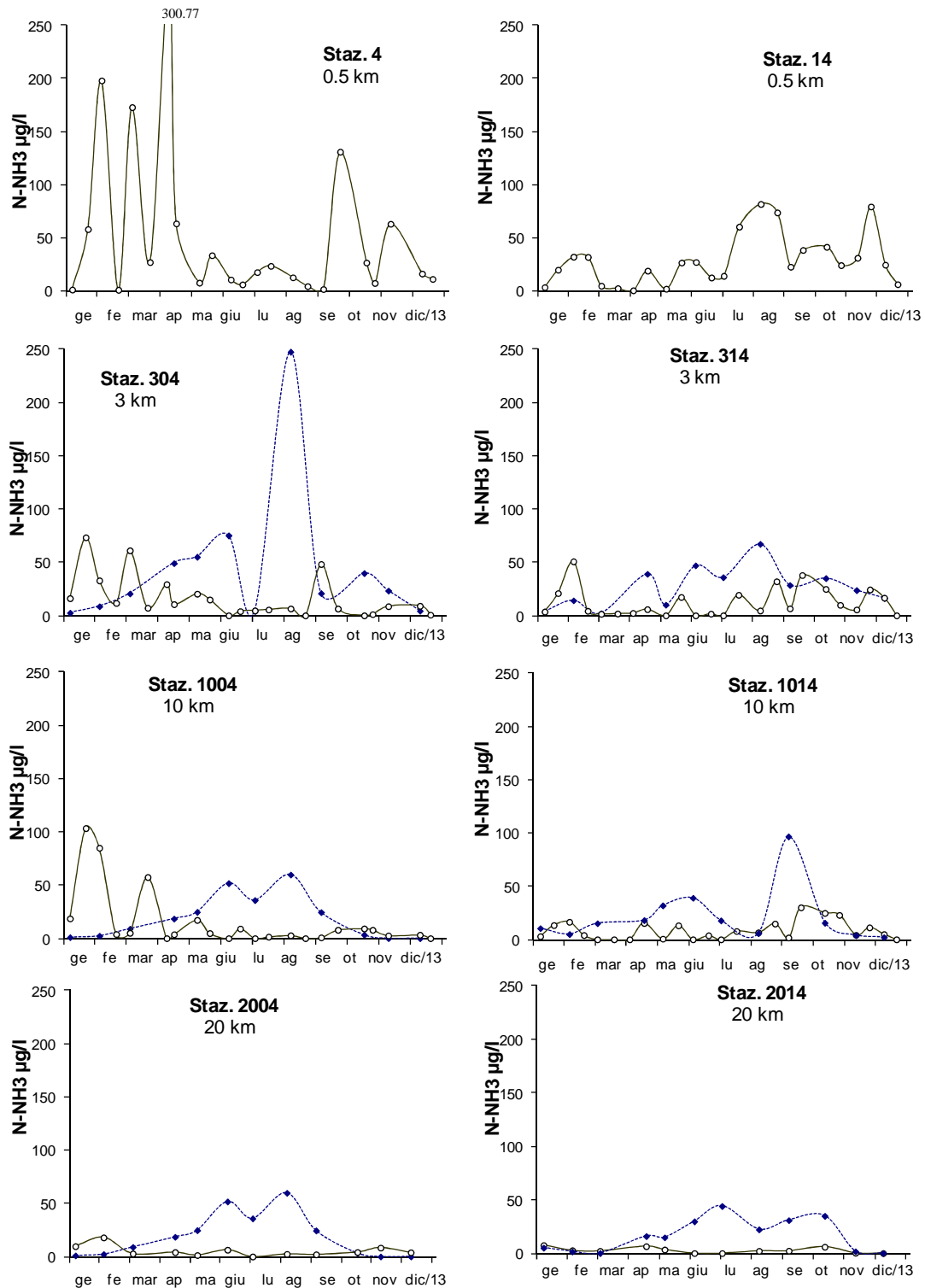


Figura 58 – Andamento temporale dell'azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

Le mappe di distribuzione delle medie mensili misurate in superficie rappresentano i mesi durante i quali si sono rilevate le concentrazioni maggiori (Figura 59).

I valori più alti misurati nel 2013 hanno interessato sempre l'area antistante Porto Garibaldi in particolare in superficie a 0.5 km dalla costa il 9 aprile con 300.77 $\mu\text{g/l}$ e a 3 km (stazione 304) il 5 agosto, sul fondo, con un dato pari a 247.65 $\mu\text{g/l}$.

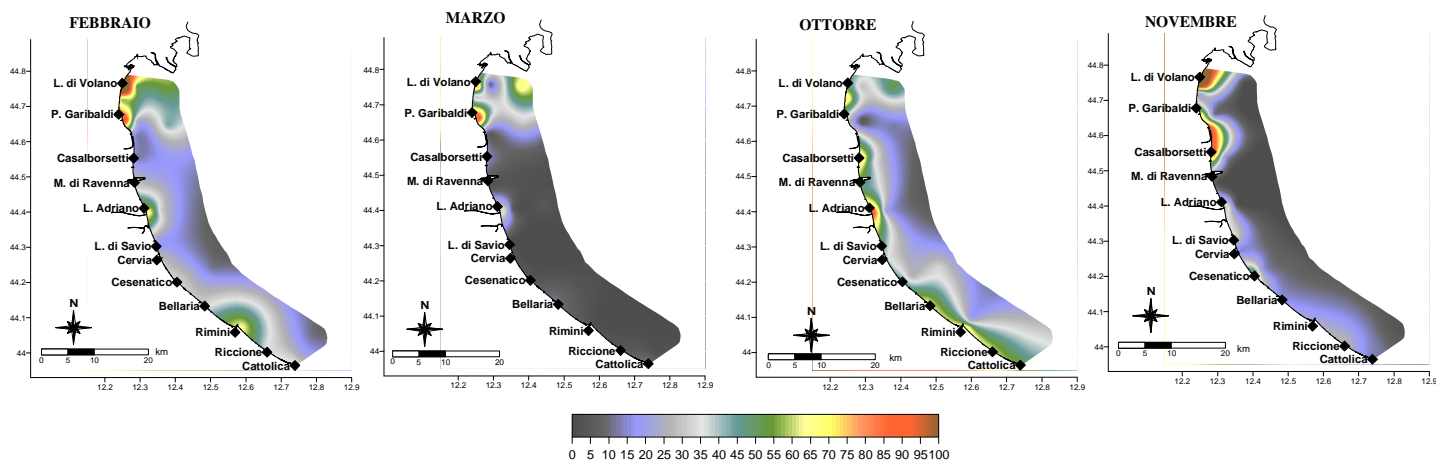


Figura 59 – Mappe di distribuzione dell’azoto ammoniacale da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali nei mesi di febbraio, marzo, ottobre e novembre (medie mensili)

4.4.2.a Azoto inorganico disciolto (DIN)

La somma delle concentrazioni analizzate delle tre forme azotate solubili (N-NO_3 , N-NO_2 , N-NH_3) è denominata DIN (azoto inorganico disciolto). Gli istogrammi in Figura 60 riportano le variazioni dei valori medi mensili del DIN nel 2013 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L’approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell’anno 2013 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolati nel lungo periodo, è stato quello di rapportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. I valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione “normale” rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate, i valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

Nei mesi di aprile, maggio e ottobre in tutte e tre le stazioni si evidenzia un incremento della concentrazione del DIN, mentre nel periodo estivo i valori rimangono leggermente al di sotto del valore di riferimento per invece diminuire nel corso degli ultimi due mesi dell’anno. La stazione 304 si discosta nei valori nei primi tre mesi invernali e a giugno, dove si osserva una marcata differenza, con valori più elevati rispetto la media climatologica del periodo.

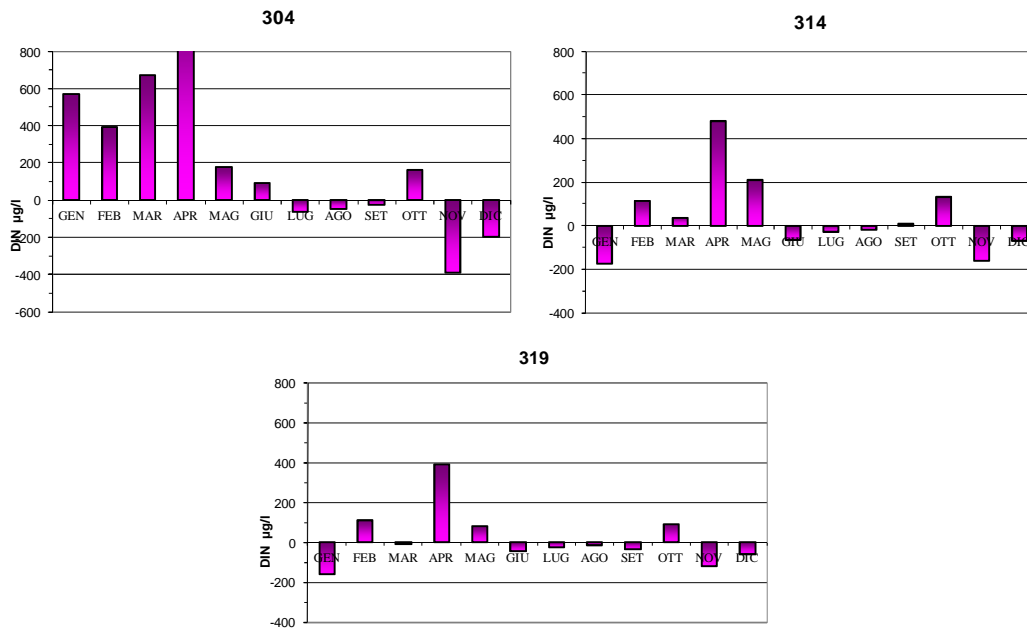


Figura 60 – Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

Analizzando le medie geometriche annuali nel lungo periodo (1982-2013) in tre aree a 0.5 km dalla costa rappresentative di tutta la regione (Figura 61) si evidenzia un aumento dei valori nella sola stazione Cervia-Cesenatico, nelle restanti si registra un lieve calo. Nel grafico sono rappresentate anche le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate) che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, anche quelle di ordine superiore (linee continue) che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale.

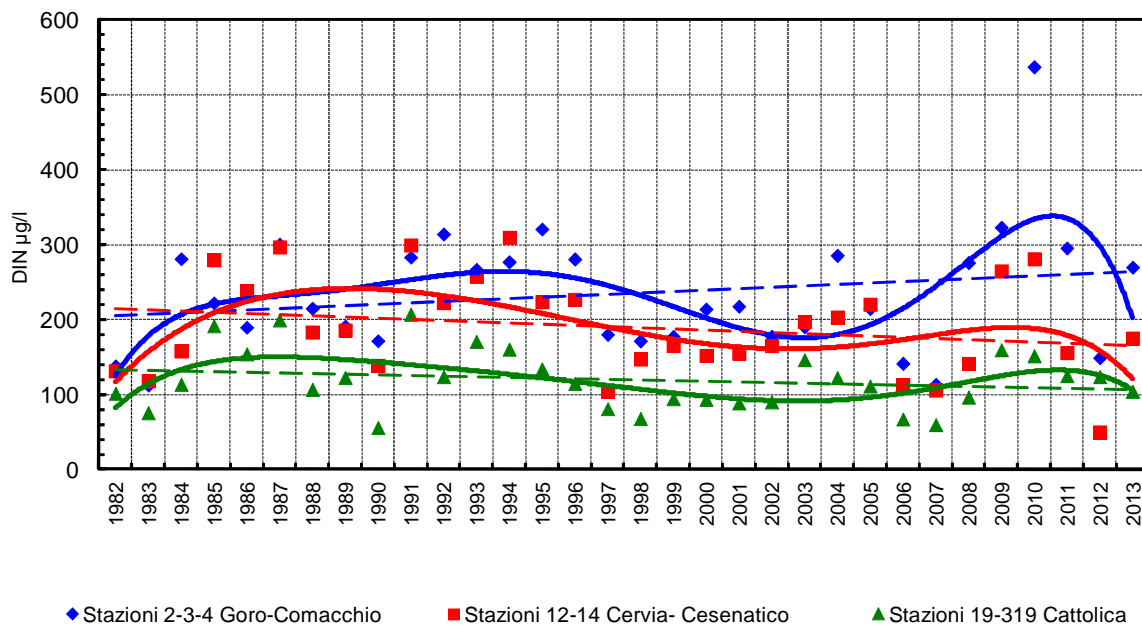


Figura 61 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2013)

La forma che maggiormente incide sui valori di DIN è l'azoto nitrico (N-NO₃) e la Figura 62 rappresenta la distribuzione delle concentrazioni delle tre forme azotate disciolte nella stazione 2, a 0.5 km antistante Lido di Volano.

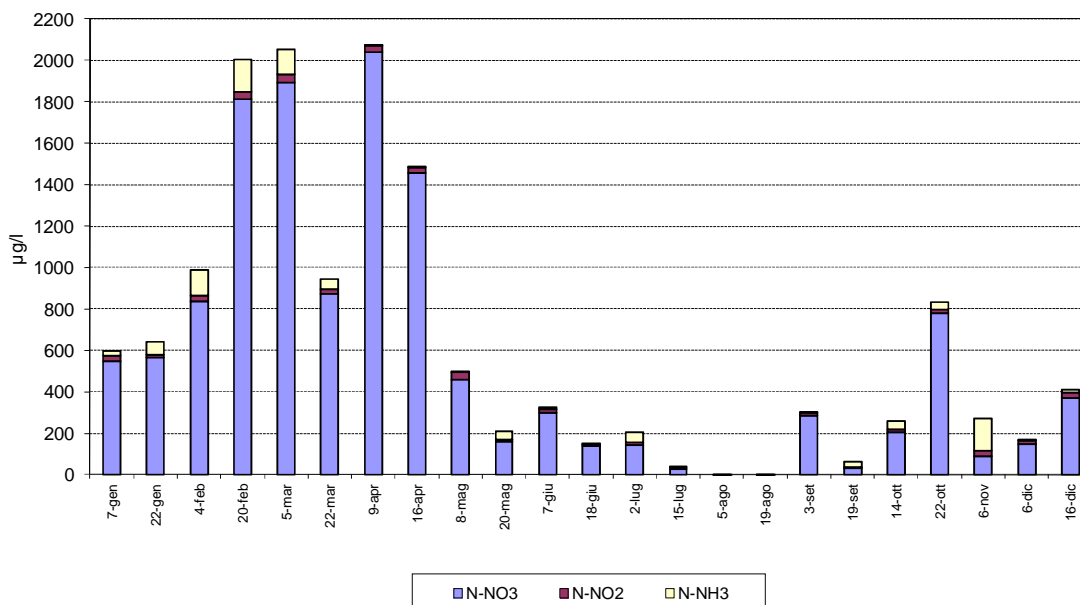


Figura 62 – Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione di Lido di Volano

4.4.2.b Azoto totale (N tot)

Anche l'andamento dell'azoto totale in superficie tende a mantenersi pressoché simile a quello degli altri elementi azotati considerati fino a questo momento, con valori più elevati nell'area a nord che tendono a decrescere nell'area meridionale. L'andamento tende a diminuire in generale anche lungo i transetti da costa a largo (Figura 63). Fa eccezione il transetto di Lido di Volano dove l'influenza del bacino padano si fa sentire anche nelle acque più al largo.

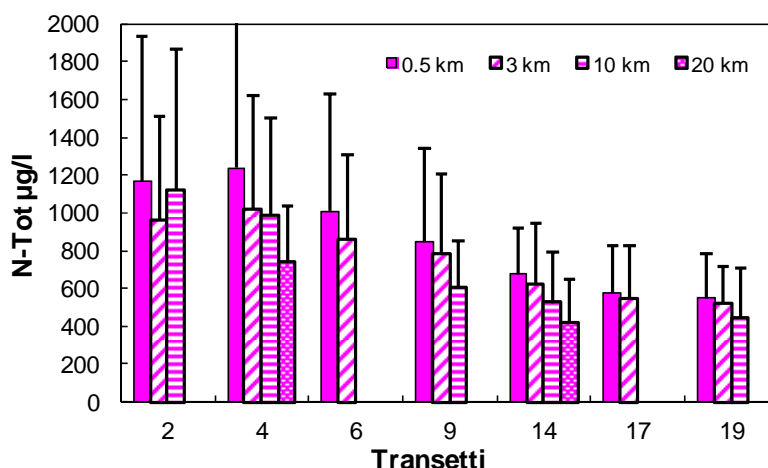


Figura 63 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

I valori medi stagionali elaborati in Figura 64 evidenziano dati più bassi in estate e più alti in inverno e primavera, questo in particolare per le stazioni più settentrionali mentre per quelle meridionali la variabilità è minore sia a 0.5 km che a 3 km da costa.

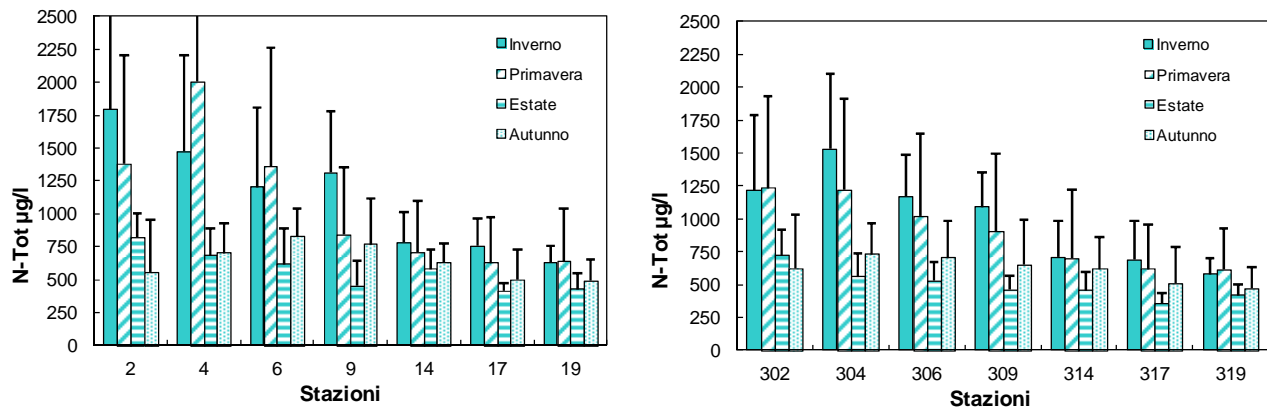


Figura 64 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In Figura 65 sono riportate le variazioni dei valori medi mensili dell’azoto totale nel 2013 in tre stazioni situate a 3 km dalla costa antistanti Porto Garibaldi (304), Cesenatico (314) e Cattolica (319) messe a confronto con il valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo 1993-2002. L’approccio metodologico seguito è quello già spiegato nel paragrafo 4.4.2 a; i valori positivi nei grafici significano che il parametro, nel singolo, mese ha subito un incremento rispetto alla condizione “normale” rappresentata dalla climatologia.

Per il 2013 i valori sono risultati essere spesso positivi sia al nord, dove l’incremento è più marcato, sia nelle stazioni più meridionali. Fa eccezione il mese di gennaio dove nella 319 si osserva una diminuzione rispetto alla condizione “normale” di riferimento secondo la climatologia. Gli unici valori negativi, che identificano una diminuzione della variabile, si sono avuti a fine anno nei mesi di novembre e dicembre.

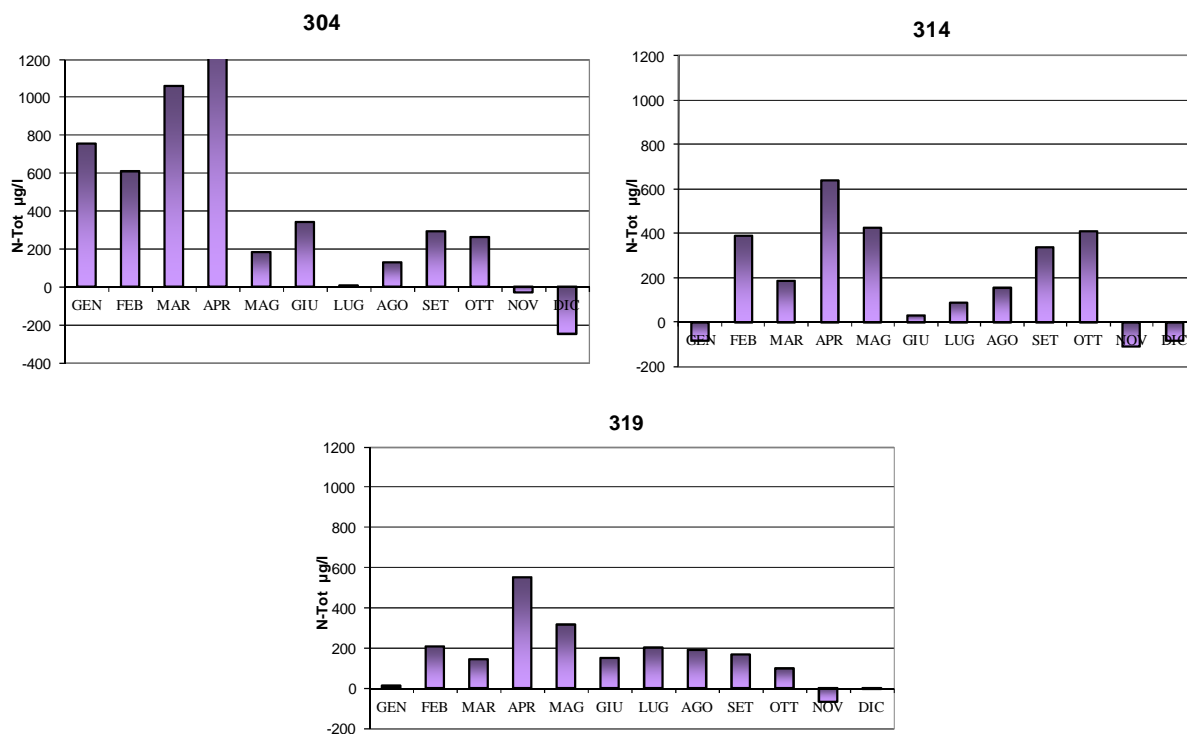


Figura 65 – Variazione dei valori medi mensili dell’azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

4.4.2.c Fosforo reattivo (P-PO₄)

Anche per il fosforo reattivo l’andamento nel 2013 mostra una marcata variabilità correlata all’andamento degli apporti dei bacini fluviali e in particolare da quello padano. L’elaborazione delle medie stagionali rappresentate negli istogrammi di Figura 66 mostra in generale valori più alti in inverno e primavera e i più bassi in estate.

Le stazioni centro settentrionali presentano in alcuni casi concentrazioni superiori a quelle calcolate per le stazioni più meridionali ma, a differenza di altri parametri, non si osserva un marcato trend negativo nord sud.

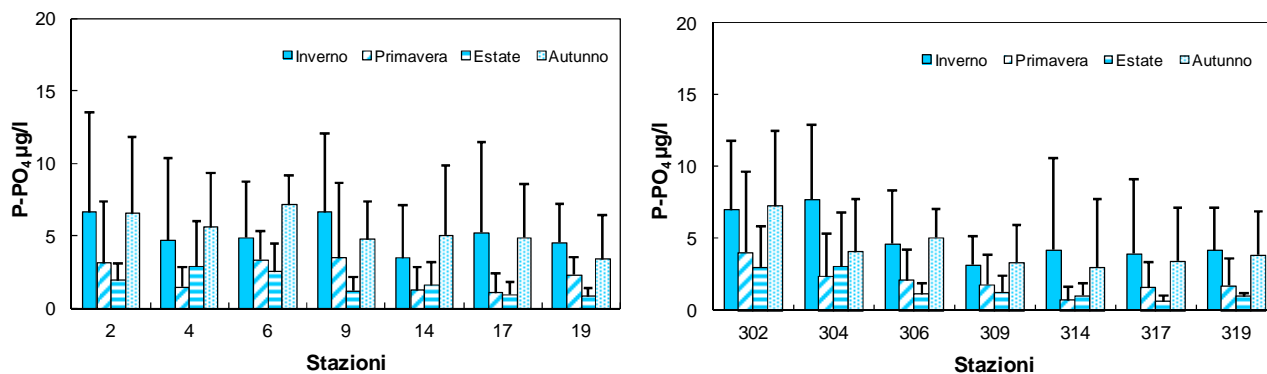


Figura 66 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'analisi delle medie annuali lungo i transetti (Figura 67) evidenzia un gradiente costa largo per le stazioni comprese tra Casalborsetti (6) e Cattolica (19) mentre per le stazioni 2 e 3 situate nell'area più a ridosso del delta padano la situazione è più variabile; a Lido di Volano (stazione 2) si osserva al contrario un gradiente in aumento da costa al largo indice di un'influenza lungo tutto il transetto degli apporti diretti del Po in mare.

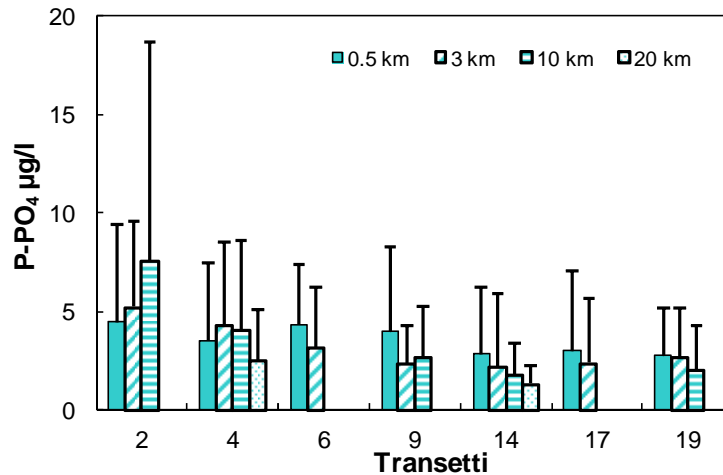


Figura 67 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Le mappe di distribuzione delle medie mensili descrivono bene il maggior effetto nell'area settentrionale degli apporti di acque dolci e quindi le varie fluttuazioni dell'ortofosfato in superficie, in particolar modo nell'area più al largo proprio davanti a Lido di Volano dove a marzo si sono registrate concentrazioni elevate.

Il valore più alto in assoluto rilevato nel 2013 durante le attività di controllo è stato di 40.49 µg/l nella stazione 1002, a 10 km davanti a L. di Volano il 9 aprile.

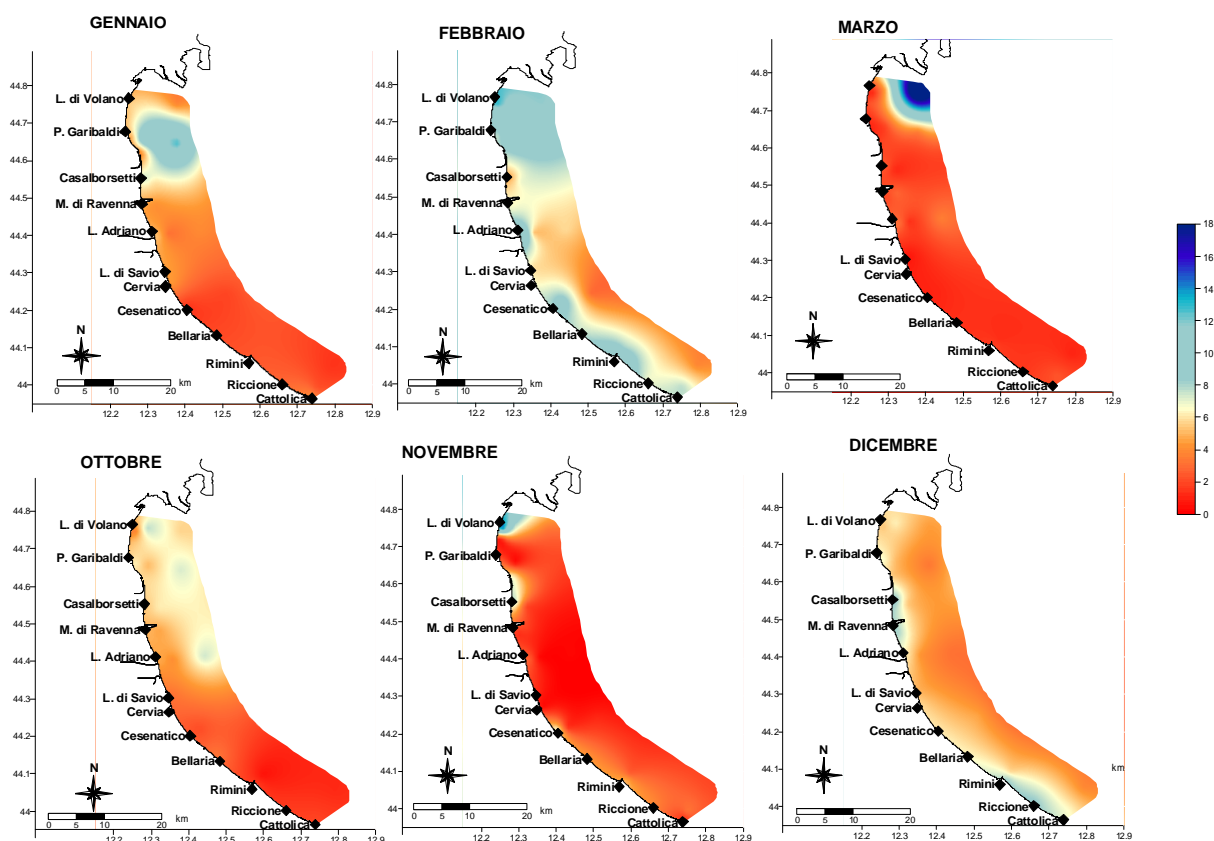


Figura 68 – Mappe di distribuzione dell’ortofosfato da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre (medie mensili)

Negli istogrammi di Figura 69 sono riportate le variazioni dei valori medi mensili del P-PO4 rilevati durante l’anno nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica (304 – 314 - 319) messe a confronto con il valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002). L’approccio metodologico seguito è quello già spiegato nel paragrafo 4.4.2 a.

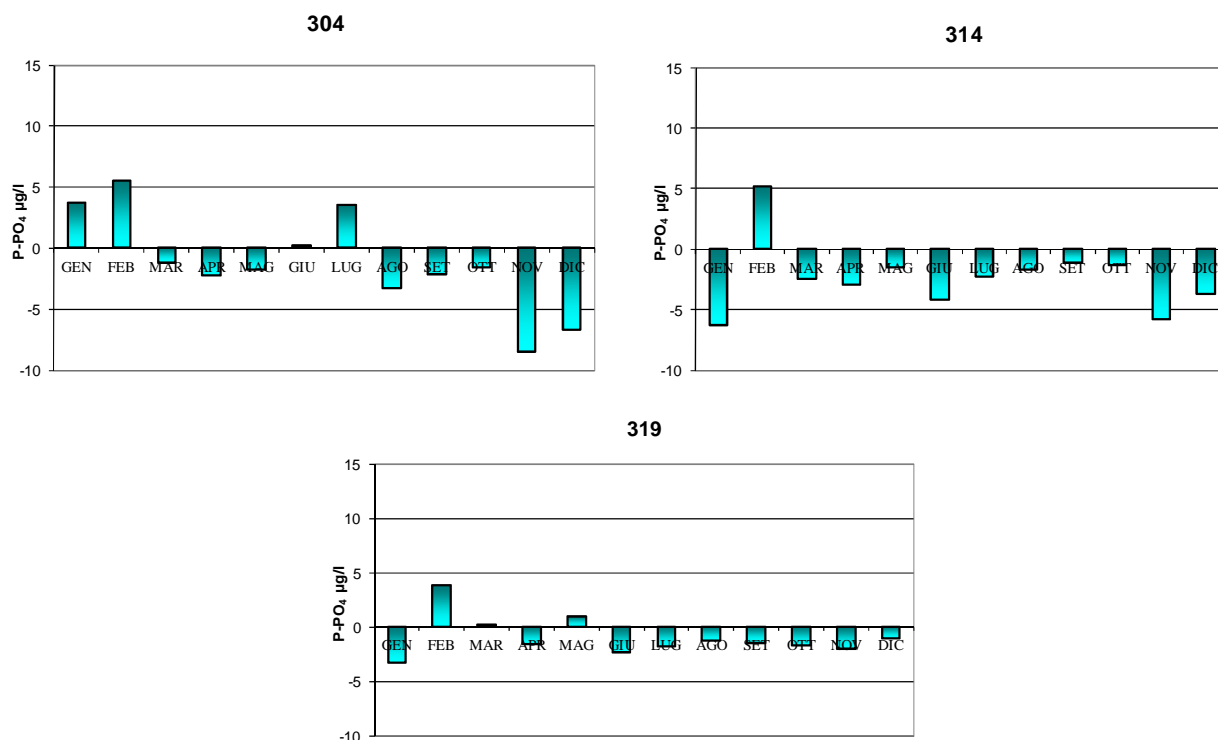


Figura 69 – Variazione dei valori medi mensili dell’ortofosfato nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

Durante tutto l’anno in tutte le tre stazioni si osserva una generale diminuzione, più accentuata a Cesenatico e a novembre e dicembre nella stazione 304 (Porto Garibaldi) dove i valori negativi identificano una diminuzione della variabile rispetto alla condizione di riferimento. A febbraio in tutte le stazioni si osserva invece un incremento del parametro rispetto alle concentrazioni “normali” secondo la climatologia calcolata.

La stazione 304 di Porto Garibaldi si discosta da un andamento generale in gennaio e a luglio dove si osservano valori positivi e quindi incrementi delle concentrazioni rispetto alla climatologia di riferimento.

Lo sviluppo dei fenomeni eutrofici è dipendente dagli apporti di nutrienti veicolati a mare dai bacini costieri adriatici, soprattutto dal Po. Al fine quindi di ridurre questi fenomeni e di conseguenza migliorare lo stato qualitativo delle acque costiere, è necessario controllare e rimuovere i carichi di nutrienti generati e liberati proprio dai bacini e immessi in mare. La componente DIN (somma delle concentrazioni delle tre forme azotate solubili: N-NO₃, N-NO₂ e N-NH₃) viene utilizzata con il P-PO₄ nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano romagnole il fosforo è sempre stato l’elemento chiave che limita e controlla i fenomeni eutrofici, 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 di risanamento per migliorare lo stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere soprattutto una riduzione degli apporti di fosforo. In genere il fosforo è il fattore limitante la crescita algale nelle acque costiere emiliano romagnole e in generale in tutto l’Adriatico settentrionale, pertanto rimane

l'elemento su cui maggiormente devono essere concentrati gli sforzi per contrastare l'eutrofizzazione costiera.

Nella Figura 70 vengono rappresentati gli andamenti temporali delle concentrazioni lungo i due transetti, a partire da 3 km dalla costa, di Porto Garibaldi e Cesenatico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) che sottolinea fluttuazioni più marcate a Porto Garibaldi rispetto a Cesenatico perfino nelle stazioni a 20 km anche se i valori sono molto più contenuti al largo rispetto a quelli più vicini a costa.

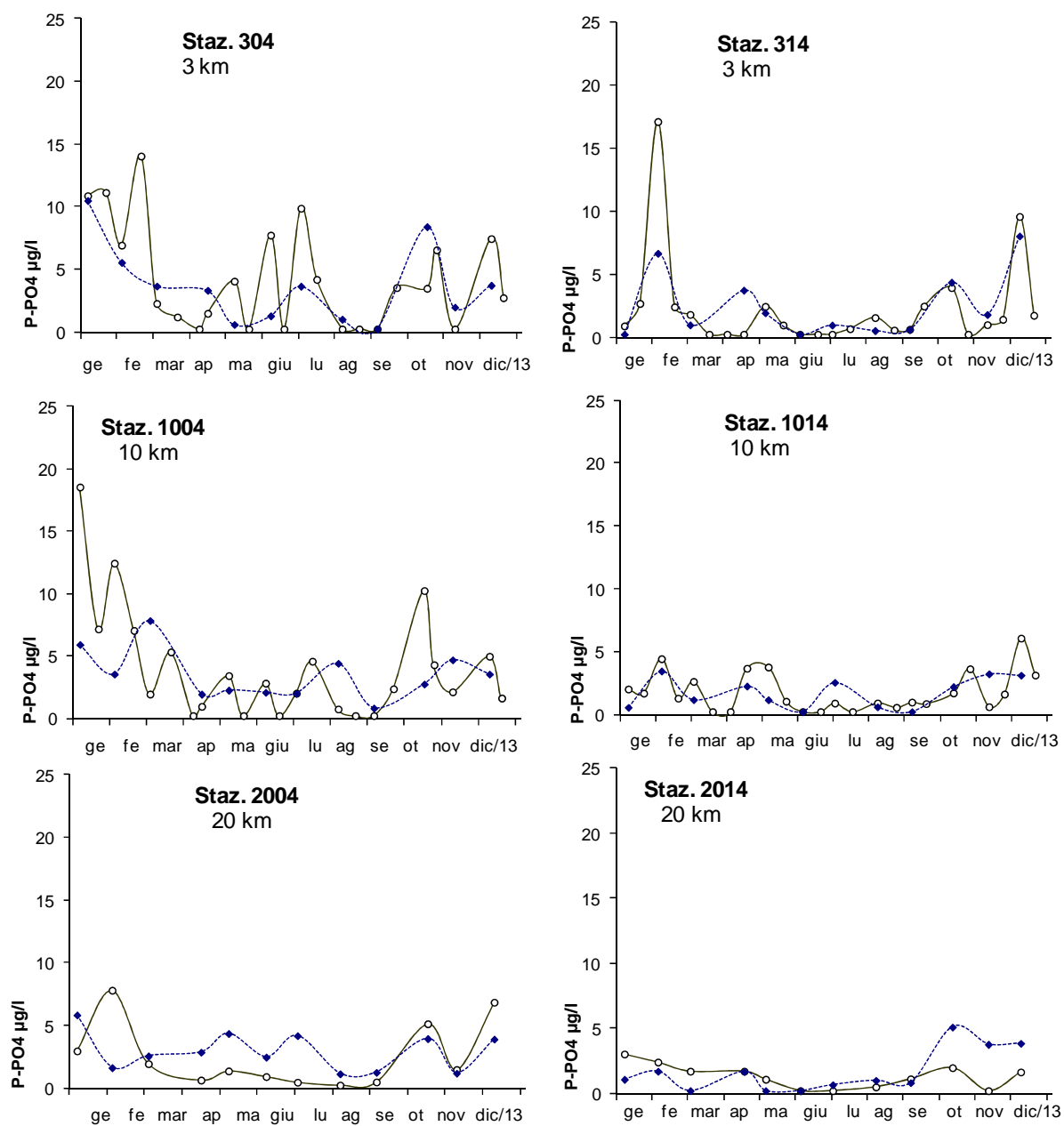


Figura 70 – Andamento temporale dell’ortofosfato in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

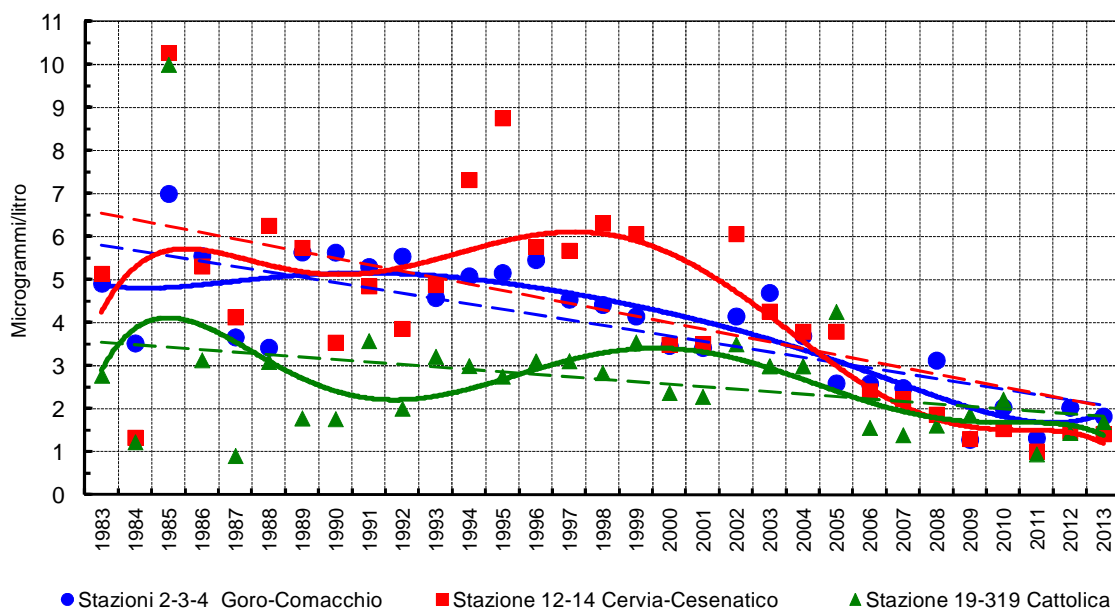


Figura 71 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del P-PO₄ in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2002)

4.4.2.d Fosforo totale (P tot)

L'andamento annuale dei valori medi del fosforo totale nel 2013 evidenzia un generale trend negativo nord sud e costa largo che sottolinea ancora una volta la maggior sensibilità dell'area settentrionale all'immissioni di elementi nutritivi veicolati dal bacino padano (Figura 72).

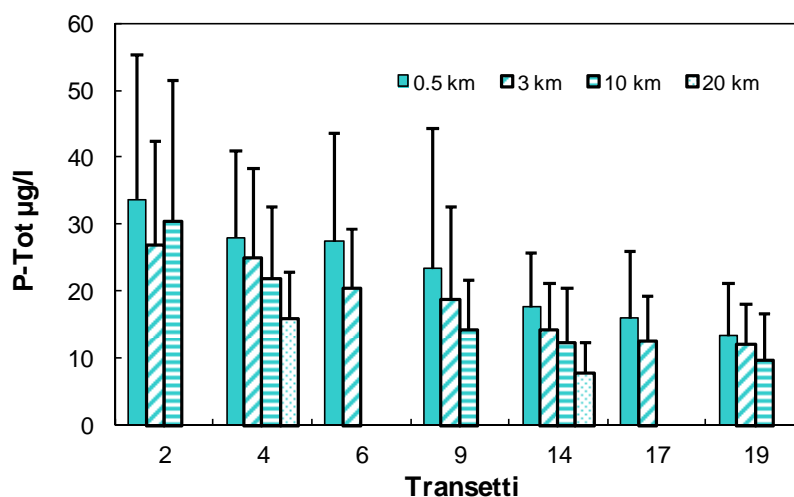


Figura 72 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

La distribuzione dei valori medi stagionali e le relative deviazioni standard rappresentate in Figura 73, evidenziano una certa variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali mentre in quelle meridionali risulta limitata con valori più elevati in inverno e autunno e più bassi in estate.

Nelle stazioni 2, 4 e 6 le concentrazioni medie massime sono state rilevate in primavera e in estate.

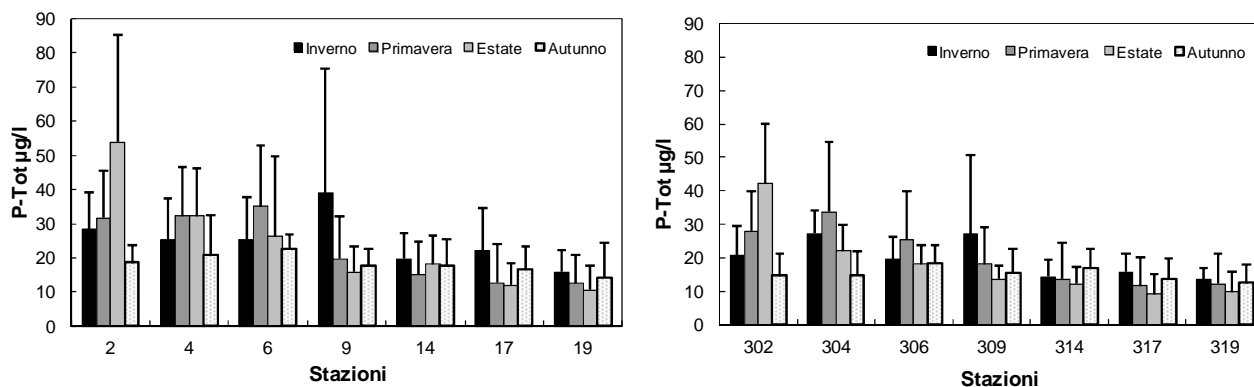


Figura 73 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Nelle acque di fondo le concentrazioni di fosforo totale rimangono più contenute ed omogenee rispetto alla superficie (Figura 74)

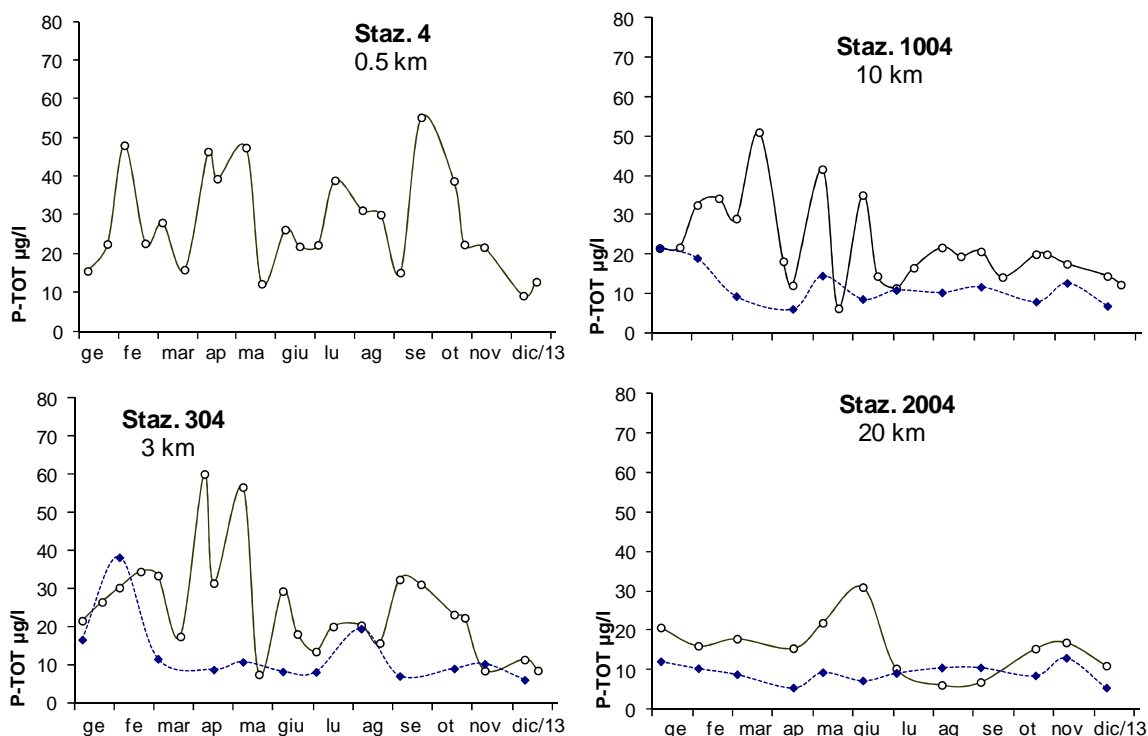


Figura 74 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nella direttrice di Porto Garibaldi

In Figura 75 sono riportate le medie geometriche annuali del fosforo totale calcolate in tre aree costiere. In generale le stazioni di Goro e Comacchio delimitano l'area più settentrionale influenzata dagli apporti del Po presentando i più elevati livelli trofici durante l'anno; la stazione di Cattolica delimita l'area più meridionale meno condizionata dal bacino padano con bassi livelli trofici; ed infine le stazioni centrali della costa emiliano romagnola, collocate a 0.5 km a Cervia e a Cesenatico sono caratterizzate da una situazione trofica intermedia.

In tutte le tre aree esaminate si è verificata, nel lungo periodo, una diminuzione delle concentrazioni del fosforo totale, corrispondente ad una diminuzione dei carichi di circa il 30%. Nei diagrammi sono rappresentate le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate), che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, e quelle di ordine superiore (linee continue), che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. La tendenza di ordine superiore evidenzia due cicli di circa 10 anni, ciascuno con i massimi raggiunti nel 1985, e nel 2004. I valori relativi al 2013 mantengono il trend in diminuzione registrato negli anni precedenti.

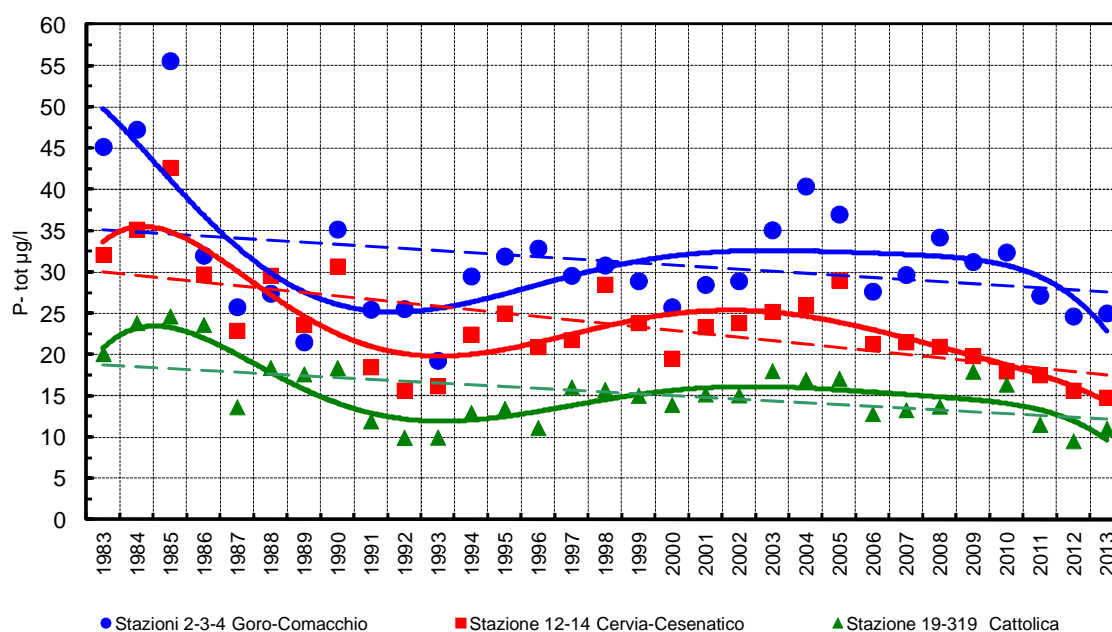


Figura 75 – Medie geometriche annuali trend evolutivo del fosforo totale in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2013)

Le medie geometriche mensili calcolate nel 2013, nelle stazioni a 3 km antistanti Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica in Figura 76, sono state comparate con il dato medio dello stesso mese ricavato seguendo un'approccio metodologico già spiegato nel paragrafo 4.4.2 a. Per la stazione 304 si osserva un andamento molto diverso con valori che tendono nei primi sei mesi dell'anno ad aumentare in maniera più o meno marcata rispetto ai valori di riferimento, mentre negli altri sei mesi tendono a diminuire, ad eccezione di settembre. Nelle altre due stazioni al contrario si osserva un comportamento abbastanza simile con valori la maggior parte delle volte negativi rispetto alla media "normale" di riferimento. La Figura 77 mostra gli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e del fosforo totale durante il 2013 nella stazione 2 di Lido di Volano a 0.5 km dalla costa. Gli istogrammi evidenziano la differenza di concentrazione dei due parametri con prevalenza netta del fosforo totale nei confronti dell'ortofosfato; la componente ortofosfatica è la forma che viene immediatamente assimilata dalla biomassa fitoplanctonica e quindi meno rintracciabile.

I valori più elevati si sono rilevati in costa nella zona più a nord il 5 agosto nelle stazioni di Lido di Volano (2) e Lido delle Nazioni (3), con valori pari a 113.1 e 115 µg/l.

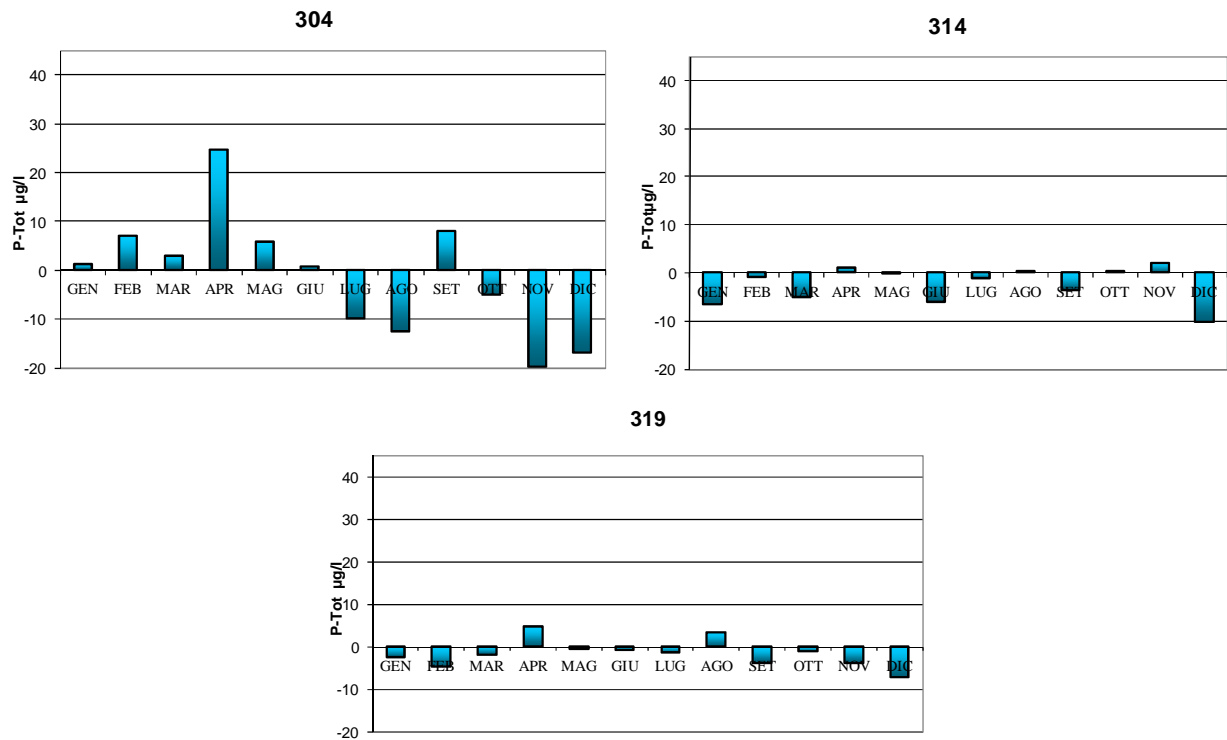


Figura 76 – Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

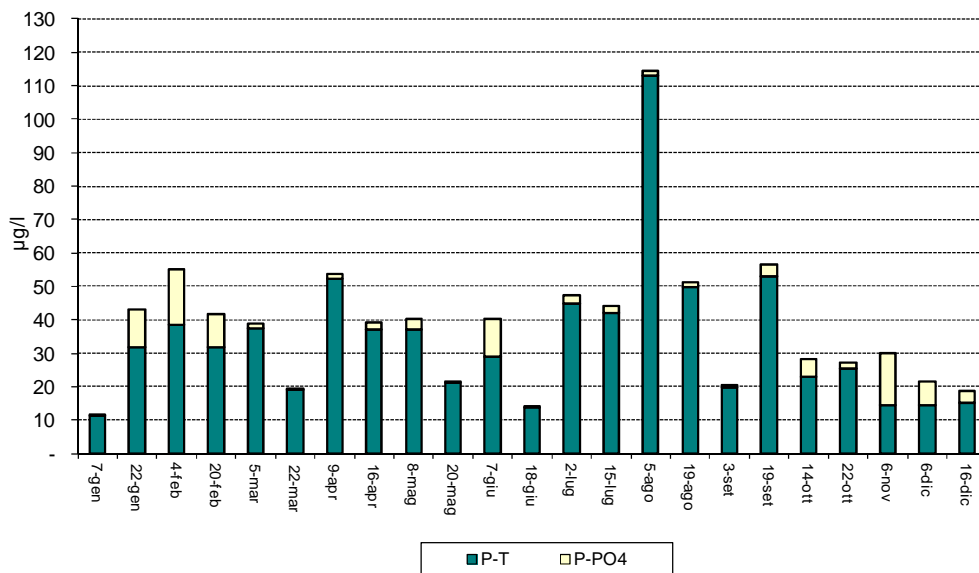


Figura 77 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e del fosforo totale nella stazione 2 (Lido di Volano)

4.4.2.e Silice reattiva ($Si-SiO_2$)

Anche nel 2013 l'andamento della silice reattiva nelle acque superficiali si allinea con quello degli altri nutrienti elaborati nei paragrafi precedenti evidenziando una certa variabilità. I valori più elevati si sono registrati nelle stazioni localizzate nell'area settentrionale sia in costa sia lungo il transetto, mentre per le stazioni centro settentrionali si è evidenziato un trend negativo sia nord sud sia costa largo. In Figura 78 sono rappresentate le medie annuali e le relative deviazioni standard della silice che sottolineano bene la diminuzione di concentrazione lungo la costa nelle stazioni centro meridionali e lungo i loro transetti da costa verso il largo. Per le stazioni più settentrionali il comportamento del parametro è diverso. La sua condizione è correlata alla maggior influenza degli apporti fluviali padani che insistono su questa zona determinandone la qualità ambientale delle acque soprattutto in superficie.

Gli andamenti temporali della silice analizzati per le due stazioni agli estremi della rete di monitoraggio, la stazione 2 (Lido di Volano) e la stazione 19 (Cattolica), sottolineano la maggiore variabilità del parametro e i valori maggiori nelle acque più settentrionali rispetto a quelle meridionali (Figura 79).

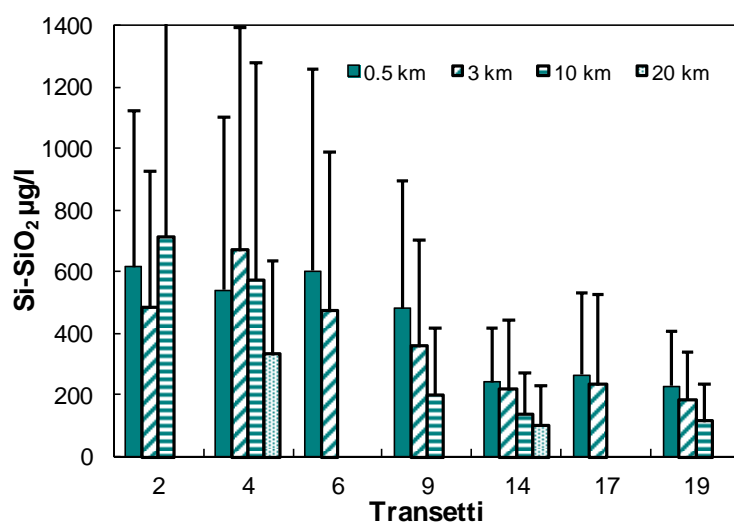


Figura 78 – Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

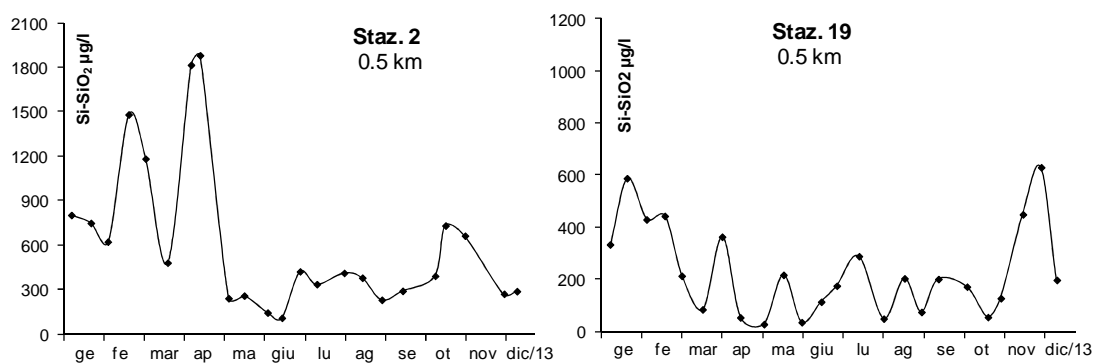


Figura 79 – Andamento temporale della $Si-SiO_2$ nella stazione 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica)

Le mappe di distribuzione della Si-SiO₂ (Figura 80) fotografano bene la condizione delle acque nell'area a ridosso del delta padano: esse si presentano ricche di Si-SiO₂ in particolare in inverno ed in primavera. Il valore più elevato rilevato nel 2013 è pari a 3278.56 µg/l nella stazione 1004, 10 km antistante Porto Garibaldi, durante il monitoraggio del 7 gennaio.

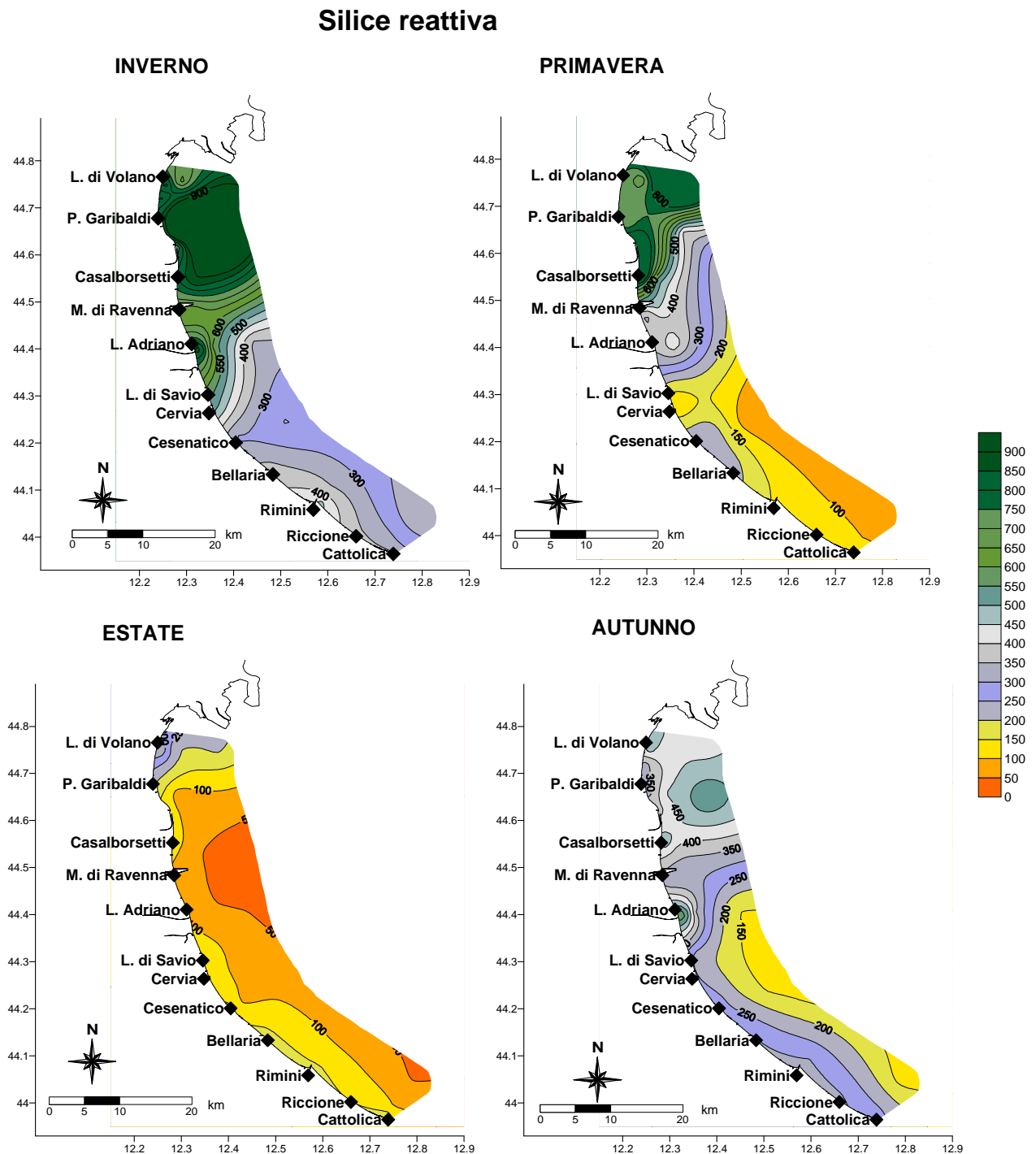


Figura 80 – Mappe di distribuzione della Si-SiO₂ (µg/l) in superficie da costa fino al largo (medie stagionali)

4.4.2.f 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. Nelle acque costiere emiliano romagnole il fosforo è sempre stato l'elemento chiave che limita e controlla i fenomeni eutrofici, 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 di risanamento per migliorare lo stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere una riduzione degli apporti di fosforo. In genere la fosforo limitazione è il fattore che caratterizza le acque costiere con livelli trofici mediamente elevati, l'azoto limitazione è invece riscontrabile nelle acque costiere in cui il rischio eutrofico è molto limitato se non assente.

La distribuzione dei valori del rapporto N/P in alcune stazioni campione (Figura 81) posizionate in particolare 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 un'ampia variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica), con i minimi generalmente nel periodo estivo. Nell'intero periodo in esame prevale lo stato di fosforo-limitazione ad eccezione di alcuni sporadici casi in estate. L'andamento variabile del rapporto N/P tende a ridursi nelle stazioni meridionali.

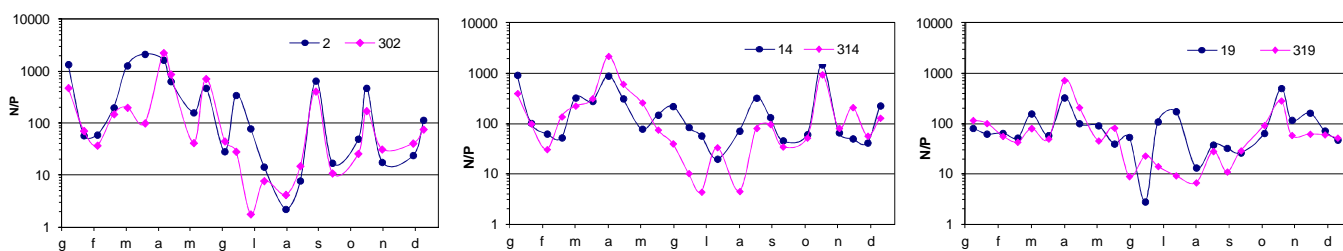


Figura 81 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu relative alle stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea fucsia a quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per quanto riguarda il rapporto N/P si è voluto rappresentare il trend evolutivo dei valori nelle tre aree costiere considerando il lungo periodo 1982-2013. Il calcolo delle medie geometriche annuali nel 2013 ha evidenziato una situazione simile a quella riscontrata nel 2012 che sottolinea la tendenza ad una diminuzione rispetto agli anni precedenti in tutte le aree, in particolare nelle stazioni più settentrionali (Figura 82).

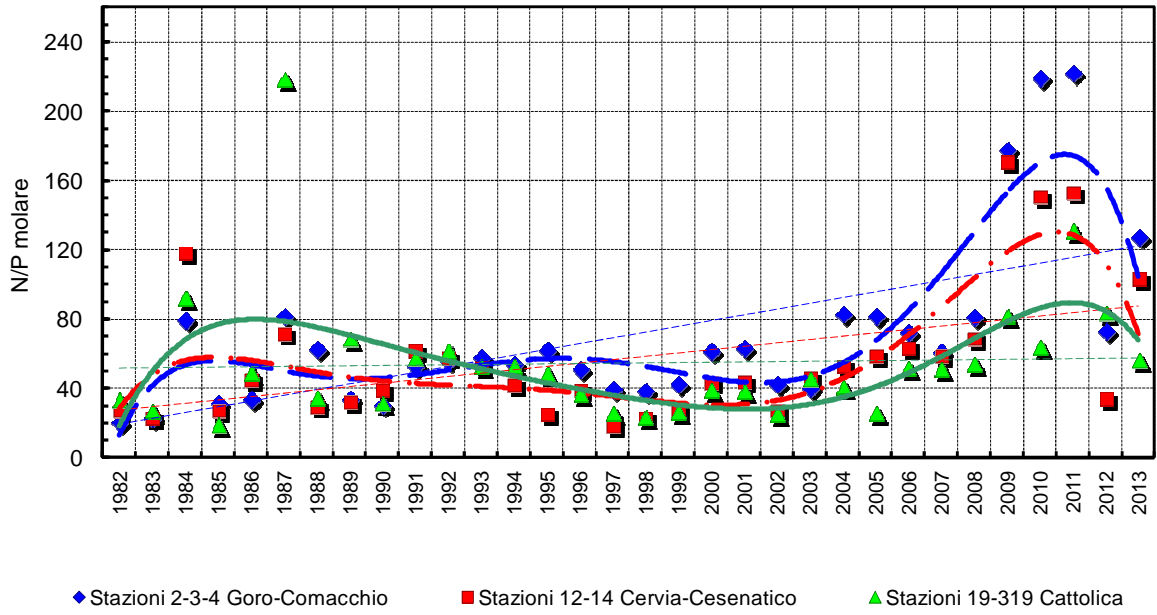


Figura 82 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2013)

4.5 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

4.5.1 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 recente normativa D.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.

Per quanto concerne i processi eutrofici, l'applicazione arbitraria dei criteri per definire lo stato eutrofico ha creato difficoltà nel trasferire agli amministratori e pianificatori i termini oggettivi e precisi per intraprendere adeguate politiche di risanamento e di riduzione dei carichi di nutrienti sversati a mare.

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 Trofico 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 le distribuzioni dei dati grezzi.

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

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

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

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 trofic scale, turbidity and generalized water quality index. Envirometrics Vol 9 issue 3 : 329-357.

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

In Figura 83 sono riportate le medie annuali del TRIX nelle stazioni posizionate a 0.5 e 3 km dalla costa in rapporto al valore limite di classe TRIX Buono/Sufficiente (linea nera). In generale il parametro mostra un netto trend in diminuzione nord sud. Le stazioni più settentrionali superano il valore limite di 5.0 sia a 0.5 km da costa sia a 3 km, anche quelle centrali (stazione 9 e 14) ad eccezione della 14 a 3 km davanti a Cesenatico il cui valore medio risulta inferiore a 5, limite tra la classe Buono/Sufficiente. Per le stazioni 17 e 19, più a sud lungo la costa, i valori di TRIX sono risultati essere sempre al disotto del valore limite di 5 (Classe Buono).

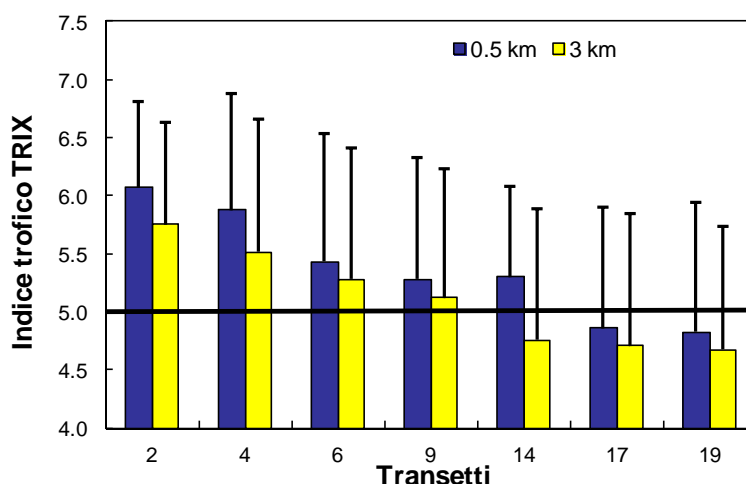


Figura 83 – Medie annuali del TRIX nel 2013 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, nel 2013 il valore medio annuale delle stazioni appartenenti al corpo idrico CD1 è stato di 5.7, mentre in quelle appartenenti al corpo idrico CD2 il valore medio annuale è stato di 4.9 (Figura 84). Tali valori identificano per il CD1 una condizione della qualità ambientale che non raggiunge lo stato “Buono”, caratterizzata da acque molto produttive con livello di eutrofia elevato e scarsa trasparenza, ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono comportare stati di sofferenza nel comparto bentonico, mentre per il CD2 il valore per il 2013 è stato di 4.9 che identifica quindi una condizione “Buona” della qualità ambientale.

Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel periodo 1996-2013 (vedi Figura 85) si evidenzia un aumento rispetto all’anno precedente dell’Indice Trofico in tutte e tre le stazioni anche se il trend rimane negativo da nord verso sud e minore rispetto agli antecedenti al 2012.

In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell’Indice Trofico in superficie nell’intera area monitorata (1200 km²) e mediata per stagione (vedi Figura 86). Le mappe indicano in inverno il raggiungimento di una condizione “Sufficiente” lungo tutta la costa. Questa condizione di stato trofico permane in primavera nella zona a nord a partire da Lido Adriano e in alcune aree in costa comprese tra Cesenatico e Bellaria, mentre nelle altre zone si instaura una condizione “buona”. In estate migliora in generale lo stato trofico in tutte le stazioni raggiungendo una qualità ambientale “Buona” ad eccezione dell’area più in costa e più a nord dove permane una condizione “sufficiente”. In autunno rimane stabile su una condizione “Buona” la maggior parte dell’area controllata mentre l’immissione di apporti elevati dal bacino padano e da quelli costieri hanno causato un abbassamento dell’indice di qualità ambientale da “buono” a “sufficiente” nell’area più a nord e in quella più centrale, sotto costa.

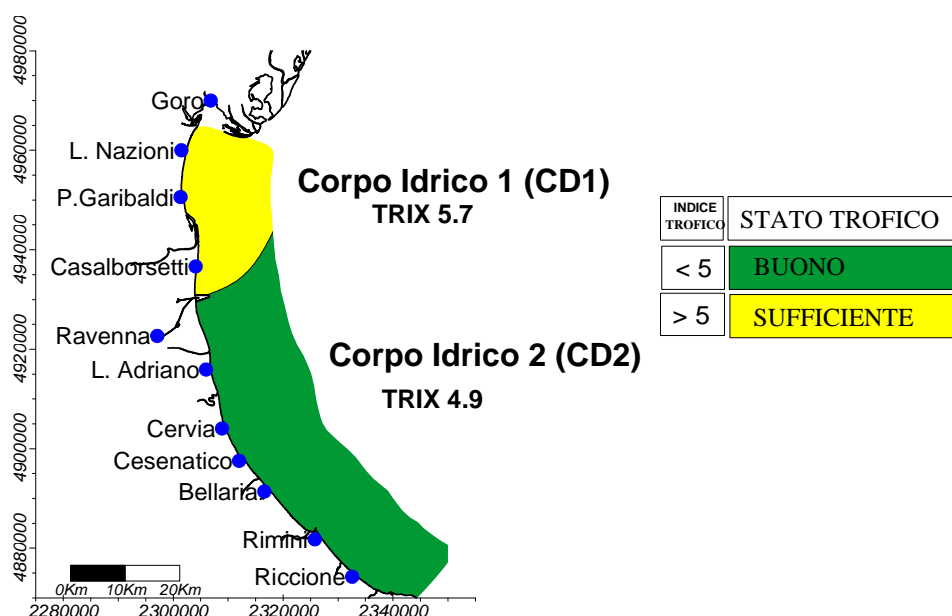


Figura 84 – Valori medi annuali 2013 di TRIX nei due corpi idrici

Confronto medie TRIX 1996-2013

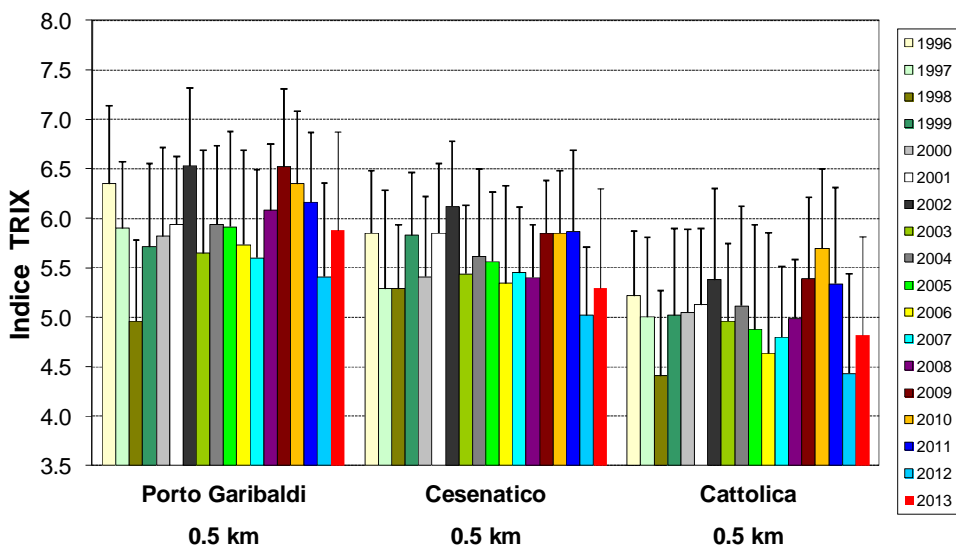


Figura 85 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2013 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

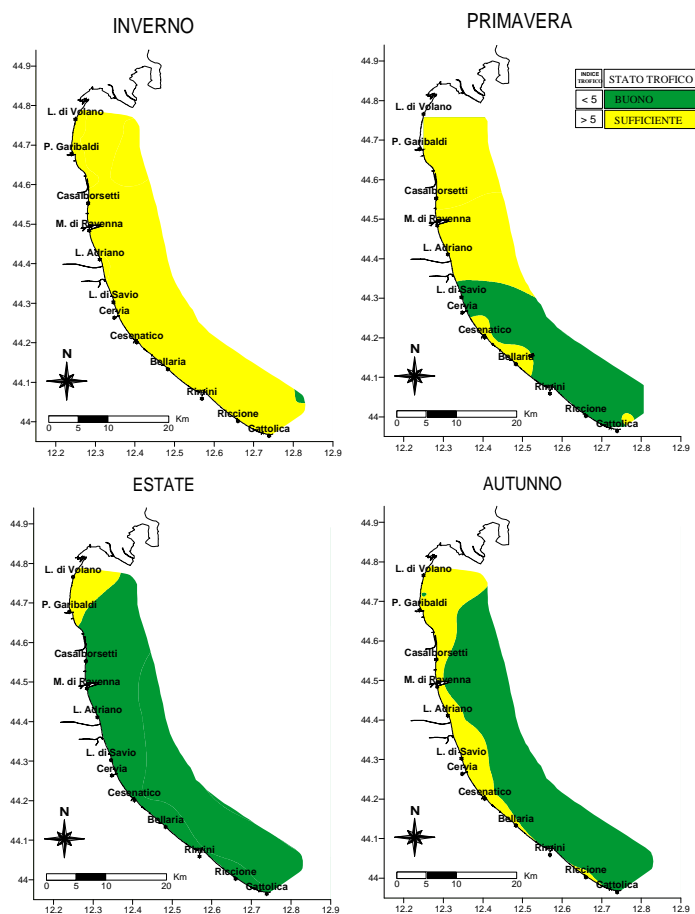


Figura 86 – Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

4.5.2 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 che non può essere ignorato; 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; questa 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; se TRBIX = 2 la clorofilla dovrebbe contribuire per 1/4 ecc.

L'analisi degli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX mostra una situazione diversa nella stazione settentrionale a confronto con quella meridionale (Figura 87): la stazione 19 mostra valori più elevati e soprattutto una maggior variabilità dell'indice TRBIX.

In generale, valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX intorno a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a". Questo si evidenzia nei grafici infatti la stazione 4 presenta valori di TRIX più elevati e più bassi valori invece di TRBIX.

Nel 2013, il frequente superamento del valore di 2 di TRBIX testimonia sia nella stazione 4 che nella stazione 19 come la componente fitoplanctonica abbia contribuito in minima parte alla condizione di produttività del sistema.

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 88 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 in Figura 88.

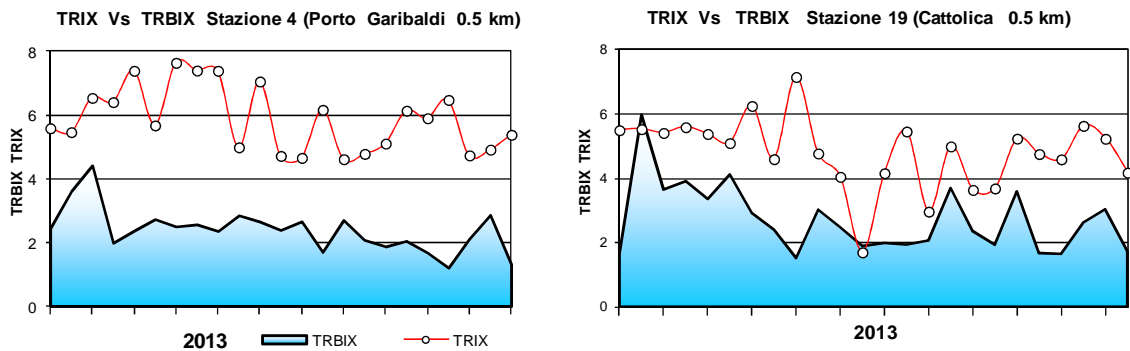
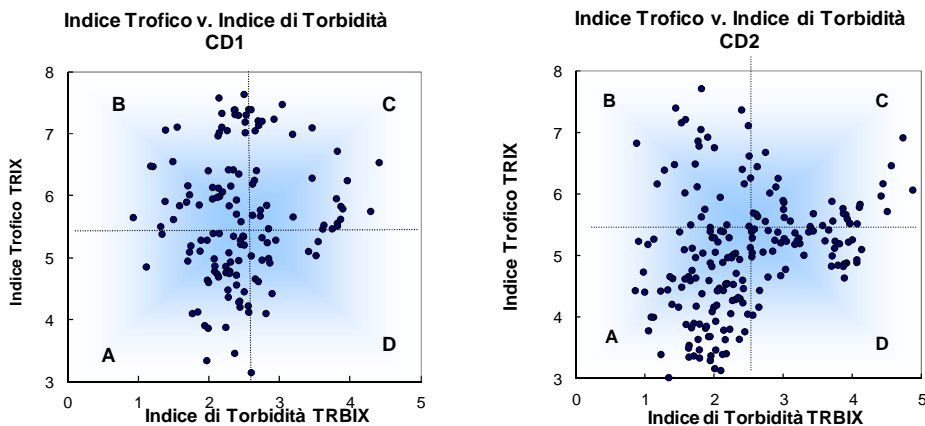


Figura 87 – Confronto tra l’andamento dell’indice trofico TRIX e l’indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra che per il CD1, quindi nell’ area compresa da Lido di Volano a Casalboretto, la maggior parte dei valori si distribuiscono nei quadranti A, B e C 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 soprattutto nel quadrante A e D ed in minor misura nel B e C ad indicare un incremento della componente minerale rispetto a quella fitoplanctonica.



Schema di interpretazione dei quadranti derivati dalla combinazione del TRIX vs. TRBIX	
Quadrante B Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore verdastro, brunoastro 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, brunoastro 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 brunoastro. Trasparenza molto ridotta.



Figura 88 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBIX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione

5 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE

La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (art. 91, D.Lgs 152/06) in quanto soggetta a fenomeni di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati e ripotati al Paragrafo 2.2.4 (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 è finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque marino costiere; tale valutazione 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 a sostegno degli EQB (tab. 1/B, 3/B D. 260/10).

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello stato chimico sono gli inquinanti specifici dell'elenco di priorità ricercati nell'acqua, nel sedimento e, facoltativamente, nei mitili (tab. 1/A, 2/A e 3/A D. 260/10).

5.1 RETE DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs 152/06 è costituita da 23 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica a varie distanze dalla costa (da 500 m fino 5.000 m). Nella Tabella 4 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento ed in Figura 89 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio effettuata nel 2013 è schematizzata in Tabella 5. 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.

L'attività di monitoraggio nel 2013 è stata svolta in conformità a quanto previsto in tab. 3.7 del D.M. 260/10 anche se con alcune integrazioni che verranno di seguito descritte.

Tabella 4 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06 e s.m.ei.

Codice Stazione	Località	Corpo idrico	Distretto idrografico	Lat WGS84 (gg,ppddd)	Lon WGS84 (gg,ppddd)	Dist. costa (km)	Prof (m)
2	Lido di Volano	CD1	Padano	44.457656	12.155128	0.5	3.9
302	Lido di Volano	CD1	Padano	44.456876	12.174088	3	6.7
4	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.396873	12.154228	0.5	3.7
SFBC4	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.397070	12.155680	1	3.8
304	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.396934	12.172888	3	9.1
BIOTA1	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.420335	12.177028	4.3	10.5
6	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	44.332012	12.174568	0.5	5.2
306	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	44.334052	12.193348	3	10.2
308	Marina di Ravenna	CD2	Appennino settentrionale	44.288990	12.192627	3	8.1
9	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.240749	12.195387	0.5	5.4
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.242420	12.194870	1	6
309	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.243089	12.213866	3	9.4
BIOTA2	Foce Bevano	CD2	Appennino settentrionale	44.234869	12.206426	1.95	7.5
14	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.127226	12.241524	0.5	3.1
SFBC14	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.128090	12.244960	1	3
314	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.132626	12.258444	3	8.3
BIOTA3	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.130347	12.279503	4.9	9.5
17	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	44.046585	12.350548	0.5	4.3
317	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	44.058165	12.359907	3	9.9
19	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.582924	12.444691	0.5	4.1
SFBC19	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.580440	12.445400	2	3.5
319	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.593664	12.455912	3	11
BIOTA4	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.594684	12.445172	2.7	10.5



Figura 89 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino-costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06

Tabella 5 – Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio eseguita ai sensi del D.Lgs152/06 - Anno 2013

		Elementi per lo stato ecologico					Elementi per lo stato chimico				
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chim.-fis.	Elementi idromorfologici e chim.-fis.	Inquinanti specifici NON appartenenti all'elenco di priorità		Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità			Test ecotossicologici
		Fitoplancton	Macrozoobenthos			Tab. 1/B D.260/10	Tab. 3/B D.260/10	Tab. 1/A D.260/10	Tab. 2/A D.260/10	Tab. 3/A D.260/10	
Frequenza di indagine		Quindicinale o Bimestrale	Semestrale	Quindicinale	In continuo Semestrale Annuale	Trimestrale	Semestrale	Mensile	Semestrale	Annuale	Annuale
Codice stazione di indagine	2										
	302										
	4										
	SFBC4										
	304										
	Tecno (AllevamentoTecnopesca")										
	6	Bimestrale									
	306	Bimestrale									
	308										
	9										
	SFBC9										
	309										
	AngeCl (Piattaforma Angela 1-4 Cl)										
	14										
	SFBC14										
	314										
	Copra (Allevamento "Coprarmo")										
	17	Bimestrale									
	317	Bimestrale									
	19										
SFBC19											
319											
Ass_Cattol (Allevamento "Assicurazione Prod. Cattolica")											

5.2 ANALISI DEI RISULTATI

5.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB)

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

5.2.1.a *Fitoplancton*

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, P. Garibaldi, Casalborsetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva (vedi Tabella 5).

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

La frequenza di indagine del fitoplancton è quindicinale (vedi Tabella 5) e non bimestrale come richiesto dalla normativa vigente (D.56/09).

Tale scelta deriva dalla necessità di tenere più frequentemente monitorate le diverse fasi eutrofiche essendo il principale problema del tratto costiero emiliano romagnolo.

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.56/09.

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 Altri fitoflagellati;

Sono inoltre segnalati gli eventi di fioriture di specie potenzialmente tossiche o nocive.

Le analisi quantitative dei popolamenti fitoplanctonici nelle acque marine permettono di valutare la produttività primaria del sistema. Questo dato ci fornisce un elemento importante nella valutazione dello stato qualitativo dell'ecosistema, perché le abbondanze di fitoplancton influiscono sia sulle produttività del sistema, sia su altrettanti parametri fisico-chimici delle acque come le concentrazioni di ossigeno disciolto, la variazione della trasparenza delle acque, il pH.

L'analisi qualitativa ha contemplato i principali gruppi tassonomici, Diatomee e Dinoficee, all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Sono state inoltre prese in considerazione sotto la voce "Altro fitoplancton" il fitoplancton marino appartenente alle classi delle Cloroficee, Euglenoficee, Criptoficee, Crisoficee, Rafidoficee, Prasinoficee, Primmesioficee, Dictiocoficee che rappresentano una frazione elevata della

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

L'indicatore fitoplancton dal punto di vista quantitativo è in gran parte influenzato dagli apporti di acque superficiali di origine continentale. Il 2013 è stato caratterizzato da apporti nettamente superiori alla media del periodo storico da fine inverno per tutto il periodo primaverile mentre in estate e autunno le portate del Po risultano in linea con la media storica (Figura 33). Gli andamenti annuali e le medie stagionali (Figura 90, Figura 92, Figura 95, Figura 96) evidenziano come il fitoplancton (Diatomee, Dinoficee) abbia risposto in termini di produzione primaria agli apporti del periodo primaverile.

La biomassa a carico del micro-fitoplancton (20-200 μm) è dominata durante tutto l'anno dalla classe delle Diatomee (Bacillariophyceae).

Analizzando gli andamenti annuali nelle stazioni sottocosta (Figura 90), riferiti al 2013 si nota quanto segue: in CD1 i valori si mantengono elevati da fine inverno fino ad autunno (in particolare nelle stazioni 2 e 4) mentre in CD2 e nella stazione 6 si rilevano abbondanze inferiori con i massimi registrati tra fine inverno e primavera.

Diatomee

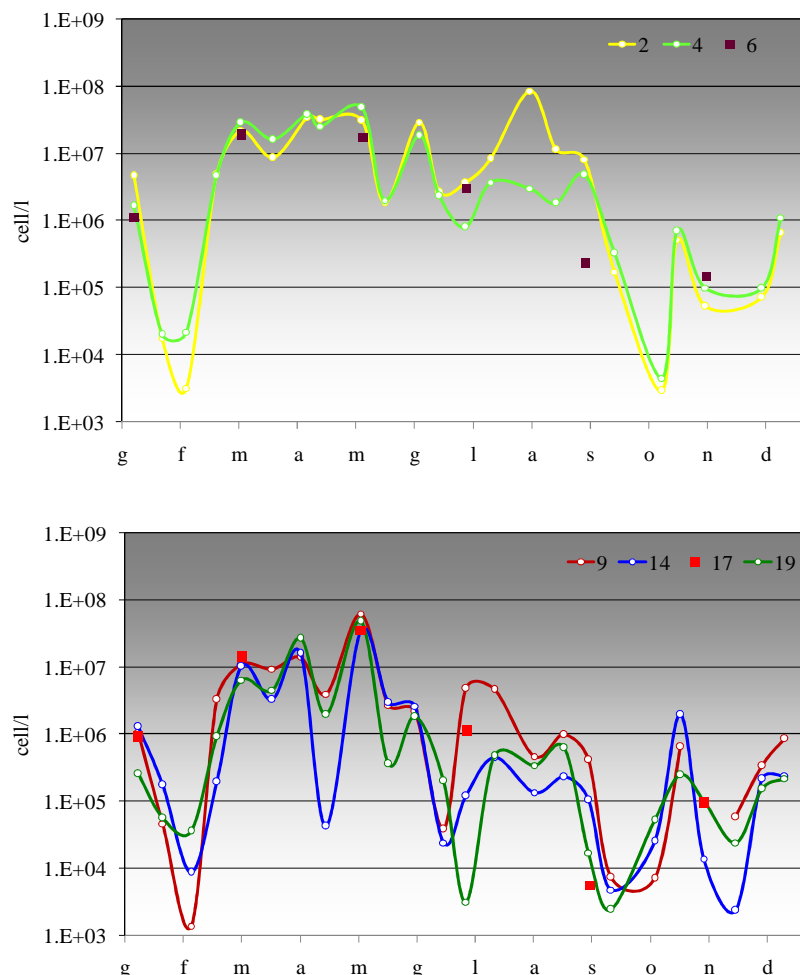


Figura 90 – Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)

In Figura 91 si riportano le medie annuali per stazione a 0,5 km e 3 km. Le stazioni a 0,5 km presentano valori maggiori rispetto a quelli rilevati più al largo solo nelle stazioni 2, 4, 19 mentre la tendenza si inverte nelle restanti stazioni con abbondanze medie maggiori al largo rispetto a sottocosta.

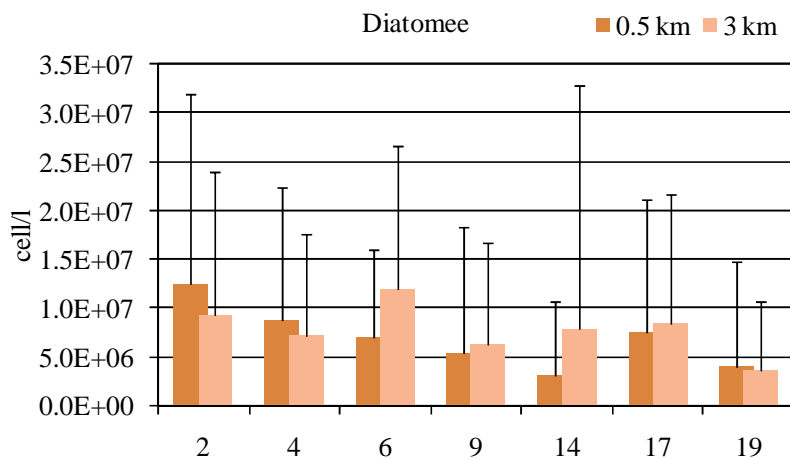


Figura 91 – Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 92 vengono riportate le medie stagionali per corpo idrico con i valori più elevati in primavera, seguiti da quelli invernali, estivi ed infine autunnali.

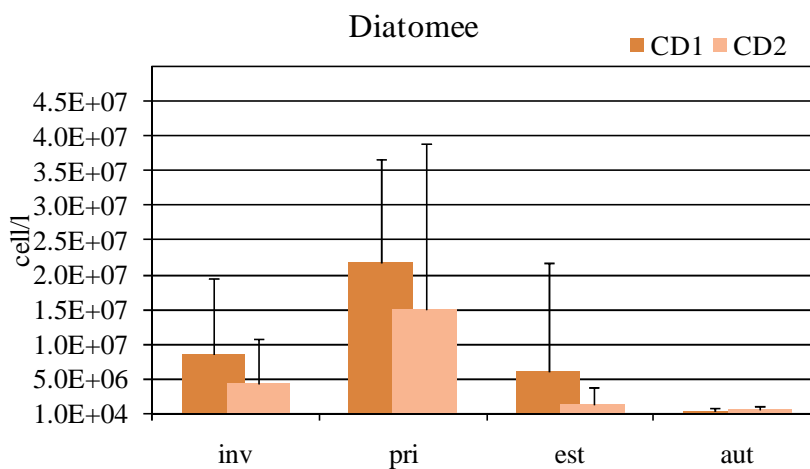


Figura 92 – Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

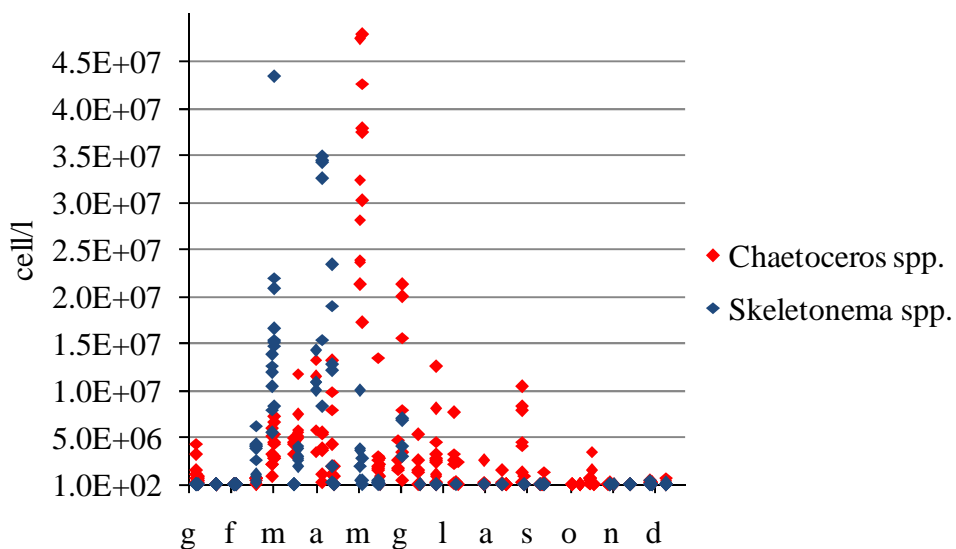


Figura 93 – Distribuzione annuale delle abbondanze di *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp.

In Figura 93 si riportano le distribuzioni annuali delle abbondanze dei due taxa dominanti *Chaetoceros* spp. e *Skeletonema* spp.. I taxa più rappresentativi in ordine di frequenza sono rispettivamente *Chaetoceros* spp., *Skeletonema* spp., *Pseudonitzschia* spp., *Lioloma pacificum* e *Thalassionema* spp. Invece se calcoliamo il numero totale di cellule sul totale delle rilevazioni, i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Cyclotella* spp. (11×10^6 cell/l registrate in un solo evento), *Skeletonema* spp., *Chaetoceros* spp., *Dactyliosolen fragilissimus*, e *Bacteriastrium* spp. (Figura 94).

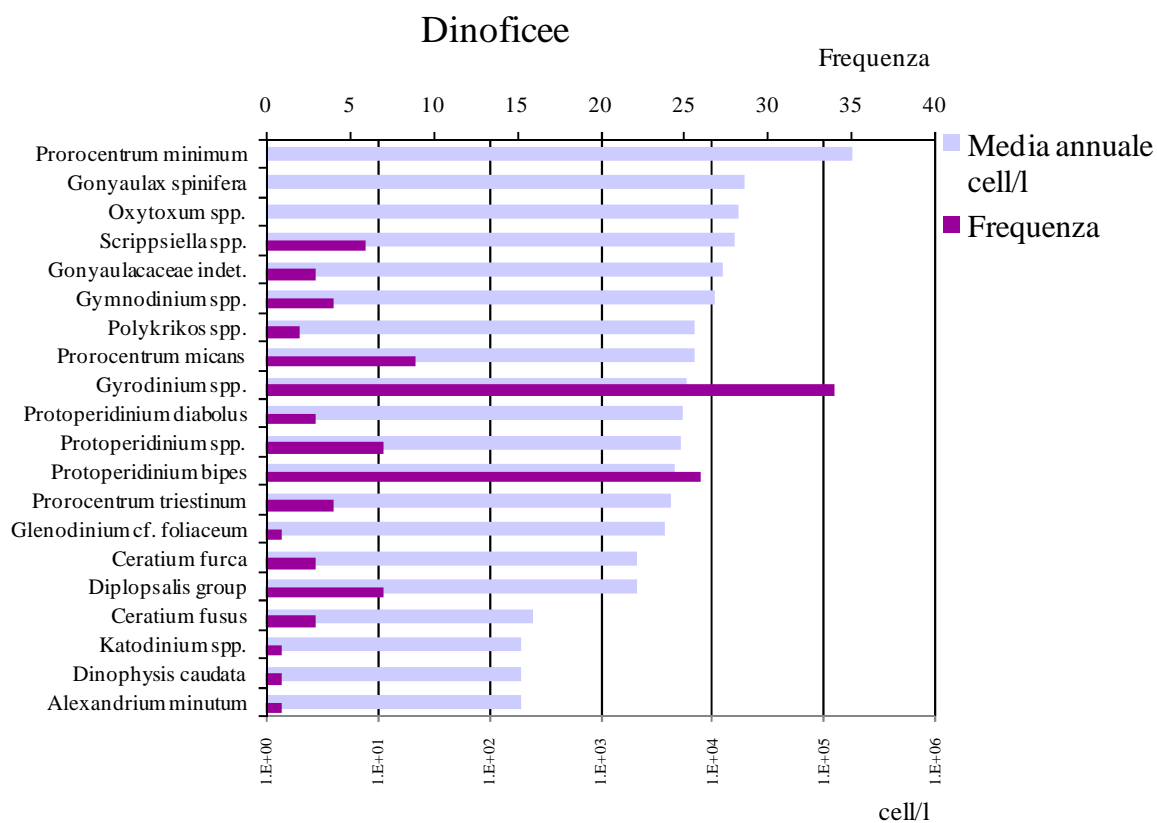
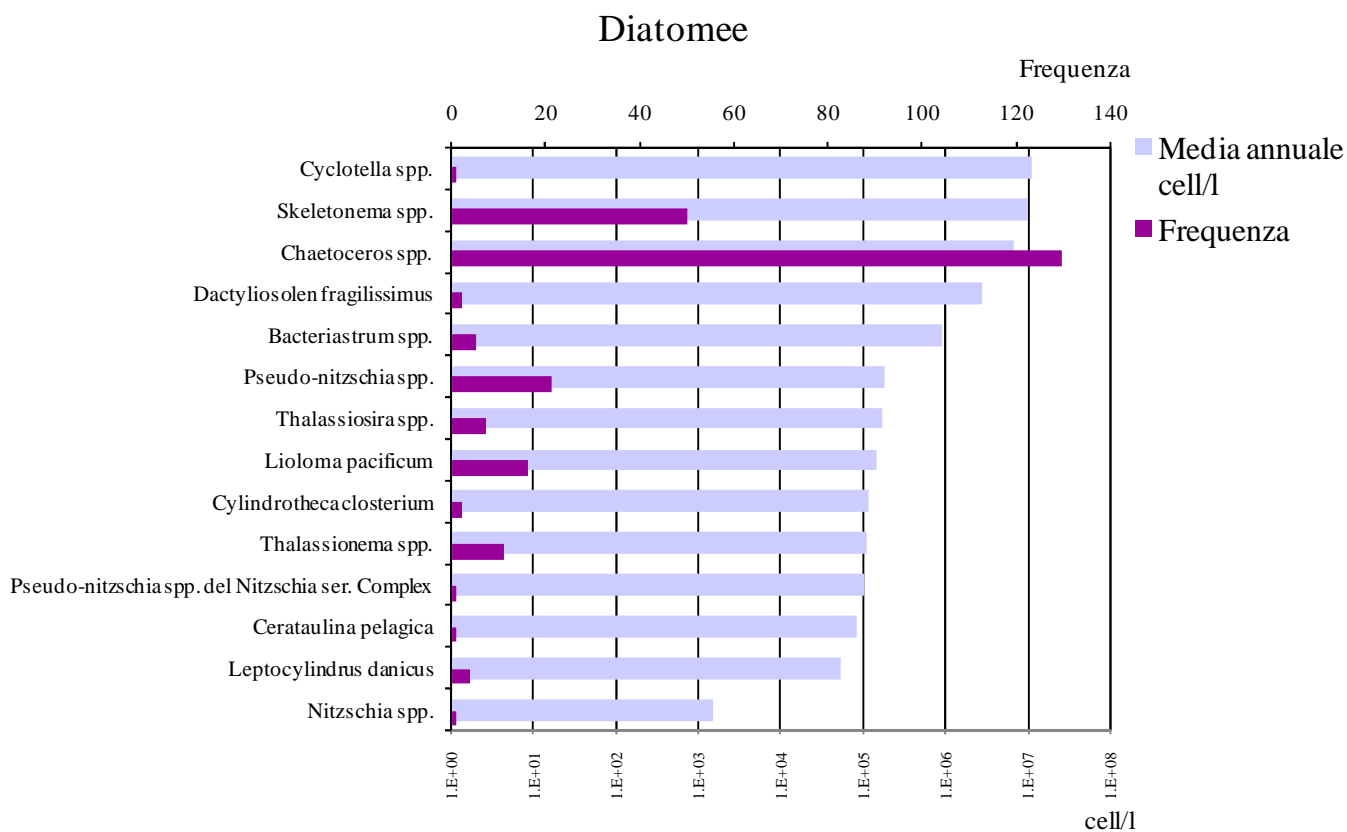


Figura 94 – Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (anno 2013)

Per quanto riguarda la classe delle Dinofitee, i taxa più rappresentativi (Figura 94). in ordine di frequenza sono rispettivamente *Gyrodinium* spp., *Protoperidinium bipes*, *Prorocentrum minimum* e *Prorocentrum micans*. Invece se calcoliamo il numero totale di cellule sul totale delle rilevazioni i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Prorocentrum minimum*, *Gonyaulax spinifera*, *Oxytoxum* spp. e *Scrippsiella* spp.

Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze nelle stazioni sottocosta della classe delle Dinofitee (Figura 95), si evidenziano due valori massimi limitatamente a due episodi rispettivamente in aprile e maggio in CD2 mentre in CD1 si registrano sempre due episodi ma a distanza di un mese rispetto a quelli rilevati in CD2.

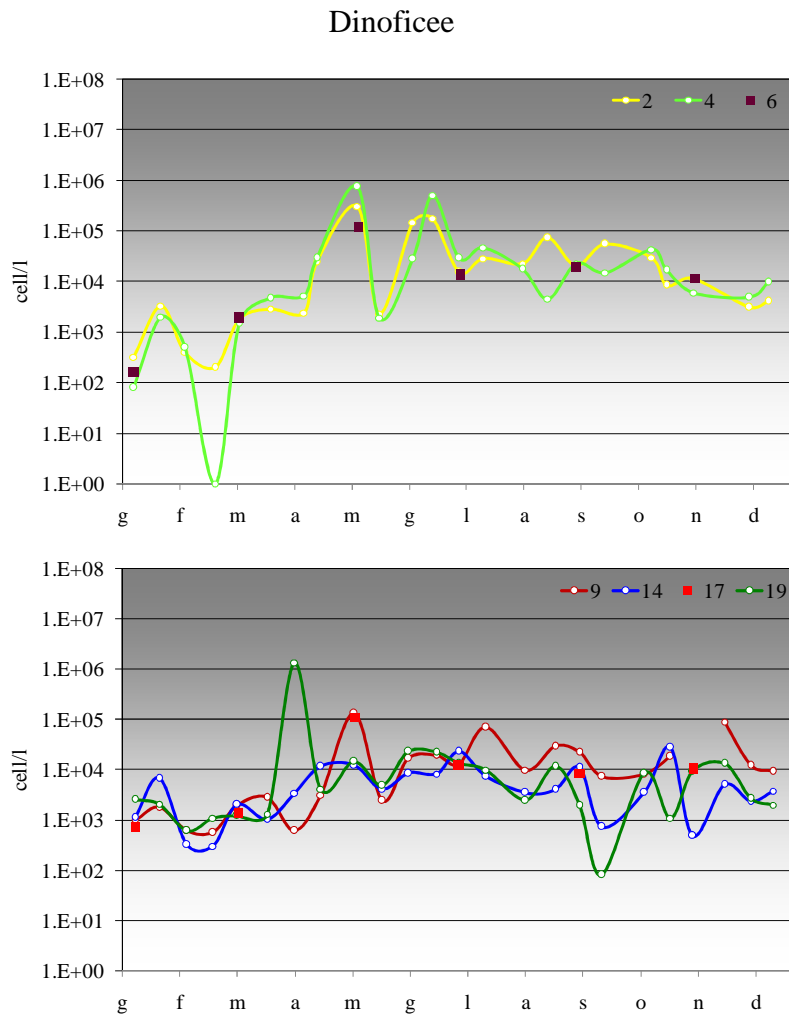


Figura 95 – Andamento annuale delle abbondanze delle Dinofitee nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)

Non si segnalano per l'anno in esame eventi di maree colorate consistenti e protratte nel tempo riconducibili a Dinofitee. Le abbondanze più elevate registrate sono state a carico di *Prorocentrum minimum* limitatamente alle stazioni più settentrionali (2 e 4) ed in un caso nella stazione 314.

In Figura 96 si riportano le medie stagionali per corpo idrico dove i valori più elevati risultano in primavera, seguiti da quelli estivi, autunnali ed infine invernali.

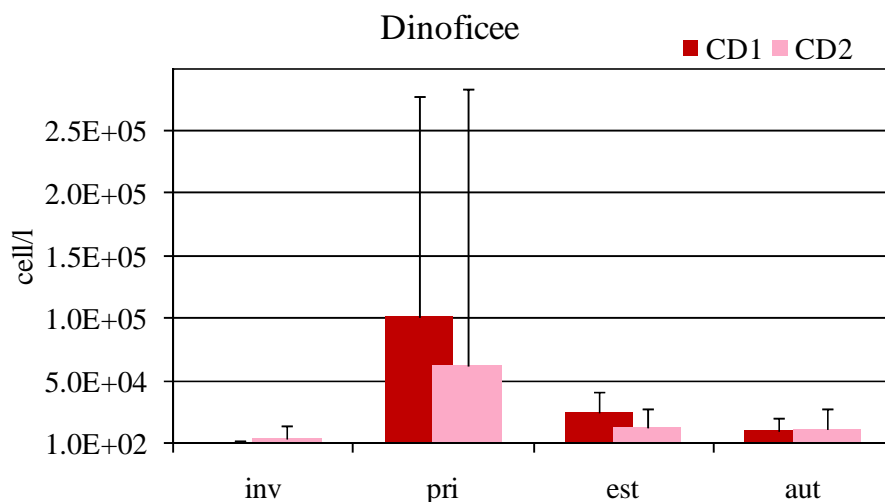


Figura 96 – Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

In Figura 97 le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km presentano i valori maggiori nelle stazioni a 0.5 km, ad eccezione della stazione 14; i valori medi maggiori sono riscontrati nella stazione 4 e nella stazione 19.

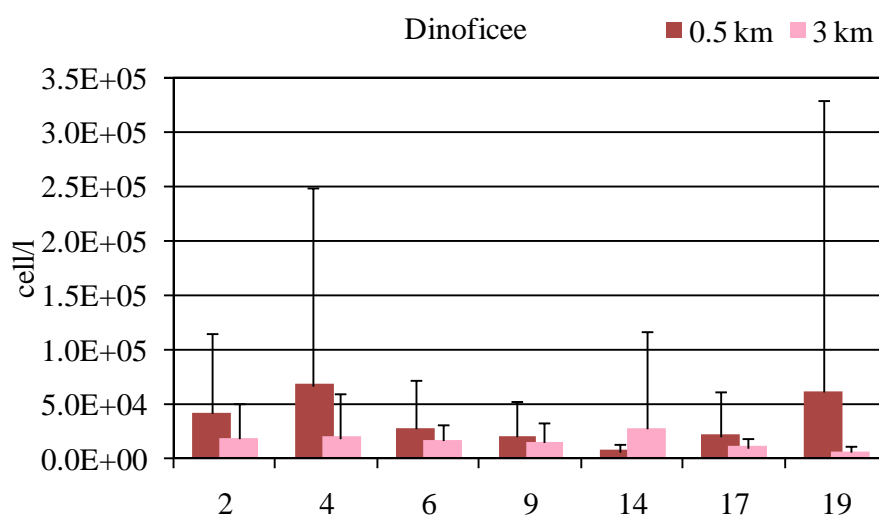


Figura 97 – Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

L'altro fitoplancton risponde bene ed in tempi brevi agli input di nutrienti da terra in concomitanza di apporti cospicui di acqua dolce in mare. Gli andamenti annuali e le abbondanze rilevate sottocosta (0,5 km) (Figura 98) mostrano per questo gruppo una distribuzione spaziale omogenea con valori di abbondanza piuttosto costanti durante tutto l'anno. Il corpo idrico CD1 risente di più della presenza di questa componente fitoplanctonica con massimi di abbondanza in primavera ed in estate rispettivamente nelle stazioni 4 e 2 (Figura 98).

Altro fitoplancton

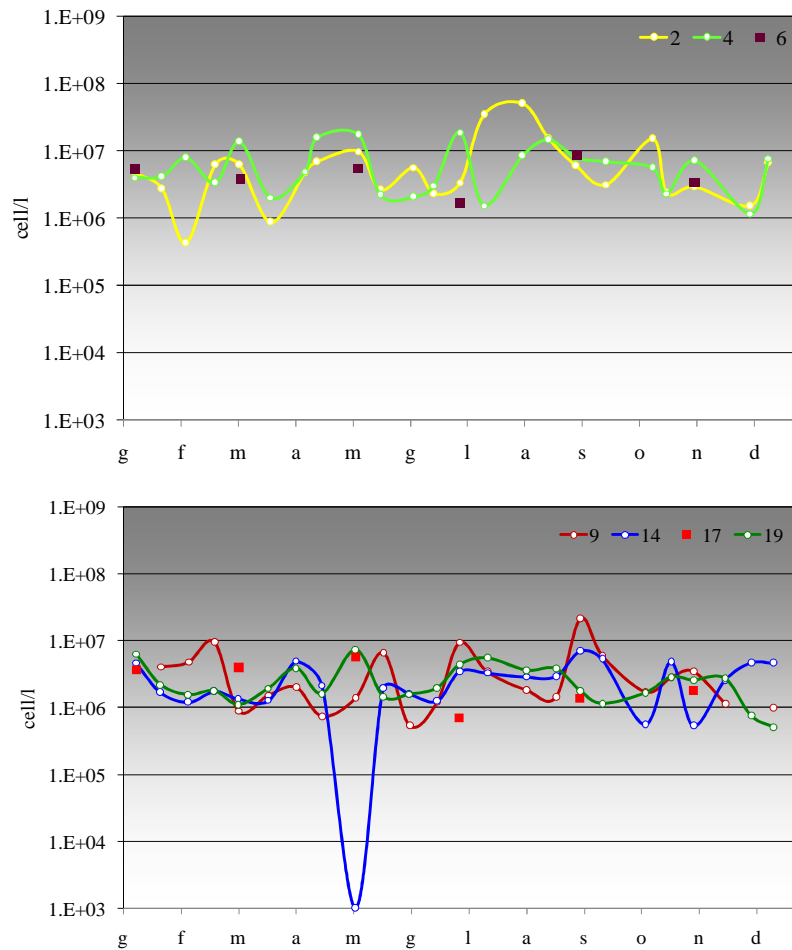


Figura 98 – Andamento annuale delle abbondanze dell' Altro fitoplancton nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)

In Figura 99 si riportano le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km che evidenziano un costante gradiente negativo da nord a sud con l'unica eccezione della stazione 317 che presenta valori paragonabili a quelli riscontrati nelle stazioni più settentrionali.

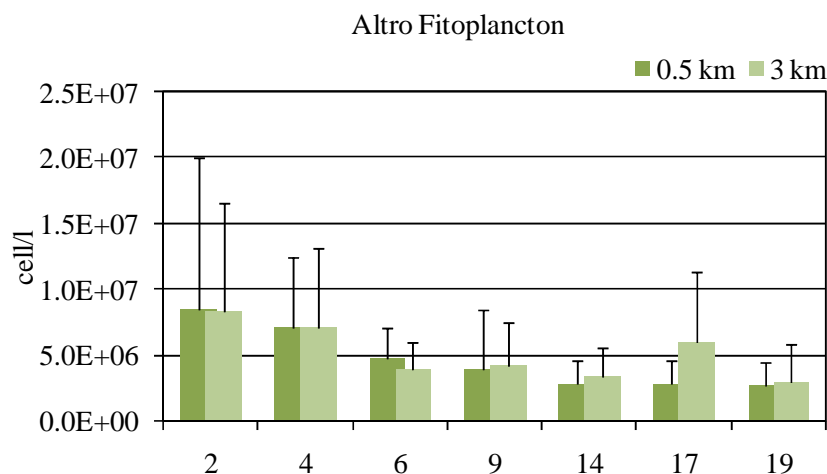


Figura 99 – Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

Considerando inoltre le medie stagionali per corpo idrico (Figura 100) si osserva una marcata variazione stagionale in CD1, con massimi in estate, ma decisamente meno evidente in CD2 con valori medi lievemente più alti in primavera ed estate ma poco influenzati dalla stagionalità.

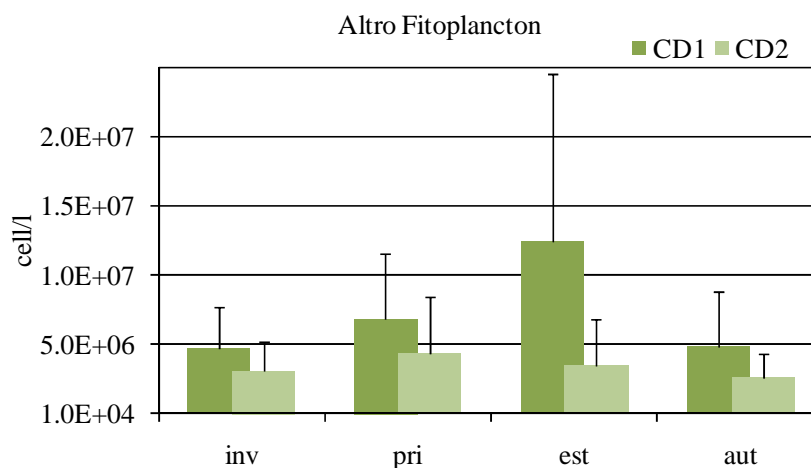


Figura 100 – Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

In Tabella 6 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni mentre in Tabella 7 si riportano tutti i taxa identificati nel 2013.

Tabella 6 – Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2013

Classe	Taxa	Autore
Bacillariophyceae	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg)reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Dinophyceae	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyceae	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinophyceae	<i>Glenodinium</i> cf. <i>foliaceum</i>	F. Stein, 1883
Dinophyceae	Gonyaulacaceae indet.	Lindemann, 1928
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Katodinium</i> spp.	Fott, 1957
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Polykrikos</i> spp.	Bütshli, 1873
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum minimum</i>	(Pavillard) J. Schiller, 1933
Dinophyceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyceae	<i>Protoberidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protoberidinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protoberidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965

Tabella 7 – Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2013

Classe	Taxa	Autore
Bacillariophyceae	<i>Achnanthes</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1822
Bacillariophyceae	<i>Amphiprora</i> spp.	Ehrenberg, 1843
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyceae	<i>Asterionella gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Asterionella</i> spp.	Hassal, 1850
Bacillariophyceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyceae	<i>Asteromphalus</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira</i> cf. <i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira</i> spp.	Thwaites, 1848
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria</i> spp.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyceae	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyceae	<i>Bellerochea malleus</i>	Van Heurck, 1885
Bacillariophyceae	<i>Biddulphia</i> spp.	S. F. Gray, 1821
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros tortissimus</i>	H.H.Gran
Bacillariophyceae	<i>Cocconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyceae	<i>Corethron</i> spp.	Castracane, 1886
Bacillariophyceae	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca</i> cf. <i>closterium</i>	(Ehrenberg)Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg)Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen</i> spp.	Castracane, 1886
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Bacillariophyceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyceae	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Bacillariophyceae	<i>Eucampia</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria</i> spp.	Lyngbye, 1819
Bacillariophyceae	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Bacillariophyceae	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus</i> cf. <i>sinensis</i>	Greville, 1865
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus</i> spp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Lauderia borealis</i>	Gran, 1900
Bacillariophyceae	<i>Lauderia</i> sp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Lauderia</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Licmophora</i> spp.	C. Agardh, 1827
Bacillariophyceae	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Lioloma</i> spp.	Hasle, 1997
Bacillariophyceae	<i>Melosira</i> cf. <i>moniliformis</i>	(O.F. Müller) C. Agardh, 1824
Bacillariophyceae	<i>Melosira distans</i>	(Ehrenberg) Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Melosira</i> spp.	C. Agardh, 1824
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia longissima</i>	(Brébisson) Ralfs, 1861
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia reversa</i>	W. Smith
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Bacillariophyceae	<i>Paralia</i> spp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Pinnularia</i> spp.	Ehrenberg, 1843
Bacillariophyceae	<i>Plagiotropis</i> spp.	Pfizer, 1871
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> spp.	W. Smith, 1852
Bacillariophyceae	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> del <i>Nitzschia delicatissima</i> Complex	Hasle, 1964

Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> del <i>Nitzschia seriata</i> Complex	Hasle, 1965
Bacillariophyceae	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Bacillariophyceae	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Brightwell, 1858
Bacillariophyceae	<i>Rhoicosphenia</i> spp.	Grunow, 1860
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyceae	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyceae	<i>Tabellaria</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> cf. <i>frauenfeldii</i>	(Grunow) Hallegraeff, 1986
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Thalassiothrix</i> spp.	Cleve & Grunow, 1880
Bacillariophyceae	Bacillariaceae indet.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyceae	Naviculacea indet.	Kützing, 1844
Bacillariophyceae	Pleurosigmataceae indet.	Mereschowsky, 1903
Bacillariophyceae	Rhizosoleniaceae indet.	De Toni, 1890
Chlorophyceae	<i>Ankistrodesmus</i> spp.	Corda, 1838
Chlorophyceae	<i>Coelastrum reticulatum</i>	(P.A. Dangeard) Senn, 1899
Chlorophyceae	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Chlorophyceae	<i>Pediastrum</i> spp.	Meyen, 1829
Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i> spp.	Meyen, 1829
Conjugatophyceae	<i>Mougeotia</i> spp.	C. Agardh, 1824
Conjugatophyceae	<i>Staurastrum</i> spp.	Meyen ex Ralfs, 1848
Conjugatophyceae	Zygnemataceae indet.	Kützing, 1843
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Cryptophyceae	Cryptophyceae indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Cyanophyceae	<i>Merismopedia</i> spp. (colonie)	Meyen, 1839
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> spp. (colonie)	Vaucher ex Gomont, 1892
Cyanophyceae	Cyanophyceae indet. (colonie)	Schaffner, 1909
Cyanophyceae	Nostocales indet. (colonie)	Cavalier-Smith, 2002
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha antarctica</i>	Lohmann, 1919
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> cf. <i>fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> cf. <i>staurodon</i>	Ehrenberg, 1844
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha crux</i>	Ehrenberg, 1840
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> sp.	Ehrenberg, 1837
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1839
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg, 1844
Dictyochophyceae	<i>Octactis</i> cf. <i>octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Dictyochophyceae	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Dictyochophyceae	Dictyochophyceae indet.	P.C.Silva, 1980
Dinophyceae	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> cf. <i>pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyceae	<i>Alexandrium insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinophyceae	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Amphidiniopsis</i> spp.	Woloszynska, 1928
Dinophyceae	<i>Blepharocysta</i> spp.	Ehrenberg, 1873
Dinophyceae	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>extensum</i>	(Gourret) Cleve-Euler, 1900
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>fuscus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1840
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>minutum</i>	E. G. Jørgensen, 1920
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>pentagonum</i>	Gourret, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>pulchellum</i>	Schröder, 1906
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>setaceum</i>	e.G. Jørgensen, 1911
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyceae	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Ceratium fuscus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> spp.	Schrank, 1793

Dinophyceae	<i>Ceratium strictum</i>	(Kofoid) E. G. Jørgensen, 1906
Dinophyceae	<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyceae	<i>Cochlodinium</i> spp.	Schütt, 1896
Dinophyceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Dinophysis cf. acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis cf. hastata</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Dinophysis cf. ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyceae	<i>Dinophysis cf. parva</i>	Schiller 1928
Dinophyceae	<i>Dinophysis cf. rotundata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis cf. sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyceae	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyceae	<i>Dinophysis rotundata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Dinophyceae	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinophyceae	<i>Diplopsalis</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Glenodinium cf. foliaceum</i>	F. Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Glenodinium</i> spp.	Ehrenberg, 1836
Dinophyceae	<i>Goniodoma polyedricum</i>	(Pouchet) J. Jørgensen, 1899
Dinophyceae	<i>Goniodoma</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyceae	Gonyaulacaceae indet.	Lindemann, 1928
Dinophyceae	<i>Gonyaulax cf. digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
Dinophyceae	<i>Gonyaulax cf. fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinophyceae	<i>Gonyaulax digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
Dinophyceae	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinophyceae	<i>Gonyaulax grindleyi</i>	Reinecke, 1967
Dinophyceae	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyceae	<i>Gonyaulax</i> spp.	Diesing, 1866
Dinophyceae	<i>Gymnodinium impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Gyrodinium cf. spirale</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> sp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium spirale</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Karenia</i> spp.	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyceae	<i>Katodinium</i> spp.	Fott, 1957
Dinophyceae	<i>Kofoidinium</i> spp.	Pavillard, 1929
Dinophyceae	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyceae	<i>Micrakanthodinium</i> spp.	Deflandre, 1937
Dinophyceae	<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sourmia, 1973
Dinophyceae	<i>Oblea</i> spp.	Balech ex Loeblich jr. & Loeblich III, 1966
Dinophyceae	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	Kofoid, 1926
Dinophyceae	<i>Oxytoxum cf. caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyceae	<i>Oxytoxum cf. longiceps</i>	Schiller
Dinophyceae	<i>Oxytoxum milneri</i>	Murray & Whitting, 1899
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinophyceae	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Podolampas</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Polykrikos</i> spp.	Bütshli, 1873
Dinophyceae	<i>Preperidinium</i> spp.	Mangin, 1913
Dinophyceae	<i>Pronoclituca</i> spp.	Fabre Domergue, 1889
Dinophyceae	<i>Prorocentrum cf. rathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyceae	<i>Prorocentrum cf. triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyceae	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinophyceae	<i>Prorocentrum lima</i>	(Ehrenberg) Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum minimum</i>	(Pavillard) J. Schiller, 1933

Dinophyceae	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyceae	<i>Prorocentrum</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyceae	<i>Protooperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>breve</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III, 1881
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> cf. <i>subinermis</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinophyceae	<i>Protooperidinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium oceanicum</i>	(VanHöffen) balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyceae	<i>Protooperidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Protooperidinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Pselodinium</i> spp.	Soumia, 1972
Dinophyceae	<i>Pselodinium vaubanii</i>	Soumia
Dinophyceae	<i>Pyrocystis lunula</i>	(J. Schütt) J. Schütt, 1896
Dinophyceae	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Pyrophacus</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyceae	<i>Spatulodinium</i> spp.	J. Cachon & M. Cachon, 1976
Dinophyceae	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Torodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Warnowia</i> spp.	Lindemann in Engler & Prantl, 1928
Dinophyceae	Dinophyceae indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyceae	Gonyaulacaceae indet.	Lindemann, 1928
Dinophyceae	Gymnodiniaceae indet.	Lindemann, 1928
Dinophyceae	Gymnodiniales indet.	Apstein, 1909
Ebriophyceae	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Ebriophyceae	<i>Ebria</i> spp.	Borgert, 1861
Ebriophyceae	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Euglenophyceae	Euglenophyceae indet.	Schoenichen, 1925
Euglenophyceae	Eutreptiaceae indet.	Hollande, 1942
Prymnesiophyceae	<i>Chrysochromulina</i> spp.	Lackey, 1939
Raphidophyceae	<i>Raphidophyceae</i> indet.	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Trebouxiophyceae	<i>Actinastrum</i> spp.	Lagerheim, 1882

Ai fini della valutazione dello stato di qualità ambientale, si seguono le metriche proposte nel D.M. 260/10. Alla luce di quanto contenuto in tale normativa la valutazione del parametro fitoplancton si attua utilizzando le distribuzioni in superficie di clorofilla “a”, scelto come indicatore di biomassa.

Occorre fare riferimento non solo ai rapporti di qualità ecologica (RQE), ma anche ai valori assoluti (espressi in mg/m^3) di concentrazione di clorofilla “a”.

Ai fini della classificazione per gli elementi di qualità biologica (EQB), i tipi delle acque marino costiere sono aggregati in 3 gruppi (macrotipi). Per la costa emiliano romagnola, avendo identificato una stabilità alta, ovvero siti costieri influenzati da apporti di acqua dolce di origine fluviale, tutta l’area ricade nel macrotipo 1 per i due EBQ fitoplancton e macroinvertebrati bentonici.

Il D.M. 260/10 riporta come modalità di calcolo, condizioni di riferimento e limiti di classe per il macrotipo 1 i seguenti criteri:

- per il calcolo del valore del parametro clorofilla “a” il valore della media geometrica annuale;
- valore di riferimento (mg/m^3) 1.8;
- limite di classe: Buono/Elevato $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ con RQE 0.75, Buono/Sufficiente $3.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ con RQE 0.51.

RQE (Rapporto di Qualità Ecologica) è il rapporto tra il valore del parametro biologico osservato e il valore dello stesso parametro corrispondente alle condizioni di riferimento per il “tipo” di corpo idrico. La classe “sufficiente” non ottempera a quanto richiesto dal D.Lgs 152/06 che richiede il raggiungimento dello stato “Buono”.

Andando a considerare le medie geometriche stagionali (Figura 101) di clorofilla “a” le concentrazioni maggiori si registrano per CD1 in primavera mentre sono simili in inverno, estate e autunno. Nel CD2 le concentrazioni maggiori si registrano in inverno e primavera. In Figura 102 si nota come, in particolare per CD1, in primavera le concentrazioni di clorofilla “a” siano sostenute dalle abbondanze di Diatomee e Dinoflagellate mentre in estate il dato di clorofilla è influenzato principalmente dal gruppo degli Altri fitoflagellati $< 20 \mu\text{m}$.

Dalle medie geometriche annuali di clorofilla “a” calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale nel 2013, si può affermare che il valore soglia di $3.5 \mu\text{g}/\text{l}$ viene superato in CD1 mentre CD2 rimane sotto tale soglia (Figura 103).

Valutando le singole stazioni (Figura 104) si registrano superamenti nelle stazioni settentrionali (2, 4, 6) sotto costa e al largo solo nella stazione 302.

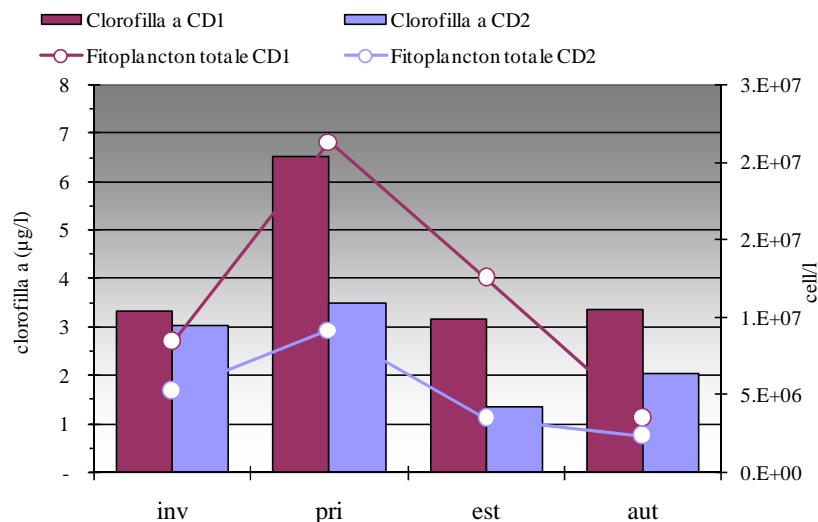
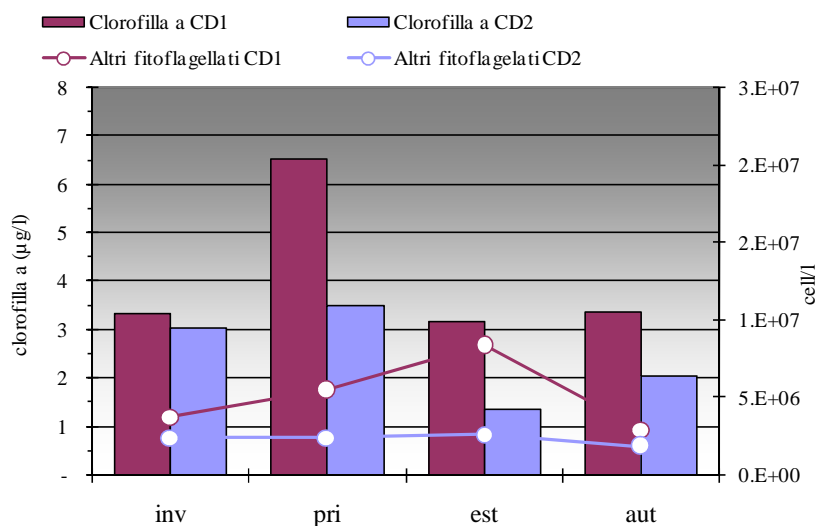


Figura 101 – Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla “a” e di fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

a)



b)

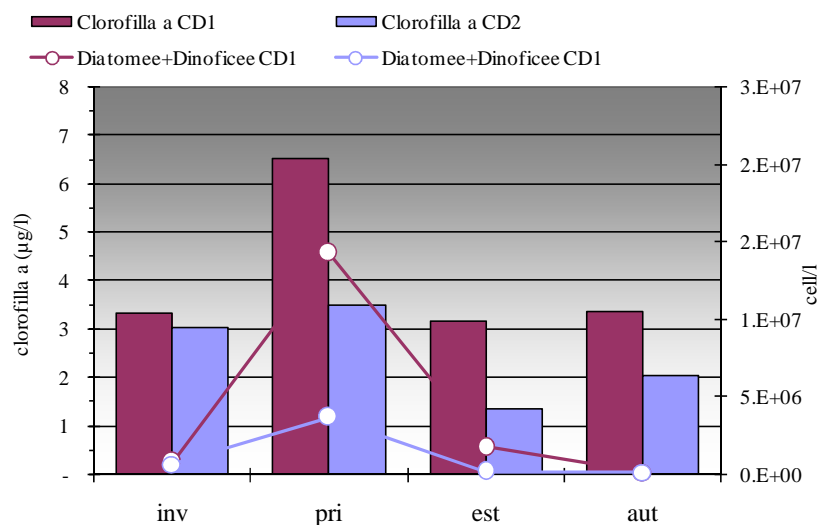


Figura 102 – Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla “a” confrontati con a) Altri fitoflagellati b) Diatomee+Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

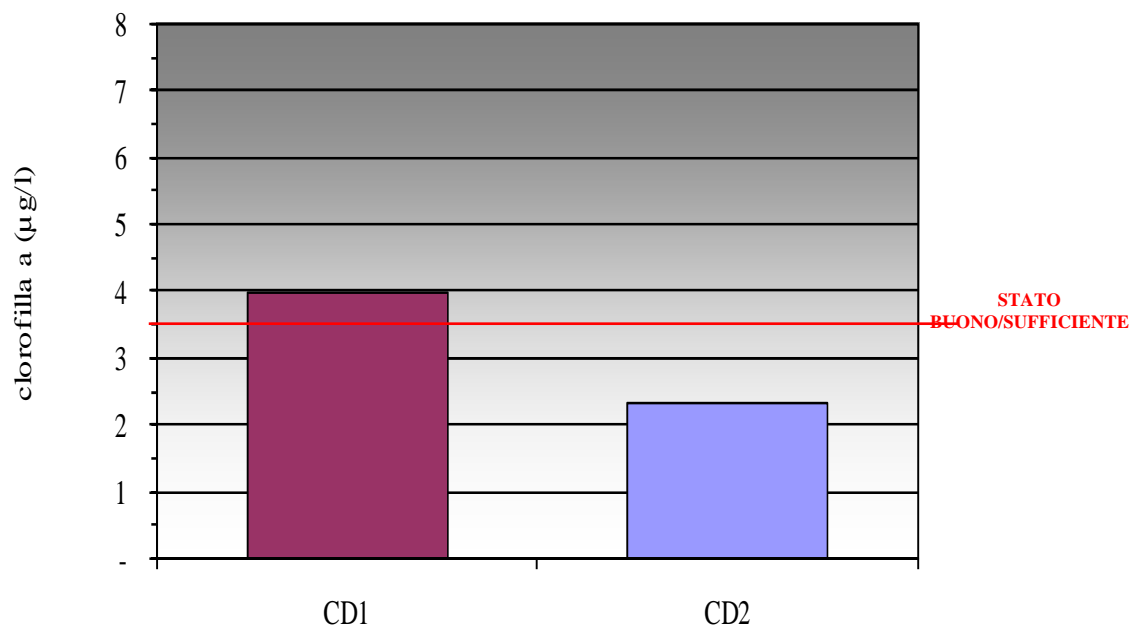


Figura 103 – Medie geometriche annuali di clorofilla “a” nei corpi idrici calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale

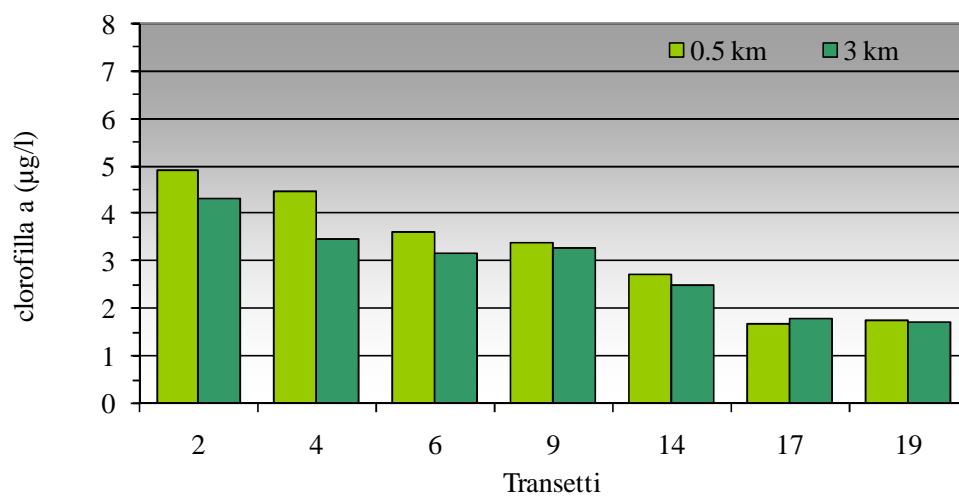


Figura 104 – Medie geometriche annuali di clorofilla “a” nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale

5.2.2 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 (Crostacei), 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 fascia più costiera delle VTC comprende la facies caratterizzata dal polichete *Owenia fusiformis*, specie ad ampia distribuzione ecologica.

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 4).

La frequenza di campionamento è semestrale (maggio, novembre) (vedi Tabella 5).

Tabella 8 – Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC

Phylum	SFBC4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	304	309	314	319
Anellida	14	3	13	6	9	13	10	8
Arthropoda	2	7	12	6	4	8	8	8
Cnidaria	1	0	1	0	0	0	0	0
Echinoderma	0	0	1	2	0	1	2	2
Mollusca	13	7	14	10	10	12	10	15
Phoronida	1	0	0	0	0	0	0	1
Sipuncula	1	0	0	1	1	1	1	2
Totale	32	17	41	25	24	35	31	36

Tabella 9 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	304	309	314	319
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917	X			
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X
	CAPITELLIDAE	<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)		X		X
	EUNICIDAE	<i>Eumida sanguinea</i>	Berthold, 1827	X	X		
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		X	X	
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X	X	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861		X		
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000			X	X
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863		X		
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865		X		
	NEPHTYDAE	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X		
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X		X	
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
	PARAONIDAE	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959				X
PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)	X			X	
PHYLLODOCIDAE	<i>Phyllodoce</i> indet.	Savigny, 1818			X		
SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832		X			
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962		X	X	X	
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883		X		
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)		X		
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)			X	X
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe tenella</i>	J.O.Sars, 1878		X	X	X
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X
	COROPHIIDAE	<i>Siphonocetes dellavallei</i>	Stebbing, 1899				X
	GRAPSIDAE	<i>Brachyotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)	X			
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965				X
		<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)			X	
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			X	
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)		X	X	
	PHOTIDAE	<i>Photis</i> cfr. <i>longicaudata</i>					X
	PORTUNIDAE	<i>Carcinus aestuarii</i>	Nardo, 1847		X		
<i>Liocarcinus vernalis</i>		(Risso, 1816)		X			
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne longicorne</i>	(Bate, 1858)		X	X	X	
UPOGEBIIDAE	<i>Upogebia tipica</i>	(Nardo, 1869)	X				
AMPHIURIDAE	<i>Amphipholis squamata</i>	(Delle Chiaje, 1828)		X	X	X	
	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			X	X	
MOLLUSCA	ARCIDAE	<i>Anadara inaequivalvis</i>	(Bruguère, 1789)	X	X	X	X
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)				X
		<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)	X	X		
	MACRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)				X
		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	(Lamarck, 1819)				X
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)	X			
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)		X		X
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)		X		X
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)	X	X	X	X
	TELLINIDAE	<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X
VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)		X	X	X	
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)			X	X	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889			X	
SIPUNCULA	GOLFINGIIDAE	<i>Golfingia</i> sp.				X	
	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766	X	X	X	X

Tabella 10 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	4	9	14	19	
ANNELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869		X	X		
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricus, 1780)				X	
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	X			X	
	EUNICIDE	<i>Eunicae vittata</i>	(Delle Chiaje, 1828)	X				
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X		X		
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)				X	
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X				
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861	X				
	MAGELONIDAE	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X		
	NEPHTYDAE	<i>Nephtys histricis</i>	Mc Intosh, 1900	X				
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	
	ONUPHIDAE	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X		X		
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia cuvieri</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)	X				
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X		X	X	
	PARAONIDAE	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X				
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865					X
		<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)				X	
SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			X	X		
SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)				X		
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X		X			
	<i>Prionospio cirrifer</i>	Wiren, 1883	X	X	X	X		
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)			X	X	
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853		X	X	X	
		<i>Ampelisca spinifer</i>	Reid, 1951		X			
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)		X	X		
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)				X	
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867		X	X		
		<i>Iphinoe tenella</i>	J. O. Sars, 1878		X		X	
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)		X	X	X	
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)			X		
	LEUCOTHOIDAE	<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)					X
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)				X	X
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976				X	
	OEDICEROTIDAE	<i>Periculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)				X	
PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)	X		X			
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne longicorne</i>	(Bate, 1858)	X		X			
UPOGEBIIDAE	<i>Upogebia pusilla</i>	(Petagna, 1972)		X				
CNIDARIA	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)	X		X		
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphipholis squamata</i>	(Della Chiaje, 1828)				X	
		<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			X	X	
MOLLUSCA	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)				X	
	ARCIDAE	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822		X	X	X	
	CONIDAE	<i>Bela nebula</i>	(Montagu, 1803)				X	
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X	
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)	X			X	
	DONACIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X		X		
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)	X				
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)				X	
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X		X	X	
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X			
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X			X	
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)		X	X		
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)				X	
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X	X			
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)	X				
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)			X	X	X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)	X		X		
	TELLINIDAE	<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X		X		
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)	X		X		
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X	
<i>Dosinia lupinus</i>		(Linné, 1758)	X		X	X		
<i>Pitar rudis</i>		(Poli, 1795)				X		
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X				
SIPUNCULA	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766	X			X	

Nelle Tabella 9 e Tabella 10 si riportano i risultati dell'analisi quali-quantitativa della comunità macrobentonica relativa alle biocenosi VTC e SFBC per il 2013.

L'anno 2013 ha mostrato in generale una sensibile diminuzione del numero di specie in entrambe le biocenosi (Tabella 8) rispetto agli anni passati.

Nella biocenosi delle VTC (Tabella 8) la stazione 319, come negli anni passati, ha mostrato il maggior numero di specie mentre la stazione 304 il minor numero.

Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 8), la stazione 14 possiede il numero più alto di specie (41 specie), il minor numero di specie è stato trovato nella stazione 9 (17 specie).

Nel Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Ampharete acutifrons*, *Aricidea assimilis*, *Capitella capitata*, *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Eumida sanguinea*, *Glycera alba*, *Glycera rouxii*, *Glycera tridactyla*, *Heteromastus filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Maldane sarsi*, *Melinna palmata*, *Nephtys hombergi*, *Nephtys histricis*, *Onuphis eremita*, *Orbinia cuvieri*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa monilifera*, *Phyllodoce indet.*, *Phyllodoce lineata*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifer*, *Sigalion mathildae*.

Il polichete *Owenia fusiformis* è risultato essere il più abbondante nella comunità delle SFBC, mentre *Melinna palmata* è risultata la specie più abbondante nelle VTC. I policheti più frequenti sono risultati per entrambe le biocenosi: *Nephtys hombergi*, *Owenia fusiformis*, *Melinna palmata*.

Nel Phylum degli **ARTHROPODA** classe Crustacea sono state rinvenute i seguenti taxon: *Ampelisca diadema*, *Ampelisca brevicornis*, *Ampelisca spinifer*, *Apseudes latreillii*, *Brachynotus gemellari*, *Carcinus aestuarii*, *Diogenes pugilator*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe serrata*, *Iphinoe tenella*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus vernalis*, *Photis* cfr. *longicaudata*, *Megaluropus massiliensis*, *Orchomenella nana*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus longimanus*, *Pseudocuma longicorne longicorne*, *Siphonocetes dellavallei*, *Upogebia tipica*. *Apseudes latreillii* è risultato essere il più abbondante nella comunità delle SFBC, mentre *Pariambus typicus* è risultato il più abbondante nelle VTC.

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

In questo Phylum si è rinvenuto il taxon *Calliactis parasitica* solo nelle st. 4 e 14 delle SFBC.

Nel Phylum degli **ECHINODERMA** sono state ritrovate due taxon *Amphiura chiajei* e *Amphipholis squamata* nelle stazioni centro-meridionali.

Il Phylum delle **IDROIDOMEDUSE** non è stato ritrovato.

Nel Phylum dei **MOLLUSCHI** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Acteon tornatilis*, *Anadara inaequalis*, *Anadara transversa*, *Bela nebula*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Euspira macilenta*, *Lentidium mediterraneum*, *Mactra stultorum*, *Mytilus galloprovincialis*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius pygmaeus*, *Nucula nitidosa*, *Pharus legumen*, *Phaxas adriaticus*, *Philine aperta*, *Pitar rudis*, *Spisula subtruncata*, *Tellina nitida*, *Thracia papyracea*.

In entrambe le comunità la presenza dei filtratori (Bivalvi) risulta maggiore sia in termini di numero di specie che di individui rispetto a quella dei Gasteropodi. I Molluschi più abbondanti sono stati il bivalve *Chamelea gallina* nella st. 14 e 314 e *Corbula gibba* nella st. 304 e 309.

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla* nelle st. 4 e 319. Il Phylum dei **SIPUNCULA** è stato ritrovato con il taxon *Sipunculus nudus* in tutte le

stazioni delle VTC e nella st.4 e st.19 delle SFBC; il taxon. *Golfingia* sp. è stato ritrovato solo nella st. 319 delle VTC.

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

Tra gli indici proposti a livello nazionale al momento l'Italia ha accolto favorevolmente l'indice multivariato M-AMBI (AZTI's Marine Biotic Index), che a sua volta deriva dall'indice AMBI combinato con la ricchezza in specie (S) e la diversità (H).

Tale indice è richiesto nel D.260/10.

In particolare l'indice M-AMBI processa, con un'analisi fattoriale, 3 componenti:

- l'indice di Shannon and Wiener (H);
- il numero di specie (S);
- l'AMBI; questa ultima metrica, molto più complessa delle prime due, è ricavata da un consistente database sull'ecologia delle specie (the AZTI list (<http://www.azti.es>)).

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:

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

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

In Tabella 12 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2013 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

Ad oggi sono state pubblicate nel D.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 105 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 106 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	1.61	16	2.4
4	AUT	1.77	25	0.99
9	PRI	2.12	13	2.38
9	AUT	1.03	11	3.70
14	PRI	1.53	31	0.94
14	AUT	1.91	33	1.79
19	PRI	1.24	20	2.68
19	AUT	2.00	14	1.52
304	PRI	1.05	16	3.47
304	AUT	1.38	13	2.47
309	PRI	1.45	29	3.56
309	AUT	1.01	17	3.55
314	PRI	1.50	27	1.98
314	AUT	1.62	22	2.82
319	PRI	0.55	30	2.83
319	AUT	1.82	18	5.56

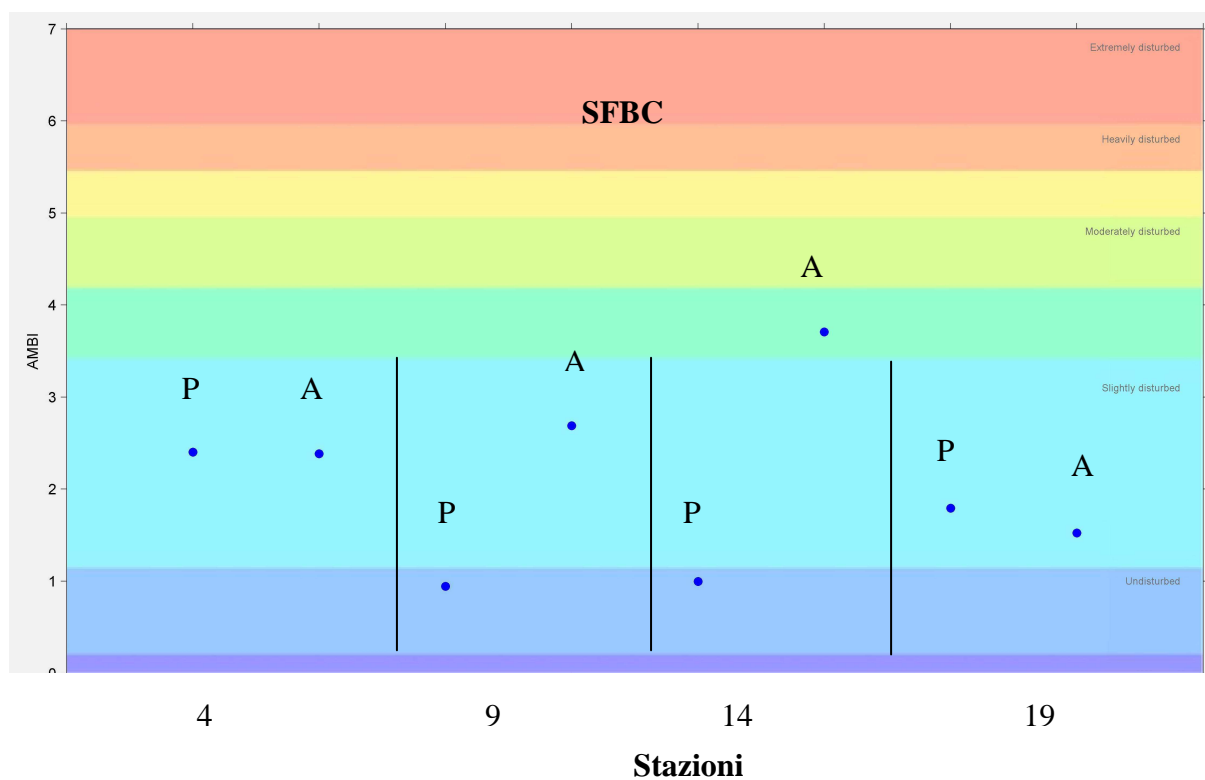


Figura 105 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (P= Primavera, A= Autunno)

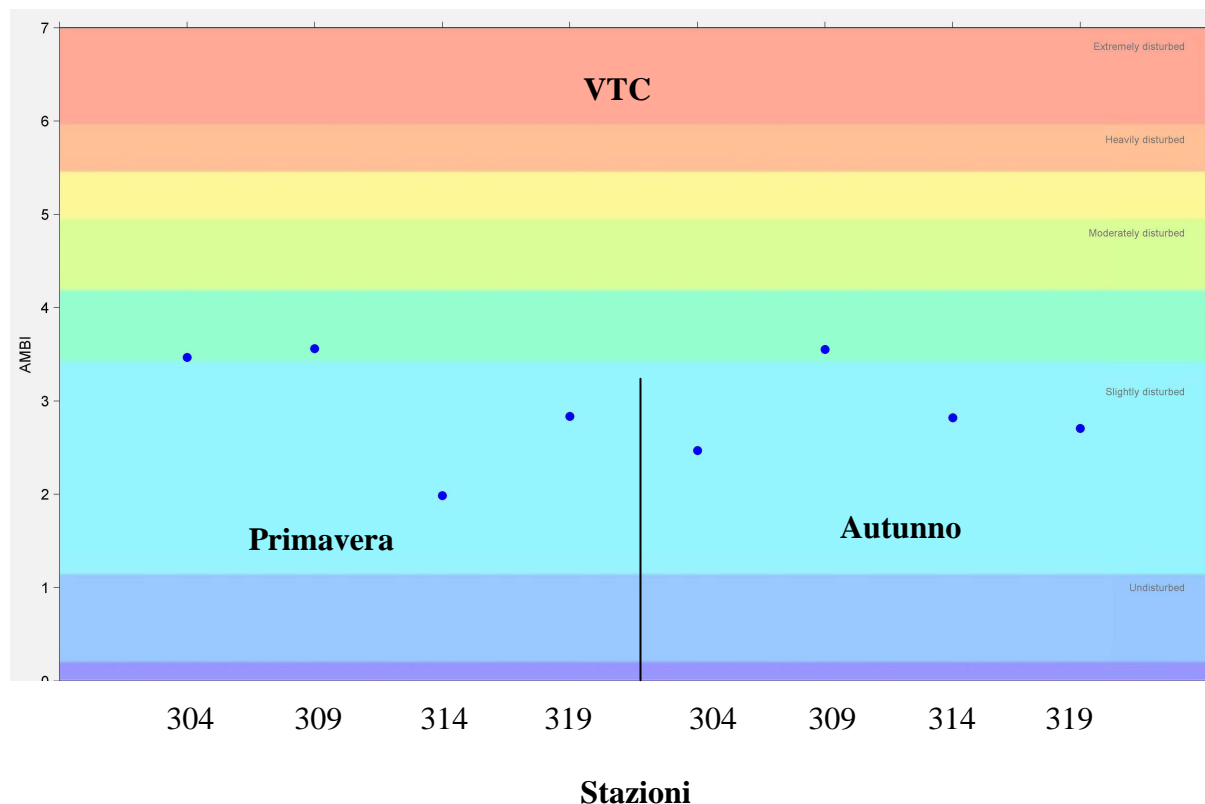


Figura 106 – Valori dell’indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l’analisi multivariata (*Multi Dimensional Scaling* MDS) (Figura 107) evidenzia come la stazione 19 abbia una comunità simile tra le due stagioni, come anche la st. 14. La composizione della comunità per la st. 9 differisce dalle altre stazioni e mostra una differente strutturazione tra la primavera e l’autunno. La st. 4 mostra in autunno una comunità molto simile a quelle della st. 14 rispetto a quella che assume in primavera.

Per le biocenosi delle VTC, l’analisi multivariata (Figura 108) evidenzia una similarità tra le le stazioni primaverili 309 e 319. Inoltre si apprezza uUna forte similarità tra le due comunità autunnali e primaverili per la st. 314 ed una differenziazione per la st. 304 tra primavera ed autunno.

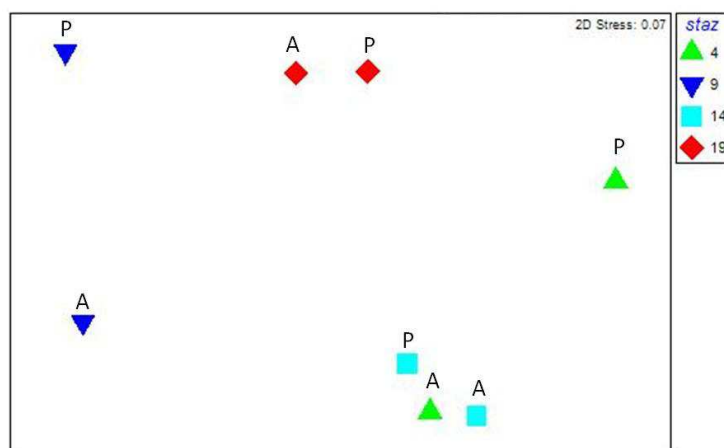


Figura 107 – MDS Biocenosi delle SFBC

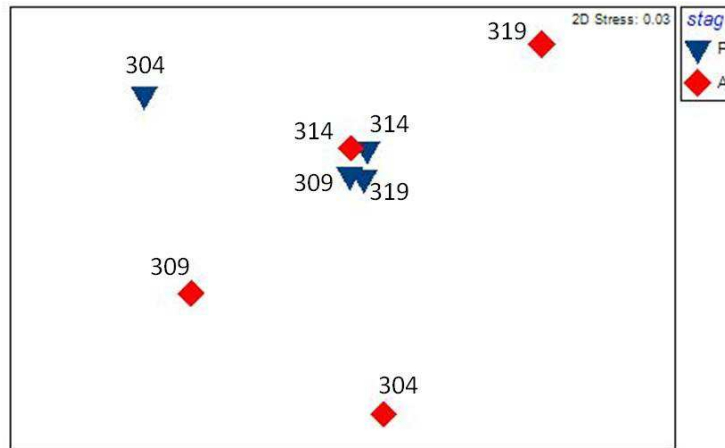


Figura 108 – MDS Biocenosi delle VTC

5.2.3 Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici

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

- elementi fisico-chimici 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.

5.2.3.a Elementi di qualità chimico-fisica

Le stazioni della rete di monitoraggio per gli elementi chimico-fisici sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Figura 89). Su ogni transetto sono collocate 2 stazioni rispettivamente a 0.5 e 3 km dalla costa. L’anagrafica di ogni stazione è riportata in Tabella 4. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l’anno nella prima e terza settimana del mese (vedi Tabella 5).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal D.260/10 sono riportati in Tabella 13. 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 13 – 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 ammoniac. N-NH₃	µg/l
Azoto Nitrico N-NO₂	µg/l
Azoto Totale	µg/l
Silice reattiva Si-SiO ₂	µg/l

Per la temperatura, salinità e ossigeno disciolto viene rilevato il profilo verticale effettuato con sonda multiparametrica ad ogni metro di profondità al fine di individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline, nonché gli stati anossici e ipossici che si possono verificare a livello di fondale.

Nello specifico, per ciascun EQB (nel caso specifico di interesse per l'Emilia-Romagna il fitoplancton e macroinvertebrati bentonici), gli elementi fisico-chimici a sostegno sono l'ossigeno disciolto, la clorofilla "a" e i nutrienti.

Gli elementi utilizzati ai fini interpretativi dei risultati degli altri elementi sono: trasparenza, temperatura e salinità.

Tutti i parametri sopra riportati sono stati ampiamente discussi nel Capitolo 4 del presente rapporto. A integrazione di quanto già discusso, di seguito si riporta la statistica descrittiva relativa ai principali parametri idrologici e agli elementi nutritivi delle stazioni della rete di monitoraggio istituita ai sensi del D.Lgs152/06 ai fini della definizione dello stato di qualità ambientale (vedi da Tabella 14 a Tabella 20).

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.

Come già riportato nel Paragrafo 4.5.1, il valore medio del TRIX per tutta la costa emiliano-romagnola da 0.5 a 3 km al largo, calcolato su un set di dati di monitoraggio rilevati come richiesto dal D.M. 260/10, è di 5.0 condizione di stato che identifica una situazione al limite fra lo stato Buono e Sufficiente.

Tabella 14 – 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 2013																	
	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	8.43	17.49	25.87	9.28	1.53	6.15	572.41	18.31	40.83	1164.14	33.72	4.47	615.93	429.54	39.04	6.07	2.61
Errore standard	0.05	1.57	1.40	0.53	0.16	0.85	133.03	2.32	10.40	159.56	4.51	1.04	106.09	126.73	4.95	0.15	0.13
Mediana	8.43	18.00	27.31	8.60	1.20	5.10	299.09	17.64	24.28	1041.18	31.71	2.43	411.16	115.06	36.64	5.98	2.51
Moda	8.53				0.90				0.21			0.22					
Deviazione standard	0.22	7.55	6.70	2.54	0.76	4.08	637.98	11.10	49.86	765.22	21.62	4.97	508.77	607.76	23.74	0.74	0.61
Varianza campionaria	0.05	56.97	44.88	6.43	0.58	16.67	407017.41	123.30	2486.51	585555.36	467.60	24.73	258846.97	369368.67	563.80	0.54	0.38
Curtosi	1.74	-1.34	-0.17	-0.07	3.03	-0.70	0.59	-0.81	0.97	0.75	7.74	0.66	1.47	2.02	-0.07	-0.77	1.04
Asimmetria	1.24	0.08	-0.77	0.91	1.55	0.76	1.32	0.24	1.45	1.09	2.32	1.33	1.52	1.68	0.73	0.55	0.84
Intervallo	0.91	22.60	23.62	8.60	3.20	13.00	2037.19	39.42	156.05	3003.59	101.77	16.34	1772.92	2141.35	85.89	2.38	2.46
Minimo	8.13	7.24	11.43	6.05	0.70	1.70	0.70	0.19	0.21	87.93	11.33	0.22	107.33	2.20	6.01	4.95	1.49
Massimo	9.04	29.84	35.05	14.65	3.90	14.70	2037.89	39.61	156.26	3091.52	113.10	16.56	1880.25	2143.55	91.90	7.34	3.95
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.26	2.90	1.10	0.33	1.77	275.88	4.80	21.56	330.90	9.35	2.15	220.01	262.81	10.27	0.32	0.27

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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	8.45	16.79	27.10	9.36	1.89	5.89	629.80	20.51	51.75	1237.79	27.97	3.56	540.09	766.72	44.96	5.88	2.39
Errore standard	0.04	1.55	1.34	0.51	0.18	0.91	183.29	4.20	16.06	249.12	2.72	0.81	116.83	438.43	5.96	0.21	0.14
Mediana	8.42	17.46	28.64	8.62	1.90	3.40	352.45	14.18	17.33	926.03	22.65	2.27	345.45	90.57	34.56	5.68	2.38
Moda					2.10							0.22					
Deviazione standard	0.20	7.43	6.42	2.44	0.86	4.39	879.01	20.12	77.02	1194.75	13.04	3.89	560.31	2102.64	28.60	1.01	0.69
Varianza campionaria	0.04	55.26	41.27	5.94	0.75	19.23	772653.32	404.77	5931.75	1427424.09	170.12	15.10	313950.11	4421109.97	818.04	1.01	0.48
Curtosi	3.59	-1.44	0.32	0.57	-0.69	-0.68	10.65	4.55	4.36	10.77	-0.71	0.79	2.80	19.84	2.15	-1.18	2.36
Asimmetria	1.76	-0.02	-1.15	1.03	0.39	0.81	2.97	1.95	2.15	3.05	0.55	1.30	1.81	4.35	1.57	0.39	0.95
Intervallo	0.86	21.98	21.77	9.47	3.10	13.90	4058.46	86.77	300.08	5516.34	46.04	13.43	1988.03	10089.86	110.09	3.02	3.20
Minimo	8.19	6.10	13.05	5.79	0.50	1.50	0.70	0.73	0.69	386.96	9.14	0.22	42.76	17.93	17.25	4.62	1.20
Massimo	9.06	28.08	34.82	15.26	3.60	15.40	4059.16	87.50	300.77	5903.30	55.18	13.65	2030.79	10107.80	127.34	7.64	4.40
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.21	2.78	1.05	0.37	1.90	380.11	8.70	33.31	516.65	5.64	1.68	242.30	909.25	12.37	0.44	0.30

Tabella 15 – 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 2013																	
	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	17.04	26.76	9.50	1.91	5.68	441.55	14.98	19.26	962.40	26.88	5.23	481.48	253.29	41.03	5.76	2.35
Errore standard	0.04	1.60	1.28	0.48	0.16	0.91	101.26	2.07	5.05	114.79	3.23	0.90	92.82	104.34	4.39	0.18	0.13
Mediana	8.51	17.87	28.51	9.05	1.90	3.60	264.14	15.32	7.46	803.85	22.87	5.76	382.09	45.11	38.78	5.53	2.28
Moda					1.10							0.22					
Deviazione standard	0.21	7.67	6.16	2.29	0.75	4.36	485.62	9.92	24.21	550.51	15.49	4.31	445.17	500.42	21.07	0.88	0.65
Varianza campionaria	0.04	58.80	37.93	5.25	0.56	19.02	235830.51	98.42	586.20	303062.32	239.85	18.58	198173.69	250417.05	443.88	0.77	0.42
Curtosi	1.40	-1.41	0.58	2.08	-0.80	-0.18	2.49	-0.02	0.78	1.60	1.53	-0.71	2.38	12.66	-0.15	-0.72	1.00
Asimmetria	1.05	-0.01	-1.14	1.37	0.48	1.06	1.63	0.37	1.37	1.32	1.17	0.50	1.67	3.36	0.67	0.44	1.05
Intervallo	0.86	23.57	22.11	9.64	2.30	13.97	1855.58	38.39	76.59	2305.06	65.49	14.39	1735.30	2272.51	78.59	3.09	2.43
Minimo	8.23	5.58	11.93	6.35	0.90	1.33	0.70	0.06	0.21	106.69	4.75	0.22	23.54	1.77	12.03	4.31	1.38
Massimo	9.09	29.15	34.04	15.99	3.20	15.30	1856.28	38.44	76.80	2411.75	70.24	14.61	1758.84	2274.28	90.63	7.39	3.81
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.32	2.66	0.99	0.32	1.89	210.00	4.29	10.47	238.06	6.70	1.86	192.50	216.40	9.11	0.38	0.28

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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	8.47	16.59	26.80	9.61	2.10	4.45	545.51	14.98	16.35	1022.31	24.90	4.30	668.49	358.83	44.39	5.51	2.44
Errore standard	0.04	1.56	1.38	0.53	0.22	0.76	109.51	2.63	4.18	124.57	2.82	0.88	150.31	163.11	4.20	0.24	0.13
Mediana	8.46	17.57	29.74	9.05	2.10	2.93	452.43	15.54	8.81	855.53	22.29	3.47	354.14	89.08	38.62	5.11	2.42
Moda				10.62	2.10	2.00	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.17	7.48	6.64	2.53	1.05	3.62	525.19	12.62	20.06	597.42	13.53	4.22	720.86	782.27	20.13	1.15	0.61
Varianza campionaria	0.03	55.88	44.07	6.38	1.10	13.12	275826.98	159.19	402.22	356909.74	183.14	17.79	519642.77	611946.87	405.17	1.33	0.38
Curtosi	5.47	-1.50	-0.05	0.12	0.92	3.55	-0.82	3.38	2.55	-0.21	1.70	-0.36	2.35	18.16	-0.20	-0.98	0.67
Asimmetria	1.75	-0.01	-1.00	0.96	0.85	1.81	0.65	1.36	1.78	0.92	1.17	0.83	1.48	4.10	0.82	0.60	0.43
Intervallo	0.85	21.57	22.81	9.18	4.20	14.84	1600.43	54.83	73.26	1979.10	52.76	13.82	2836.88	3768.52	66.96	3.48	2.72
Minimo	8.21	6.44	11.93	6.30	0.70	1.16	0.70	0.41	0.21	376.21	7.38	0.22	14.59	0.94	21.26	4.10	1.17
Massimo	9.06	28.00	34.74	15.48	4.90	16.00	1601.13	55.24	73.47	2355.31	60.14	14.04	2851.47	3769.45	88.22	7.58	3.89
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.23	2.87	1.09	0.45	1.57	227.11	5.46	8.67	258.34	5.85	1.82	311.72	338.28	8.70	0.50	0.26

Tabella 16 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 6 e 306 (Casalborsetti)

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.41	16.77	27.12	9.02	1.94	4.67	485.04	16.14	31.09	1009.74	27.44	4.36	601.67	219.86	40.92	5.43	2.58
Errore standard	0.04	1.56	1.45	0.48	0.23	0.76	110.09	2.37	6.33	129.65	3.36	0.62	136.41	74.47	4.85	0.23	0.17
Mediana	8.37	17.77	29.75	8.19	2.00	3.00	336.55	14.13	20.34	800.46	20.57	4.27	385.53	68.26	36.72	5.36	2.48
Moda					1.00	3.80						0.22					
Deviazione standard	0.18	7.47	6.94	2.30	1.10	3.65	527.95	11.38	30.34	621.76	16.11	2.98	654.20	357.14	23.26	1.10	0.80
Varianza campionaria	0.03	55.86	48.18	5.31	1.22	13.35	278734.82	129.44	920.34	386580.41	259.60	8.91	427973.05	127552.25	541.18	1.20	0.64
Curtosi	3.65	-1.54	1.66	-0.04	-0.03	1.56	4.02	-0.65	0.22	1.93	2.02	0.55	1.98	6.05	3.18	-0.57	-0.11
Asimmetria	1.69	-0.02	-1.48	0.85	0.74	1.47	1.81	0.49	1.06	1.52	1.52	0.64	1.69	2.58	1.79	-0.13	0.31
Intervallo	0.80	21.90	26.12	8.61	4.10	13.50	2185.23	40.11	101.33	2380.10	63.54	11.55	2325.03	1301.84	96.13	4.06	3.18
Minimo	8.18	6.43	9.14	5.89	0.50	1.00	1.78	0.13	0.71	345.05	9.62	0.22	26.03	1.53	14.38	3.15	1.11
Massimo	8.98	28.34	35.27	14.50	4.60	14.50	2187.01	40.24	102.04	2725.15	73.16	11.77	2351.06	1303.37	110.50	7.21	4.28
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.23	3.00	1.00	0.48	1.58	228.30	4.92	13.12	268.87	6.97	1.29	282.90	154.44	10.06	0.47	0.35

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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	8.44	16.56	28.79	9.06	2.36	4.35	422.91	12.27	11.31	861.58	20.47	3.13	470.29	333.91	45.02	5.28	2.33
Errore standard	0.04	1.54	1.13	0.48	0.24	0.83	88.17	1.90	2.30	93.47	1.85	0.64	108.31	155.09	5.63	0.24	0.13
Mediana	8.40	17.96	29.06	8.25	2.10	2.56	358.59	12.50	9.82	714.78	19.12	1.87	337.19	88.27	36.02	5.29	2.27
Moda				7.53	1.10	3.60	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.17	7.38	5.40	2.29	1.17	4.00	422.86	9.12	11.01	448.27	8.89	3.08	519.44	743.78	26.98	1.13	0.65
Varianza campionaria	0.03	54.51	29.20	5.25	1.38	16.00	178814.58	83.19	121.32	200942.06	79.00	9.46	269822.15	553208.52	728.17	1.29	0.42
Curtosi	4.10	-1.53	5.87	1.15	0.98	1.47	-0.16	-1.33	2.19	0.31	2.69	-0.13	4.02	14.56	9.27	-0.74	0.89
Asimmetria	1.83	-0.04	-1.95	1.25	0.93	1.63	0.78	0.13	1.44	0.94	1.56	1.09	1.83	3.70	2.70	0.09	0.33
Intervallo	0.75	21.63	25.42	9.16	4.70	12.97	1472.81	29.18	43.63	1701.25	35.78	8.97	2137.05	3414.28	127.30	3.96	2.89
Minimo	8.23	6.59	9.96	5.92	0.90	0.93	0.70	0.06	0.21	318.91	9.39	0.22	10.38	1.99	20.25	3.35	0.92
Massimo	8.98	28.22	35.38	15.08	5.60	13.90	1473.51	29.23	43.84	2020.16	45.17	9.19	2147.43	3416.27	147.56	7.30	3.81
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.19	2.34	0.99	0.51	1.73	182.86	3.94	4.76	193.84	3.84	1.33	224.62	321.63	11.67	0.49	0.28

Tabella 17 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 9 (Lido Adriano) e stazione 14 (Cesenatico)

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
Media	8.39	16.31	29.79	8.54	2.13	4.47	391.38	11.55	31.22	845.78	23.30	3.98	479.62	170.30	42.12	5.28	2.53
Errore standard	0.04	1.51	1.08	0.42	0.23	0.97	80.74	1.97	6.20	102.65	4.39	0.89	86.81	67.65	3.90	0.22	0.18
Mediana	8.35	17.68	30.29	8.47	2.00	3.11	256.77	8.37	22.01	697.34	17.33	2.78	396.30	100.96	36.44	5.21	2.36
Moda	8.30			2.00				0.21				0.22					
Deviazione standard	0.19	7.26	5.18	2.02	1.12	4.67	387.22	9.46	29.71	492.30	21.06	4.29	416.35	324.43	18.72	1.05	0.87
Varianza campionaria	0.04	52.68	26.81	4.10	1.26	21.83	149939.26	89.55	882.83	242361.56	443.33	18.36	173346.83	105256.00	350.47	1.10	0.75
Curtosi	6.86	-1.61	9.98	3.88	1.03	12.08	-0.71	-0.92	-0.62	-0.08	13.91	3.01	-0.91	20.12	-0.56	0.15	2.74
Asimmetria	2.11	-0.02	-2.74	1.48	0.66	3.27	0.65	0.48	0.73	0.80	3.47	1.77	0.63	4.36	0.57	0.42	1.45
Intervallo	0.90	20.00	25.35	9.31	4.80	21.71	1267.91	30.46	95.47	1909.34	107.03	16.44	1294.79	1611.17	67.86	4.34	3.74
Minimo	8.17	6.88	9.90	5.80	0.30	1.39	1.66	0.33	0.21	139.49	2.97	0.22	21.95	4.76	12.02	3.38	1.12
Massimo	9.07	26.88	35.25	15.11	5.10	23.10	1269.57	30.79	95.68	2048.83	110.00	16.66	1316.74	1615.93	79.88	7.71	4.86
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.14	2.24	0.88	0.49	2.02	167.45	4.09	12.85	212.89	9.11	1.85	180.04	140.29	8.10	0.45	0.37

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
Media	8.23	15.90	30.85	8.03	2.21	4.33	255.55	10.23	28.09	675.83	17.67	2.84	241.76	253.75	43.14	5.30	2.61
Errore standard	0.07	1.44	1.09	0.36	0.25	1.42	45.56	0.99	4.92	50.22	1.63	0.69	36.37	72.87	4.10	0.16	0.19
Mediana	8.25	16.77	32.08	7.85	2.20	2.22	226.89	10.13	24.10	664.75	16.20	1.78	202.91	93.62	41.61	5.34	2.14
Moda	8.35			6.57	1.00	1.80						0.22					2.12
Deviazione standard	0.35	7.05	5.32	1.79	1.22	6.96	223.21	4.87	24.11	246.04	7.97	3.39	178.16	356.96	20.09	0.78	0.94
Varianza campionaria	0.13	49.68	28.35	3.20	1.50	48.39	49823.28	23.69	581.22	60537.85	63.49	11.48	31740.29	127424.01	403.75	0.61	0.89
Curtosi	13.49	-1.43	10.80	0.01	-1.75	17.99	-0.20	-0.59	0.40	0.33	-0.03	1.28	0.61	6.17	3.94	0.32	-1.01
Asimmetria	-2.94	0.07	-2.92	0.45	0.05	4.08	0.75	0.23	1.05	0.76	0.83	1.50	0.97	2.48	1.75	0.22	0.60
Intervallo	2.12	20.85	26.58	6.85	3.50	34.40	796.52	18.59	81.34	934.45	27.99	11.41	648.12	1474.78	87.63	3.38	3.22
Minimo	6.78	6.40	9.78	5.24	0.50	0.60	9.74	1.68	0.21	346.50	5.88	0.22	13.51	19.84	20.14	3.83	1.27
Massimo	8.89	27.25	36.36	12.09	4.00	35.00	806.26	20.27	81.55	1280.95	33.87	11.63	661.63	1494.61	107.78	7.21	4.49
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.15	2.98	2.25	0.75	0.52	2.94	94.25	2.06	10.18	103.90	3.36	1.43	75.23	150.73	8.48	0.33	0.40

Tabella 18 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 309 (Lido Adriano) e stazione 314 (Cesenatico)

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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						
Media	8.44	16.39	29.63	8.69	2.83	5.18	348.26	10.26	10.58	783.92	18.74	2.33	357.23	278.58	47.86	5.12	2.13
Errore standard	0.03	1.54	1.09	0.35	0.37	1.33	76.60	1.87	3.00	88.51	2.91	0.40	71.78	135.81	4.67	0.23	0.17
Mediana	8.46	18.06	30.66	8.46	2.70	3.20	232.97	8.20	5.04	669.27	14.35	2.21	253.62	124.41	41.28	5.01	2.05
Moda				9.88	3.10	3.60	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.15	7.37	5.22	1.70	1.76	6.37	367.37	8.99	14.37	424.50	13.93	1.93	344.26	651.31	22.39	1.11	0.82
Varianza campionaria	0.02	54.34	27.22	2.87	3.11	40.53	134959.71	80.77	206.46	180198.05	194.15	3.72	118512.26	424202.62	501.26	1.23	0.66
Curiosi	1.69	-1.50	8.60	0.73	3.96	8.41	1.00	-0.52	3.24	0.41	10.22	-0.71	-0.07	20.58	0.26	-0.71	2.71
Asimmetria	0.89	0.06	-2.55	0.53	1.58	2.74	1.07	0.60	1.91	0.95	2.89	0.61	0.87	4.44	0.86	0.47	1.29
Intervallo	0.66	20.29	25.24	7.37	8.10	28.00	1373.10	31.61	53.76	1595.08	66.68	6.16	1222.61	3194.34	87.96	3.96	3.68
Minimo	8.23	6.85	10.23	5.70	0.40	0.80	0.70	0.06	0.21	311.38	6.01	0.22	2.37	0.84	17.64	3.41	0.87
Massimo	8.88	27.14	35.47	13.07	8.50	28.80	1373.80	31.66	53.97	1906.46	72.69	6.38	1224.98	3195.18	105.60	7.37	4.55
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.19	2.26	0.73	0.76	2.75	158.86	3.89	6.21	183.57	6.03	0.83	148.87	281.65	9.68	0.48	0.35

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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						
Media	8.41	15.94	30.76	8.37	3.23	4.12	227.81	8.53	12.31	619.56	14.30	2.21	216.63	256.38	48.58	4.76	2.18
Errore standard	0.03	1.44	1.11	0.29	0.46	1.39	48.65	1.51	2.81	65.88	1.41	0.76	46.22	95.83	4.64	0.23	0.18
Mediana	8.37	16.81	32.02	8.59	2.45	2.09	193.65	6.70	5.87	559.12	12.20	0.97	118.88	89.43	46.51	4.86	1.95
Moda	8.27			9.95	2.30	2.50		0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.16	7.03	5.43	1.42	2.27	6.79	238.36	7.39	13.76	322.74	6.91	3.73	226.45	469.48	22.74	1.13	0.87
Varianza campionaria	0.02	49.45	29.52	2.02	5.16	46.05	56813.35	54.62	189.47	104160.93	47.81	13.90	51277.87	220409.41	516.88	1.28	0.76
Curiosi	3.75	-1.45	10.21	0.08	-0.14	19.57	2.24	0.01	1.32	0.87	-0.59	11.69	0.17	13.64	2.62	0.17	-0.98
Asimmetria	1.58	0.12	-2.84	0.43	1.01	4.27	1.37	0.87	1.34	1.20	0.41	3.30	1.15	3.50	1.36	0.02	0.42
Intervallo	0.70	20.23	26.44	5.97	7.40	34.10	950.06	25.58	50.73	1132.25	26.70	16.85	735.20	2200.75	101.41	4.82	2.94
Minimo	8.23	7.05	9.49	5.97	0.90	0.50	0.70	0.06	0.21	248.07	2.61	0.22	7.51	4.39	14.79	2.58	0.97
Massimo	8.93	27.29	35.92	11.94	8.30	34.60	950.76	25.63	50.94	1380.32	29.31	17.07	742.71	2205.14	116.19	7.40	3.91
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	2.97	2.29	0.60	0.96	2.87	100.65	3.12	5.81	136.28	2.92	1.57	95.62	198.24	9.60	0.48	0.37

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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	8.36	16.10	32.17	7.90	2.57	2.85	227.68	9.11	25.38	574.48	15.90	3.03	265.80	174.42	47.50	4.86	2.82
Errore standard	0.03	1.42	0.84	0.36	0.36	0.85	50.83	1.43	5.35	51.75	2.02	0.82	54.36	73.54	6.73	0.21	0.19
Mediana	8.34	16.97	32.61	7.44	2.40	1.80	136.91	7.30	17.30	461.48	12.78	1.65	158.49	79.38	40.88	4.96	2.35
Moda				7.11	0.90	0.70						0.22					
Deviazione standard	0.17	6.93	4.11	1.76	1.78	4.16	249.01	7.01	26.20	253.52	9.90	4.04	266.33	360.27	32.95	1.05	0.93
Varianza campionaria	0.03	48.06	16.89	3.09	3.16	17.34	62004.72	49.17	686.49	64271.22	98.02	16.30	70930.23	129791.03	1085.49	1.10	0.86
Curtosi	5.52	-1.43	9.64	0.42	-1.56	16.62	0.49	-1.07	1.75	-0.34	0.15	7.14	2.79	20.68	10.31	-0.26	-1.31
Asimmetria	2.03	0.07	-2.69	0.59	0.33	3.86	1.18	0.52	1.33	0.93	0.92	2.51	1.68	4.44	2.78	-0.29	0.56
Intervallo	0.77	20.77	20.18	7.68	5.00	20.80	789.86	22.42	102.33	841.22	37.44	17.37	1044.95	1803.16	163.82	4.30	2.71
Minimo	8.17	7.11	16.28	4.70	0.40	0.10	5.74	0.06	0.21	304.02	2.84	0.22	22.38	8.59	13.06	2.62	1.73
Massimo	8.94	27.88	36.45	12.38	5.40	20.90	795.60	22.47	102.54	1145.24	40.28	17.59	1067.33	1811.75	176.88	6.92	4.43
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	2.93	1.74	0.74	0.75	1.76	105.15	2.96	11.06	107.05	4.18	1.71	112.46	152.13	13.91	0.44	0.39

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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	8.34	15.70	32.52	7.87	2.73	3.28	196.10	8.78	19.59	547.20	13.34	2.77	229.66	102.51	48.36	4.82	2.72
Errore standard	0.03	1.35	0.78	0.37	0.37	1.29	39.91	1.28	3.87	48.07	1.60	0.50	35.79	22.46	4.61	0.23	0.22
Mediana	8.34	16.56	33.04	7.46	2.15	1.80	182.57	8.70	12.64	443.88	11.03	2.08	198.59	64.56	46.93	5.05	2.44
Moda				5.00	2.50							0.22					
Deviazione standard	0.15	6.59	3.82	1.82	1.81	6.32	195.54	6.27	18.94	235.48	7.85	2.44	175.36	110.04	22.58	1.12	1.07
Varianza campionaria	0.02	43.46	14.59	3.33	3.29	39.94	38233.99	39.37	358.71	55451.14	61.64	5.96	30750.17	12108.97	509.66	1.25	1.14
Curtosi	6.78	-1.41	6.66	0.31	-1.59	19.74	1.47	-0.58	1.04	1.55	0.69	0.84	-0.09	7.88	3.39	1.88	2.23
Asimmetria	1.83	0.09	-2.19	0.24	0.28	4.33	1.18	0.51	1.24	1.24	1.17	1.20	0.87	2.64	1.50	-0.76	1.31
Intervallo	0.78	20.18	18.01	8.17	5.30	31.46	749.80	21.90	67.68	901.99	29.94	8.38	602.88	502.98	101.15	5.46	4.47
Minimo	8.11	7.04	18.83	3.86	0.20	0.24	2.37	0.82	0.21	240.65	4.45	0.22	27.14	2.80	18.50	1.70	1.52
Massimo	8.89	27.22	36.84	12.03	5.50	31.70	752.17	22.72	67.89	1142.64	34.39	8.60	630.02	505.77	119.66	7.16	5.98
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	2.78	1.61	0.77	0.77	2.67	82.57	2.65	8.00	99.43	3.32	1.03	74.05	46.47	9.53	0.47	0.45

Tabella 20 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 317 (Rimini) stazione 319 (Cattolica)

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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	8.38	16.19	32.16	8.03	3.73	3.13	215.41	8.01	16.46	543.24	12.59	2.39	232.74	160.91	49.98	4.70	2.28
Errore standard	0.03	1.41	0.87	0.34	0.59	0.99	50.26	1.38	5.24	57.09	1.38	0.67	59.67	71.05	5.55	0.23	0.20
Mediana	8.34	16.83	32.76	7.93	2.75	1.67	121.82	6.33	6.13	428.21	11.37	1.33	118.17	84.46	41.45	4.85	2.02
Moda	8.53				1.00		0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.17	6.88	4.28	1.66	2.89	4.85	246.20	6.76	25.69	279.70	6.74	3.28	292.33	348.09	27.18	1.15	0.97
Varianza campionaria	0.03	47.38	18.32	2.76	8.38	23.52	60614.18	45.70	659.93	78231.67	45.44	10.77	85457.54	121163.22	738.58	1.32	0.93
Curtosi	4.47	-1.47	9.07	0.26	-0.81	13.90	0.81	-0.61	5.09	0.02	-1.33	7.79	7.46	21.83	8.80	0.37	-0.98
Asimmetria	1.61	0.07	-2.65	0.12	0.81	3.58	1.30	0.69	2.25	0.99	0.28	2.64	2.52	4.59	2.52	-0.33	0.49
Intervallo	0.83	20.29	20.83	7.44	8.30	23.20	780.87	22.11	102.42	987.95	21.42	14.23	1299.93	1758.07	132.77	5.14	3.02
Minimo	8.11	7.20	15.84	4.43	0.90	0.10	0.70	0.06	0.21	212.67	3.54	0.22	3.35	3.61	20.76	1.91	0.85
Massimo	8.94	27.49	36.67	11.87	9.20	23.30	781.57	22.16	102.63	1200.62	24.96	14.45	1303.28	1761.68	153.53	7.05	3.87
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	2.91	1.81	0.70	1.22	2.05	103.96	2.85	10.85	118.11	2.85	1.39	123.44	146.98	11.48	0.48	0.41

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2013																	
	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	8.38	16.07	32.55	8.03	3.56	3.11	173.95	7.72	11.54	520.52	12.00	2.65	181.92	93.92	49.93	4.67	2.35
Errore standard	0.03	1.39	0.71	0.30	0.56	1.03	36.43	1.35	2.71	40.05	1.24	0.51	32.36	30.50	4.56	0.22	0.20
Mediana	8.37	17.36	32.96	7.83	3.25	1.80	150.63	6.68	5.44	467.89	10.91	1.37	111.95	54.45	46.53	4.80	2.09
Moda	8.26				0.90	1.80			0.21			1.21					
Deviazione standard	0.14	6.82	3.47	1.47	2.73	5.06	178.47	6.60	13.28	196.22	6.08	2.51	158.52	149.40	22.33	1.07	0.98
Varianza campionaria	0.02	46.51	12.07	2.17	7.44	25.61	31852.26	43.58	176.38	38503.19	37.02	6.29	25127.74	22321.76	498.50	1.14	0.96
Curtosi	4.14	-1.49	5.17	-0.38	1.39	13.70	2.80	-0.56	1.24	2.28	0.78	-0.01	-1.16	14.95	3.86	1.34	-1.03
Asimmetria	1.56	0.07	-1.91	0.55	1.17	3.61	1.37	0.64	1.32	1.36	0.97	1.14	0.67	3.66	1.75	-0.47	0.54
Intervallo	0.65	19.89	15.89	5.54	10.40	23.90	737.00	22.69	45.83	837.30	24.35	8.27	433.18	720.05	100.41	4.94	3.03
Minimo	8.19	7.24	20.72	5.85	0.90	0.10	0.70	0.06	0.21	272.17	4.02	0.22	12.02	6.69	21.09	1.85	1.02
Massimo	8.83	27.13	36.61	11.39	11.30	24.00	737.70	22.74	46.04	1109.47	28.37	8.49	445.20	726.74	121.50	6.78	4.05
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	2.88	1.47	0.62	1.15	2.14	75.36	2.79	5.61	82.86	2.57	1.06	66.94	63.09	9.43	0.45	0.41

5.2.3.b Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti

Gli elementi di qualità idromorfologica e chimico-fisici sono a sostegno degli EQB e non concorrono alla valutazione dello Stato Ecologico, ma sono di utilità interpretativa degli elementi di qualità.

Fra gli elementi idromorfologici rilevati, di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica e del carbonio organico totale relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa e in 4 stazioni denominate SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a circa 1-2 km di distanza dalla costa (vedi in Tabella 4 e Tabella 5). La frequenza di campionamento è semestrale.

La distribuzione superficiale delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti campionati in primavera e in autunno del 2013 evidenzia che (Figura 109):

- vi è una buona corrispondenza fra le percentuali registrate in primavera e in autunno, ad eccezione delle stazioni SFBC9 (Lido Adriano) e 317 (Rimini);
- nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalboretto) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa ed è scarsa la componente sabbiosa;
- nelle stazioni 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 (Sabbie Fini Ben Calibrate) prevale la componente sabbiosa.

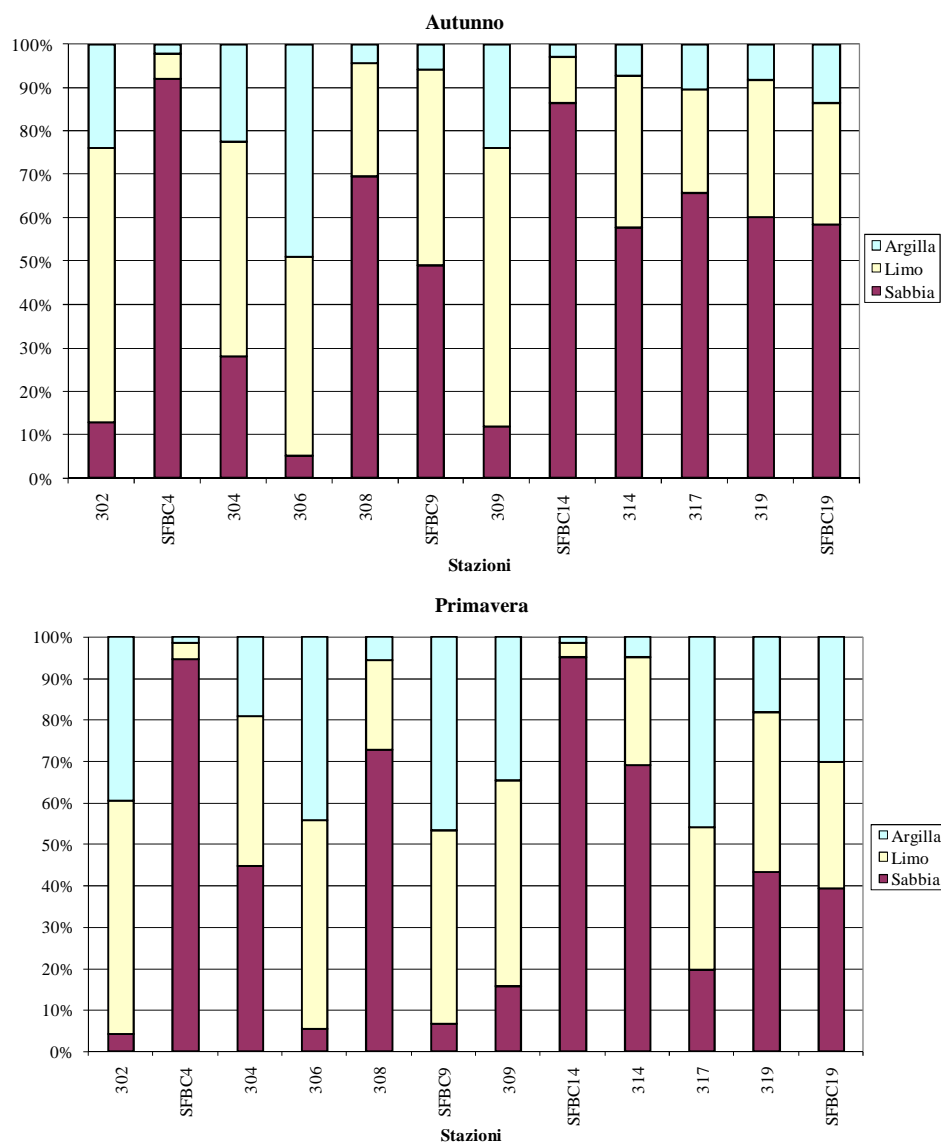


Figura 109 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche

Le percentuali di TOC (carbonio organico totale) nei sedimenti superficiali (Figura 110) variano tra 0.2 e 1.5% (media 0.85%). Si osserva una diminuzione delle percentuali di TOC in autunno rispetto alle percentuali registrate in primavera, fatta eccezione per la stazione 304 Porto Garibaldi. Relativamente alle stazioni a 3 km dalla costa le percentuali più basse di TOC corrispondono alle stazioni 308 Marina di Ravenna e 314 Cesenatico ubicate nella zona centrale della costa emiliano romagnola.

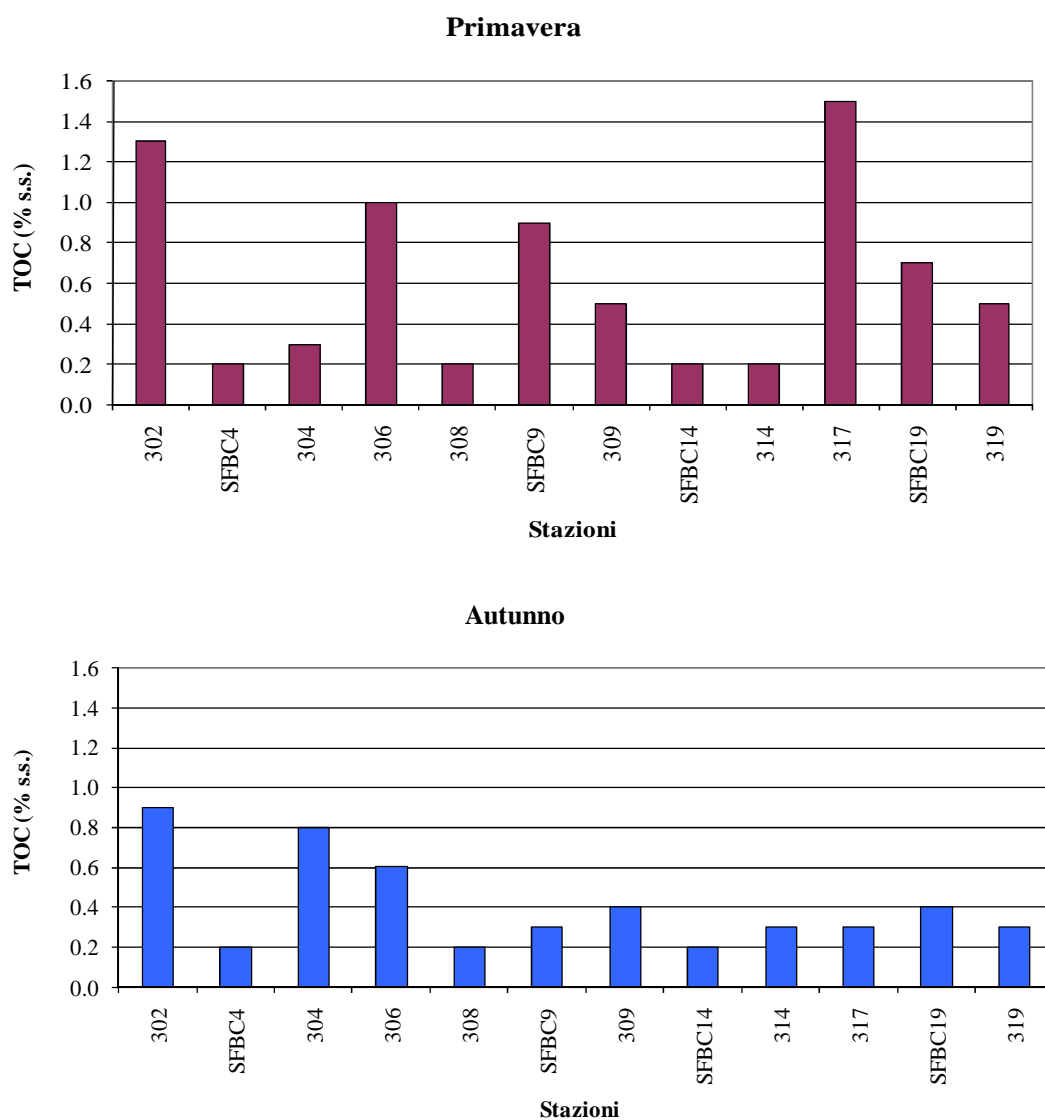


Figura 110 – Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale nel sedimento

5.2.4 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.M. 260/10, prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B D. 260/10) e nella matrice sedimento (tab. 3/B del D.M. 260/10).

5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2011 è stata effettuata la prima ricerca dei microinquinanti nelle acque marine (tab. 1/B). La prossima indagine è prevista a partire da giugno 2014 fino a maggio 2017. Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'attività di monitoraggio svolta nel 2011, è emerso che un'alta percentuale dei valori di concentrazione è inferiore ai limiti di quantificazione strumentale (LdQ) e la media annuale relativa al 2011 degli inquinanti specifici ricercati in ciascuna stazione è inferiore agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) indicati in tab. 1/B del D.M. 260/10. A partire da giugno 2014, verranno ricercate solo le sostanze che hanno superato gli SQA a chiusura di bacino dei fiumi che sfociano in Adriatico.

5.2.4.b Sostanze ricercate nei sedimenti

Gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB, ricercati nei sedimenti delle acque marino costiere, sono quelli riportati in tab. 3/B del D.M. 260/10.

Nei paragrafi che seguono si riporta la media annuale della concentrazione degli inquinanti determinati sul sedimento nelle varie stazioni. Nei casi in cui i valori medi superano gli Standard di Qualità Ambientali (SQA) di cui alla tab. 3/B del D.M. 260/10 è ammesso uno scostamento del 20% rispetto agli SQA stessi.

Metalli: arsenico, cromo totale e cromo VI

Nella Figura 111 si riporta la media annuale della concentrazione dei metalli determinati sul sedimento.

Nel 2013 i campionamenti sono stati effettuati con cadenza semestrale in primavera e in autunno.

Il cromo presenta valori medi/anno di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal D.M. 260/10 (50 mg/kg). È noto che le concentrazioni elevate di questo metallo (come anche per altri metalli), non sono di origine antropica ma geologica e costituiscono il fondo naturale nei sedimenti per queste aree.

Nel sito della Regione Emilia-Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/metalli-pesanti/carta-pedogeochemica-cr-ni-zn-pb-cu-250-2012>) sono pubblicate le carte del fondo naturale relativa ad alcuni metalli (Cr, Ni, Zn, Cu, Pb). Nella carta del fondo naturale del cromo si osserva che generalmente il fondo naturale lungo la costa regionale è maggiore 75 mg/kg.

I valori di cromo totale e di cromo VI tendono a diminuire da nord verso sud lungo la costa emiliano romagnola (Figura 111).

Per l'arsenico e il cromo VI non si sono riscontrati superamenti degli SQA dei valori medi/anno relativi al periodo considerato.

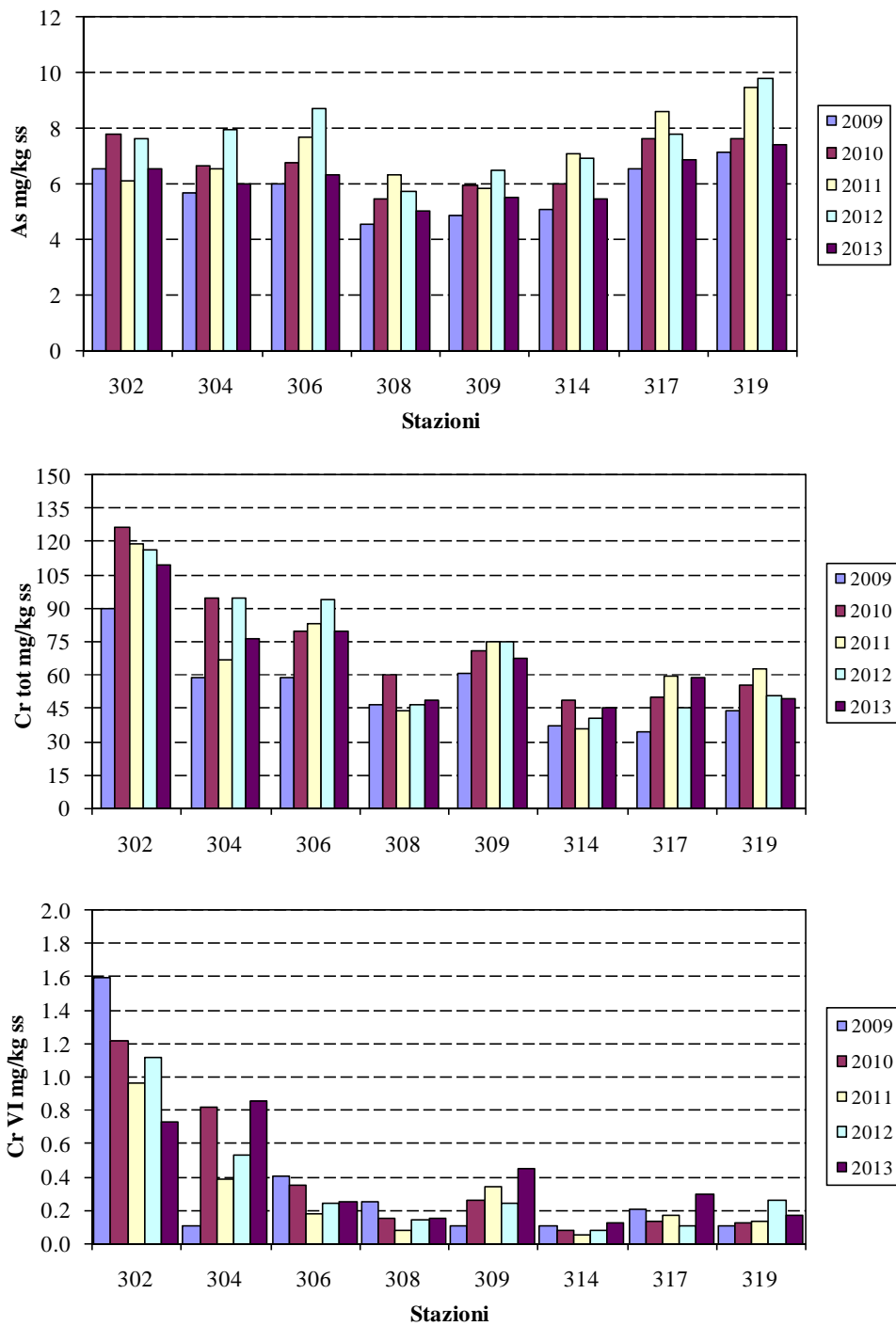


Figura 111 – Medie annuali delle concentrazioni di arsenico, cromo totale e cromo VI

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e PoliCloroBifenili (PCB) totali

Nella Figura 112 si riportano le medie annuali della somma delle concentrazioni degli IPA e dei PCB determinati sul sedimento nelle stazioni delle acque marino costiere.

Per gli IPA non si evidenziano valori medi/anno che superano lo SQA di cui alla tab. 3/B del D.M. 260/10 (somma IPA = 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ss) in tutto il periodo considerato (2009-2013).

Per i PCB il D.M. 260/10 alla tab. 3/B definisce i congeneri più significativi da monitorare e lo standard di qualità da applicare ai sedimenti. Non si evidenziano valori medi/anno che superano lo SQA di cui alla tab. 3/B del D.M. 260/10 (somma PCB = 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ss) in tutto il periodo considerato (2009-2013) ad eccezione di una sola stazione, la 302 di Lido di Volano, nella quale si rileva un valore medio/anno particolarmente elevato nel 2009.

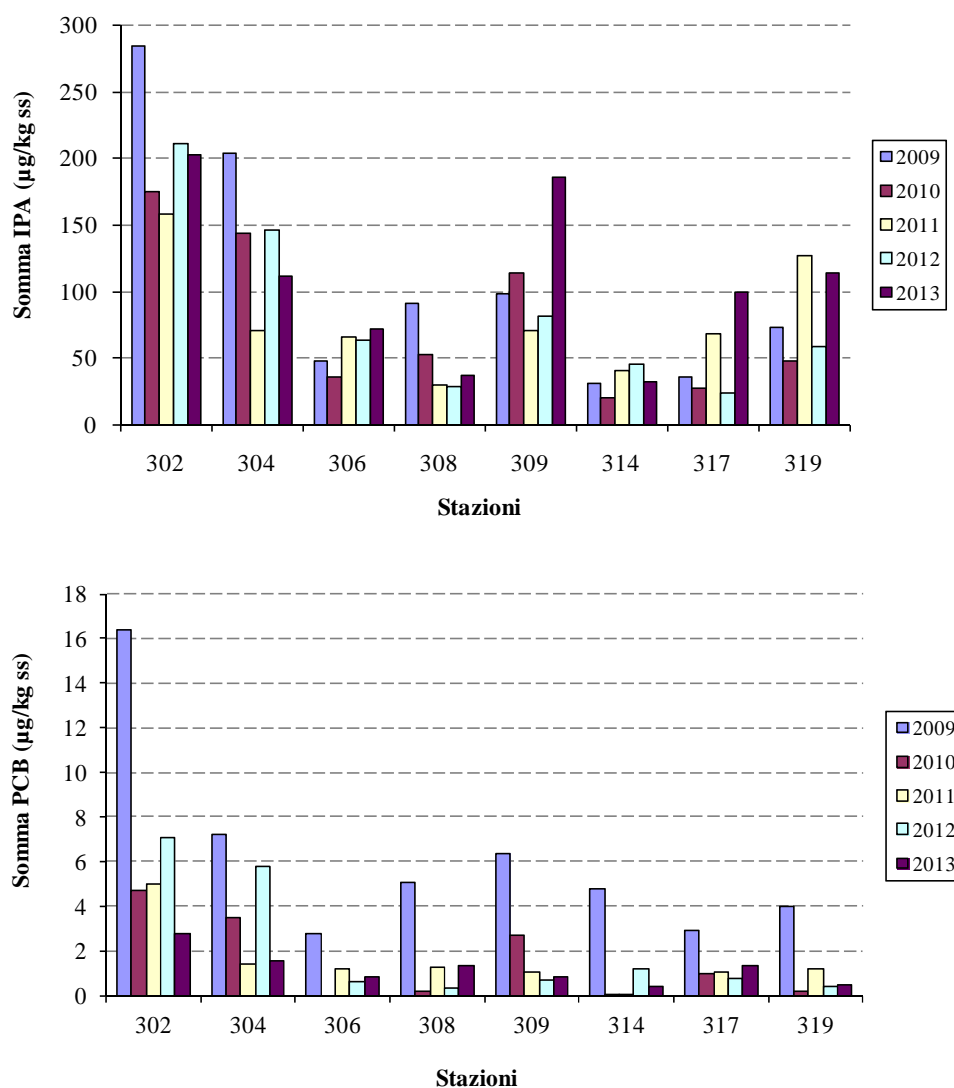


Figura 112 – Medie annuali della somma delle concentrazioni di IPA e PCB determinati sui sedimenti marini ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ss)

Diossine, Furani e PCB diossin like

Per le Diossine (CDD), i Furani (CDF) e i PCB diossin like, il D.M. 260/10 alla tab. 3/B definisce i congeneri più significativi da monitorare e lo standard di qualità da applicare ai sedimenti (TE 2 ng/kg ss).

In Figura 113 sono riportati i valori medi/anno della somma della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF) + PCB diossin like di ciascuna stazione indagata. Tali valori mostrano che non vi è stato superamento dell'SQA previsto dal D.260/10 (2 ng/kg ss).

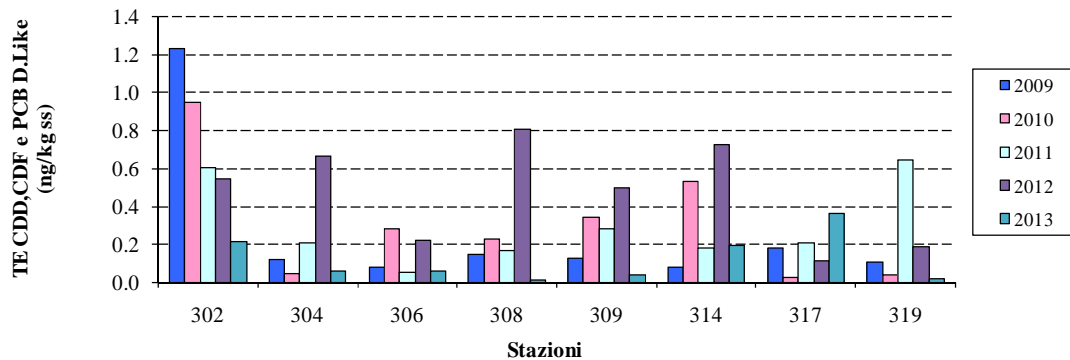


Figura 113 – Media annuale della somma del TE di CDD, CDF e PCB diossin like determinati sui sedimenti marini

5.2.5 Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sulle sostanze appartenenti all'elenco di priorità definiscono lo Stato Chimico delle acque marino costiere. Il D.M. 260/10 prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/A), nella matrice sedimento (tab. 2/A) e, opzionalmente, nel Biota (tab. 3/A).

5.2.5.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2012 è stata eseguita la ricerca delle sostanze di cui alla tab. 1/A del D.M. 260/10 per le quali si sono riscontrati superamenti degli Standard di Qualità Ambientale (SQA) (o valori molto prossimi al SQA) nel corso del monitoraggio effettuato nel 2011. Le stazioni interessate sono state le seguenti:

- stazioni 2 di Lido di Volano, 308 di Marina di Ravenna e 17 di Rimini, nelle quali è stato ricercato mensilmente il Difeniletero bromato (espresso come sommatoria dei congeneri 28, 47, 99, 100, 153 e 154);
- stazione 6 di Casalborgorsetti per il Di (2-etilesilftalato).

L'indagine si è conclusa con valori medio/anno di concentrazione inferiori al SQA di cui alla tab. 1/A del D.M. 260/10, per tanto non si è ritenuto necessario effettuare ulteriori ricerche nel 2013.

A partire da giugno 2014 verrà eseguita un'altra indagine di tutte le sostanze elencate nella tab. 1/A del D.M. 260/10 della durata di 3 anni con frequenza mensile.

Le stazioni interessate all'indagine, come nel 2011, sono 8 di cui 7 ubicate a 0.5 km dalla costa e 1 a 3 km.

5.2.5.b Sostanze ricercate nel sedimento

Gli inquinanti specifici ricercati nel sedimento per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 2/A del D.M. 260/10. Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti sono 8 e sono ubicate a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 5 e Tabella 4).

Nei paragrafi che seguono si riporta la media annuale della concentrazione degli inquinanti determinati sul sedimento.

Metalli: cadmio, nichel, piombo, mercurio e tributilstagno (TBT)

Nella Figura 114 si riporta la media annuale della concentrazione di alcuni metalli determinati sul sedimento. La serie storica di dati è di cinque anni consecutivi (dal 2009 al 2013).

Osservando la figura, si nota che valori medi/anno di concentrazione del cadmio e del piombo sono sempre inferiori allo SQA definito dal D.M. 260/10 (0.3 mg/kg per il Cadmio e 30 mg/kg per il Piombo) in tutto il periodo considerato.

Il nichel presenta valori medi/anno di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal D.M. 260/10 (30 mg/kg). È noto ed è stato dimostrato in alcuni lavori scientifici, che le concentrazioni elevate di nichel lungo la costa emiliano romagnola (come anche per altri metalli), non sono di origine antropica ma geologica e costituiscono il fondo naturale nei sedimenti per queste aree.

Nel sito della Regione Emilia-Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/metalli-pesanti/carta-pedogeochemica-cr-ni-zn-pb-cu-250-2012>) sono pubblicate le carte del fondo naturale relativa ad alcuni metalli (Cr, Ni, Zn, Cu, Pb). Nella carta del fondo

naturale del nichel si osserva che generalmente il fondo naturale lungo la costa regionale è maggiore 60 mg/kg.

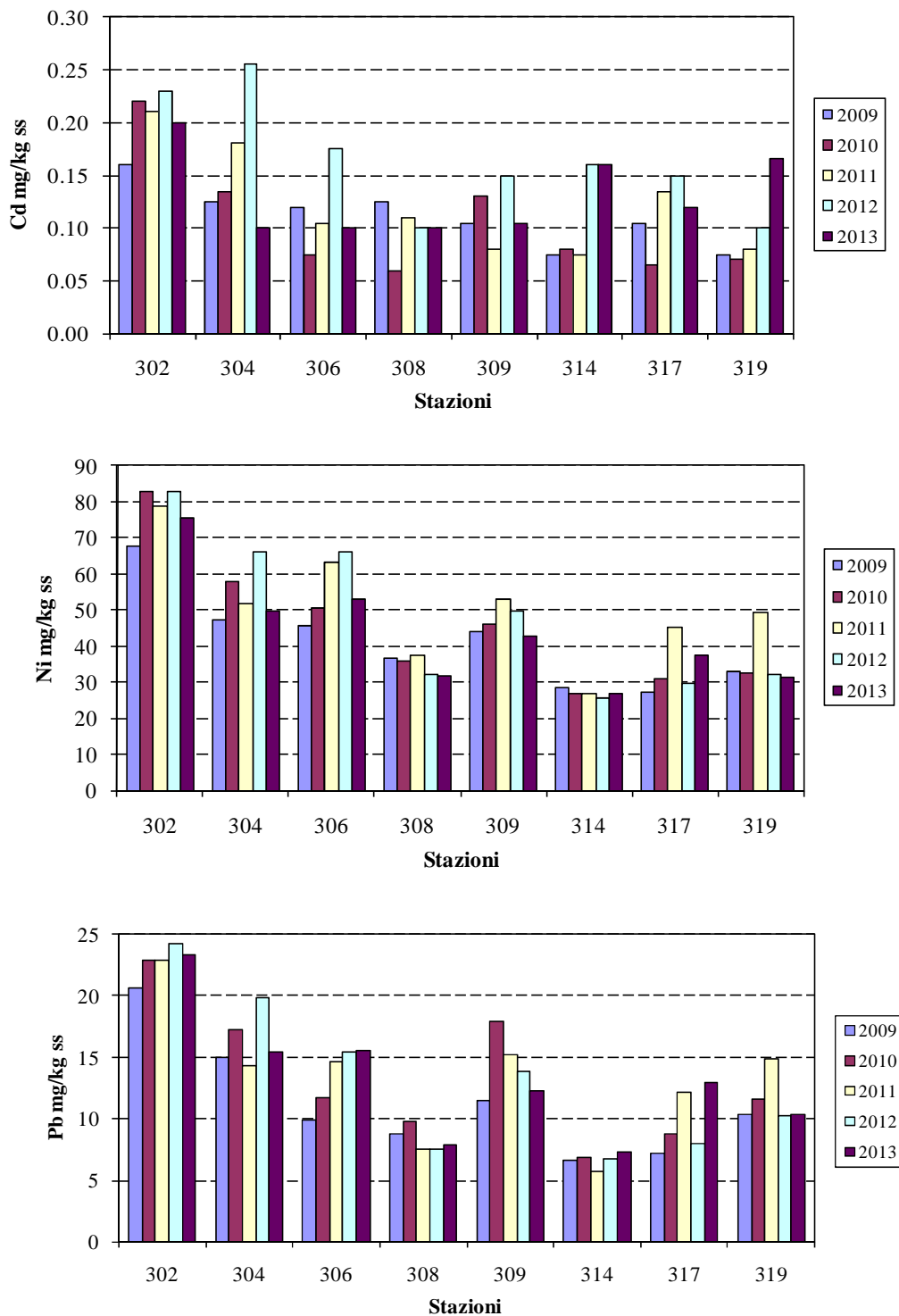


Figura 114 – Medie annuali del cadmio, nichel e piombo determinati sul sedimento

Meritano più attenzione i valori medi/anno del mercurio elaborati in Figura 115.

I valori medi/anno del mercurio delle stazioni 306 Casalborsetti, 309 Lido Adriano e 319 Cattolica e il valore medio/anno del TBT della stazione 308 di Marina di Ravenna relativi all'anno 2011, superano lo SQA di tab. 2/A del D.M. 260/10 (0.3 mg/kg ss e 5 µg/kg ss).

Tali valori sono da considerarsi comunque conformi alla tab. 2/A del D.M. 260/10 perché lo stesso Decreto ammette uno scostamento dal SQA pari al 20% ($SQA+20\% = 0.36 \text{ mg/kg ss}$ e $SQA+20\% = 6 \text{ µg/kg ss}$).

Nel 2012 e nel 2013, si osserva che tutti i valori medi/anno sono inferiori ai relativi SQA di cui alla tab. 2/A del D. 260/10.

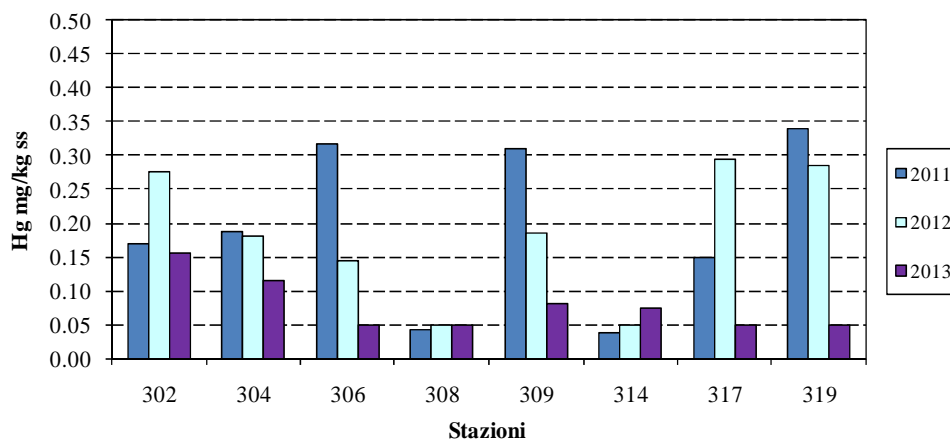


Figura 115 – Medie annuali del Mercurio determinato sul sedimento

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): alcuni parametri significativi

Nella Figura 116 si riportano le medie annuali delle concentrazioni degli IPA di cui alla tab. 2/A del D.M.260/10 determinati sui sedimenti marini prelevati nelle 8 stazioni d'indagine a 3 km di distanza dalla costa (vedi Tabella 5). Nella figura non si riporta il grafico relativo al naftalene in quanto i valori medi/anno di concentrazione sono tutti inferiori al limite di quantificazione strumentale e quindi abbondantemente al di sotto dello SQA definito dal D.260/10 .

La figura mostra, per ogni singola tipologia di IPA analizzata, un'evidente analogia. Il trend è altalenante e i valori medi/anno sono più elevati nelle due stazioni più a nord (302 di Lido di Volano e 304 di Porto Garibaldi) e nelle stazioni 309 di Lido Adriano e 319 di Cattolica.

In tutto il periodo analizzato (2009-2013) non si riscontrano valori medi/anno che superano gli SQA di cui alla tab. 2/A del D.M. 260/10.

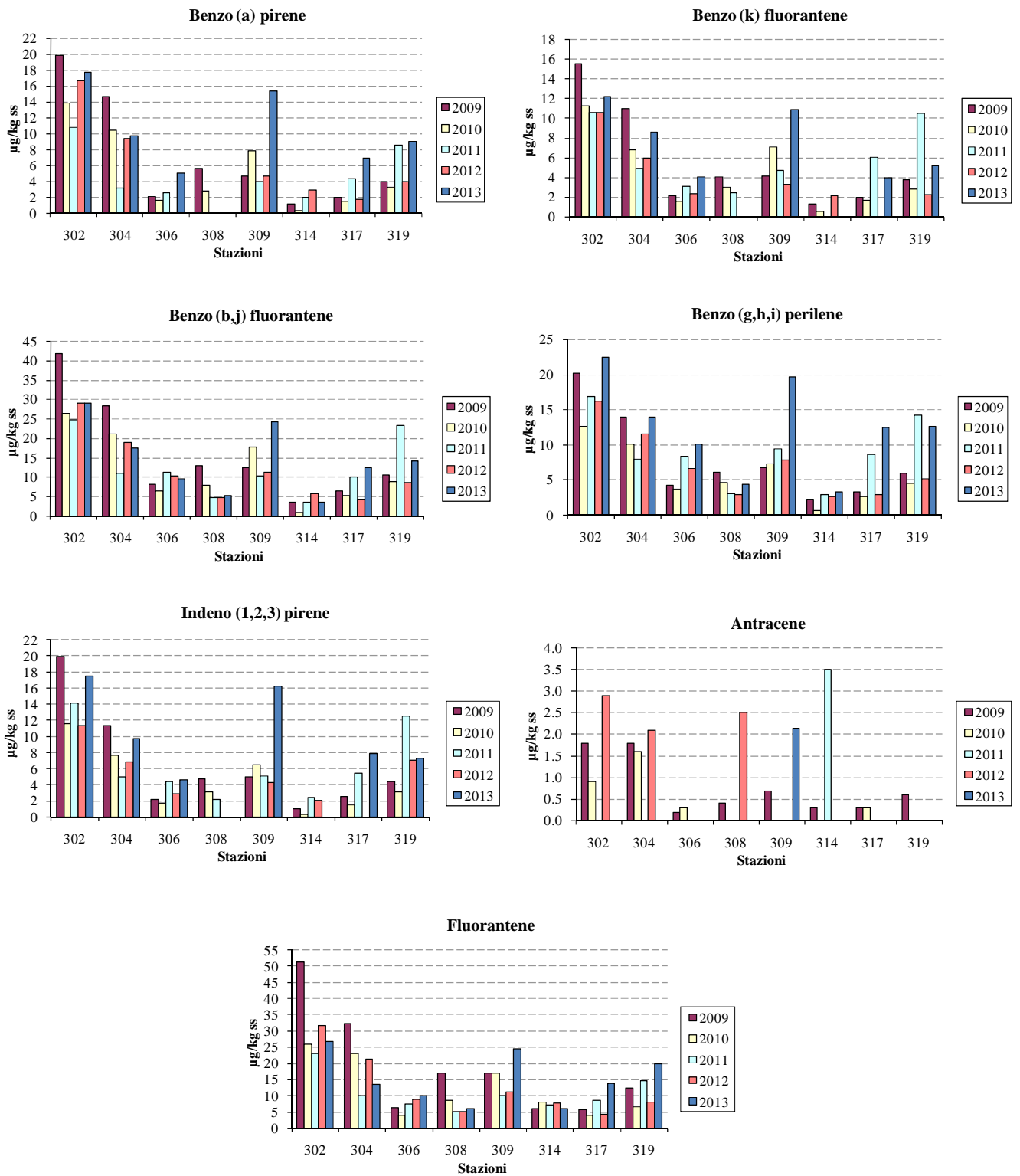


Figura 116 – Medie annuali delle concentrazioni dei Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) più significativi determinati sui sedimenti marini

Pesticidi

Nella tab. 2/A del D.M. 260/10 sono indicati i pesticidi da ricercare nei sedimenti marini e i relativi SQA. Le stazioni per le quali è stata effettuata la ricerca dei pesticidi sono 8 a 3 km dalla costa (vedi Tabella 5 e Tabella 4). Nel 2013, i valori di concentrazione di tutti i pesticidi sono inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni oggetto di indagine. L'unica eccezione è relativa al parametro DDE che è presente ma con valori di concentrazione bassi. Nel 2013 dunque non vi sono stati superamenti degli SQA della tab. 2/A del D.260/10 relativi ai pesticidi.

5.2.5.c Sostanze ricercate nel biota

Gli inquinanti specifici ricercati nel biota delle acque marino-costiere per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 3/A del D.M. 260/10 (Tabella 21). L'organismo di riferimento per le acque marino-costiere è il Mitile (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819). Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti di cui alla Tabella 21 sono 4 e sono ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è annuale (vedi Tabella 5 e Tabella 4).

La ricerca dei microinquinanti non è più eseguita dal 2011 in quanto, le ultime due indagini di accumulo di inquinanti specifici nel biota hanno restituito concentrazioni inferiori al limite di quantificazione strumentale o comunque molto inferiori al SQA definito dal D.M. 260/10.

Inoltre, il D.M. 260/10 definisce le indagini di accumulo sul biota come supplementari, che possono essere eseguite al fine di acquisire ulteriori elementi conoscitivi utili a determinare cause di degrado del corpo idrico e fenomeni di bioaccumulo.

Tabella 21 – Inquinanti specifici ricercati nel *Mytilus galloprovincialis*

Sostanze	SQA ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Mercurio e composti	20
Esaclorobenzene	10
Esaclorobutadiene	55

Nota: Gli Standard di Qualità nel mitile si applicano ai tessuti e si riferiscono al peso umido.

5.2.6 Test ecotossicologici

Le indagini ecotossicologiche interessano 8 stazioni a circa 3 km di distanza dalla costa con frequenza annuale (vedi Tabella 5 e Tabella 4).

I risultati di tali indagini sono utilizzati ad integrazione di quanto emerge dalla definizione dello stato chimico.

La valutazione dei risultati dei test ecotossicologici condotti con il batterio *Vibrio fischeri*, sia su elutriato che su sedimento centrifugato, hanno dato tossicità assente.

5.2.7 Direzione e altezza onde

La stazione di rilevamento è stata installata da ARPA 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 117). La boa è collocata a circa 8 km al largo di Cesenatico su un fondale di 10 m di profondità in una zona interdotta 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 sito <http://www.arpa.emr.it/sim/?mare/boa>.

I dati relativi all'altezza dell'onda, rilevati nel 2013, sono riportati in Figura 118. La distribuzione temporale dei dati mostra in genere la presenza di picchi massimi d'onda durante il periodo autunnale (novembre) e tardo inverno (febbraio-marzo).

Nella Figura 119 sono riportate le distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per il 2013 in due periodi dell'anno: autunno-inverno (da Settembre a Febbraio) e primavera-estate (da Marzo ad Agosto).

Nel periodo primaverile-estivo del 2013 non si osservano altezze significative dell'onda maggiori di 3 m, infatti i valori dell'altezza dell'onda risultano essere nella maggior parte dei casi circa il 93%, minori di 1 metro. Il valore più elevato, pari a 2.55 m, è stato rilevato il 25 Marzo alle ore 5:00 del mattino.

Nel periodo autunno-inverno del 2013 nell'87% dei casi si hanno valori di altezza dell'onda minori di 1 m, nel circa il 12% dei casi valori di altezza dell'onda compresi fra 1 e 3 m, ed infine in meno dell'1% valori di altezza dell'onda superiori a 3 metri concentrati in due intervalli temporali, tra mezzanotte del 2 Febbraio e le 4:00 del 3 Febbraio e tra le 1:30 dell'11 Novembre e le 5:30 del 12 Novembre.



Figura 117 – Boa Nausicaa posizionata in mare

ALTEZZA DELL'ONDA (m) - ANNO 2013

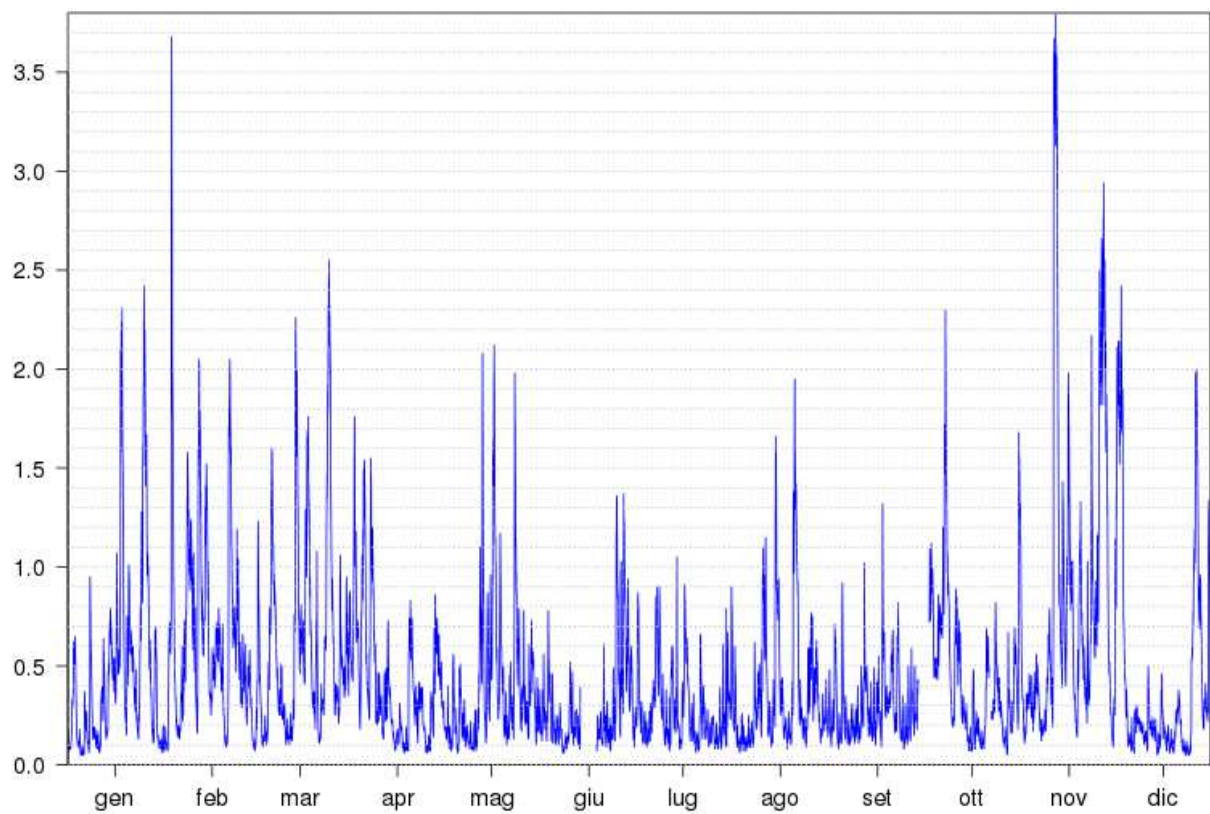


Figura 118 – Altezza delle onde (metri)

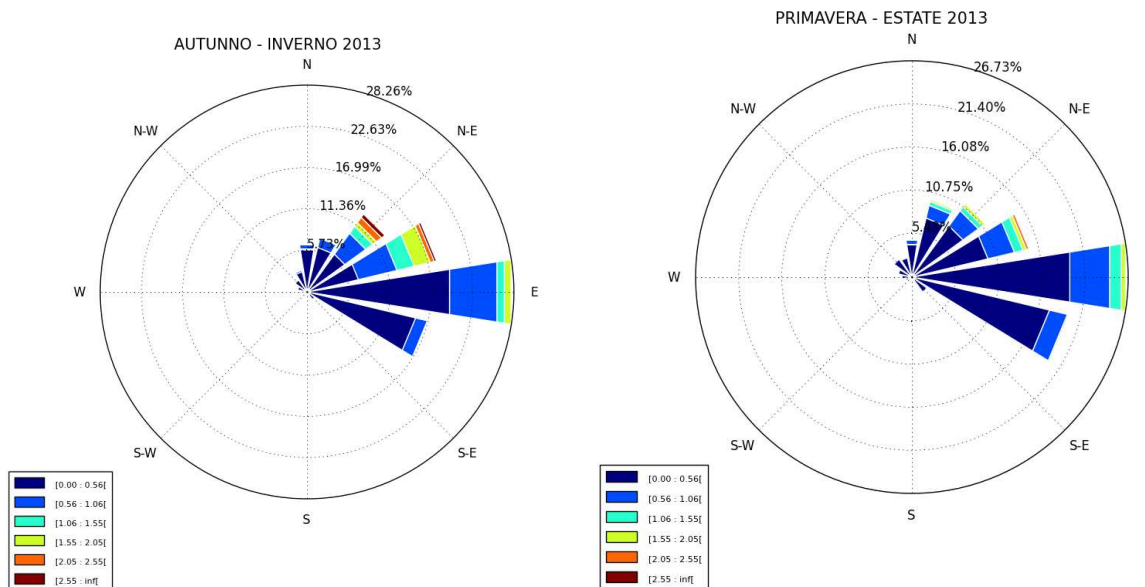


Figura 119 – Distribuzioni direzionali dell’altezza dell’onda (metri)

5.2.8 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM 9 dell’Aanderaa (Figura 120) 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 contenuta all’interno dello strumento, modello Data Storage Unit (DSU) 2990.



Figura 120 – Correntometro RCM 9 (Aanderaa)

Nei grafici di Figura 121 sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2013 per due periodi: autunno-inverno e primavera-estate. Da questi grafici si osserva che le direzioni prevalenti della corrente sono Nord-Ovest e Sud-Est; lungo queste direzioni si riscontrano inoltre anche i maggiori valori di velocità della corrente stessa. In particolare nel periodo Autunno-Inverno prevale la direzione Sud-Est in più del 18 % circa delle registrazioni, dove inoltre si osserva il massimo valore di corrente; in primavera-estate i massimi di velocità vengono riscontrati nelle direzioni Sud-Est e Nord-Ovest, con direzione prevalente Sud-Est per circa il 12% dei casi. La velocità della corrente è tendenzialmente minore o uguale a 0.1 m/s colore blu intenso (Figura 121), mentre i valori più intensi risultano essere poco superiori a 0.5 m/s durante il periodo autunno-inverno.

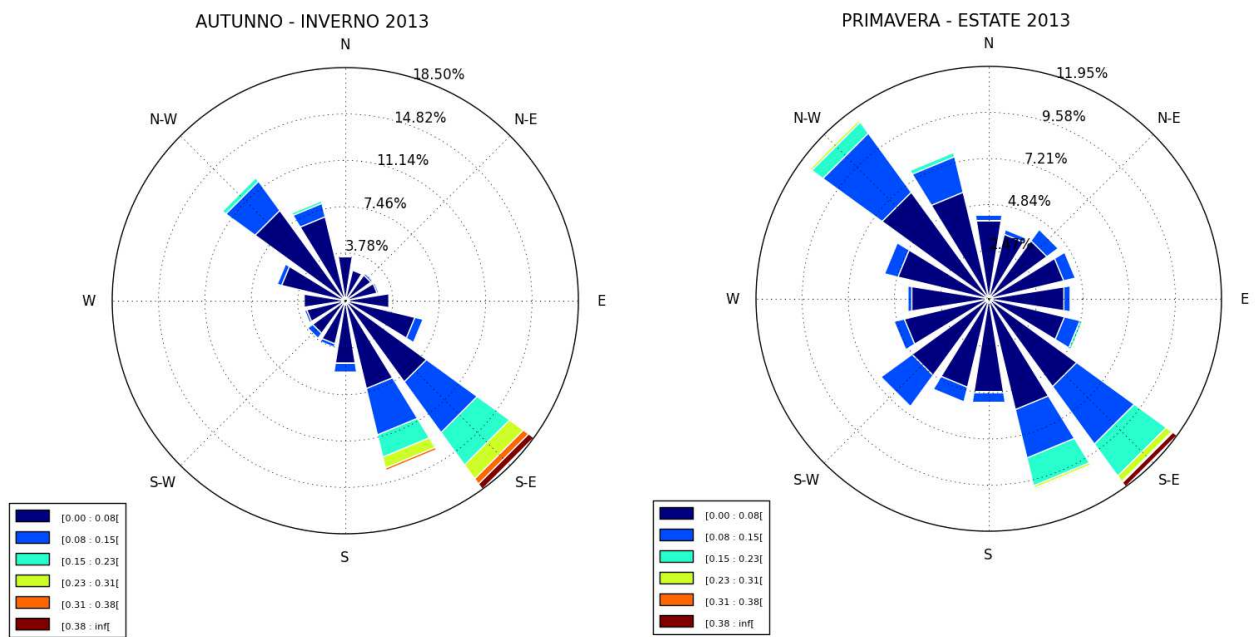


Figura 121 – Distribuzioni direzionali della corrente marina (m/s)

6 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 122).

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.Lgs152/06, è riportata in Figura 122. In collaborazione con le amministrazioni provinciali territorialmente competenti, 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), ogni amministrazione provinciale si rapporta autonomamente con le AUSL, le Sezioni provinciali di Arpa ed altri Enti per rispondere compiutamente a quanto richiesto dal D.Lgs152/06.

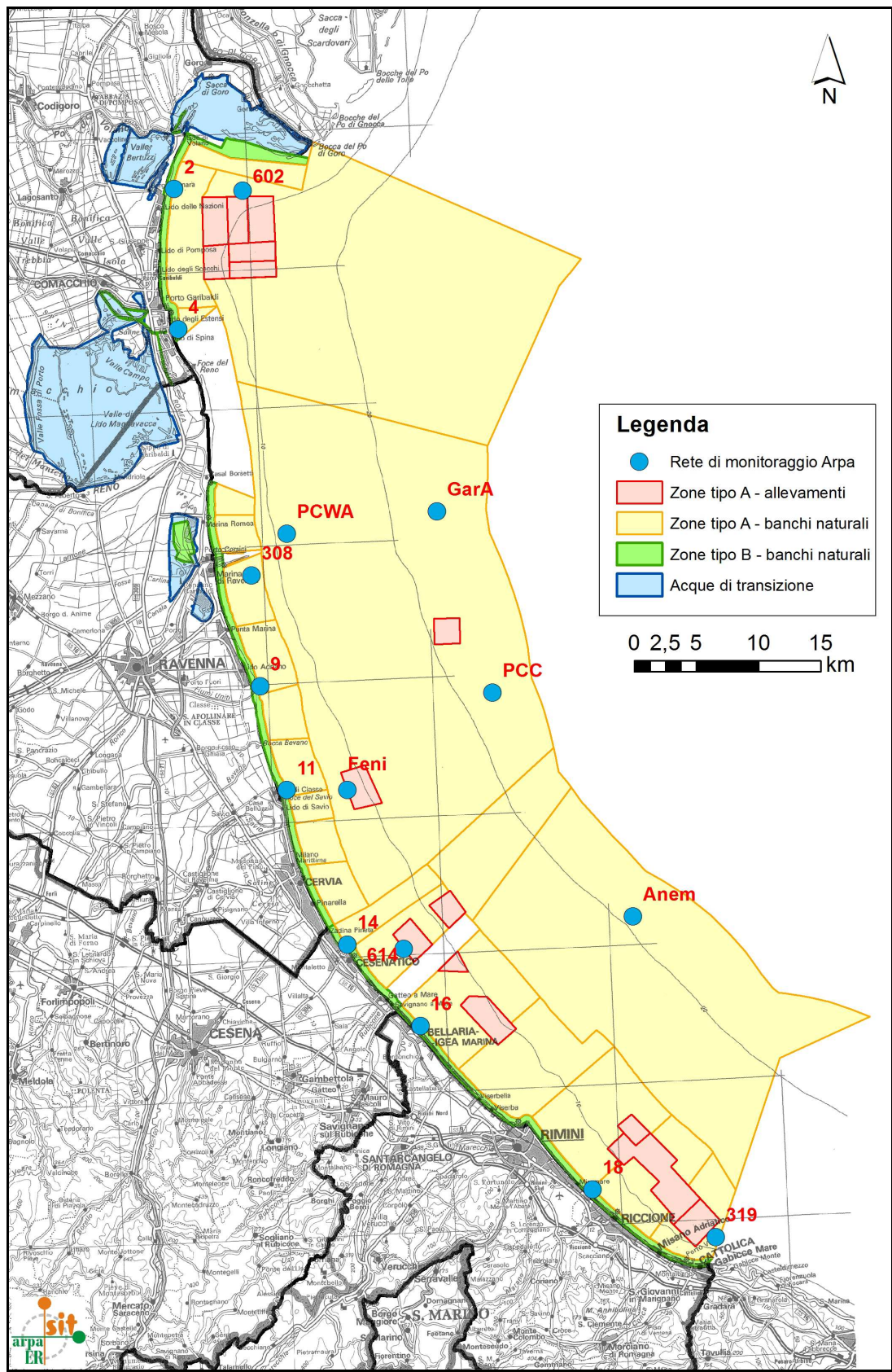


Figura 122 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (DGR 3/2/2014) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs152/06)

7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 PROLIFERAZIONE MACROALGHE

Nei mesi estivi del 2013 persistono per il quarto anno consecutivo, localizzate proliferazioni di Clorofite appartenenti alla classe delle Ulvophyceae. Nei mesi di luglio e agosto si sono verificati accumuli e spiaggiamenti lungo tutto il litorale emiliano romagnolo fino a Cattolica. In alcuni casi (Porto Garibaldi 08/07/2014) è stato possibile identificarne il genere che è risultato essere *Cladophora* sp., macroalga caratterizzata da un corpo (tallo) filamentoso (Figura 123c).

Gli accumuli sono stati segnalati nei pressi dei pennelli artificiali in prossimità di foci fluviali e degli arenili (Figura 123). In alcune aree si sono verificati accumuli e affioramenti anche in zone prive di strutture artificiali con buon ricambio di acqua.

7.2 EPISODI ANOSSICI

Nella seconda metà di luglio nel settore settentrionale in seguito ad eventi eutrofici si sono verificate anossie che in alcuni casi hanno provocato morie estese di organismi bentonici e pesci. Tale anomalia ambientale è risultata più evidente lungo la fascia dei primi 200 metri con spiaggiamento di pesci e molluschi a seguito di venti di Libeccio che hanno favorito la risalita di acque anossiche più profonde verso riva (fenomeno conosciuto come “upwelling”) (Figura 124).



Figura 123 – Affioramenti/spiaggiamenti di Ulvophyceae: a) Marina di Ravenna 9/8/2013, b) Lido di Savio 22/7/2013, c) particolare di *Cladophora* sp. prelevata a Porto Garibaldi 8/7/2013 fotografata al microscopio, d) al largo antistante Foce Reno 7/6/2013, e) Pinarella (Cervia) 28/7/2013



Figura 124 – Spiaggiamento di molluschi e pesci del 30/07/2013 (Porto Garibaldi)

Arpa - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: daphne@arpa.emr.it