



Regione Emilia-Romagna

Assessorato a difesa del suolo e della costa, protezione civile, politiche
ambientali e della montagna



Arpae

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

Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2015



SOMMARIO

PRESENTAZIONE	1
1 QUADRO NORMATIVO.....	3
2 QUADRO CONOSCITIVO	5
2.1 Il mare Adriatico: caratteristiche generali	5
2.2 La fascia costiera emiliano-romagnola	6
2.2.1 Le pressioni	6
2.2.2 La qualità delle acque marino costiere.....	8
2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	8
2.2.4 I corpi idrici	11
3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	13
3.1 Metodi di campionamento.....	13
3.1.1 Prelievo acqua.....	13
3.1.1.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	13
3.1.1.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi	13
3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	13
3.1.2 Prelievo sedimento.....	14
3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	14
3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche	14
3.1.3 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua	15
3.2 Metodi analitici	16
3.2.1 Matrice acqua.....	16
3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	16
3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi	17
3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton	17
3.2.2 Matrice sedimento.....	18
3.2.2.a Indagini chimico/fisiche	18
3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	18
3.2.2.c Indagini ecotossicologiche	19
3.2.2.d Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos.....	20
3.2.3 Matrice Biota	20
3.2.3.a Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici.....	20
3.2.4 Indagini meteo-marine	20
4 LO STATO TROFICO	21
4.1 Rete di monitoraggio	21
4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento	24
4.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo	26
4.3 Elaborazione bollettino.....	35
4.3.1 Parametri idrologici	37
4.3.1.a Temperatura.....	37
4.3.1.b Clorofilla "a"	49
4.3.2 Elementi nutritivi	54
4.3.2.a Azoto nitrico (N-NO ₃)	54
4.3.2.b Azoto nitroso (N-NO ₂)	58
4.3.2.c Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	61
4.3.2.a Azoto inorganico disciolto (DIN).....	64

4.3.2.b	Azoto totale (N tot).....	66
4.3.2.c	Fosforo reattivo (P-PO ₄).....	68
4.3.2.d	Fosforo totale (P tot).....	73
4.3.2.e	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	77
4.3.2.f	Rapporto N/P (frazione solubile).....	79
4.4	Definizione dello Stato Trofico	81
4.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	81
4.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	85
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	87
5.1	Rete di monitoraggio	87
5.2	Analisi dei risultati.....	91
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	91
5.2.1.a	Fitoplancton.....	91
5.2.2	Macrozoobenthos	110
5.2.3	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici.....	120
5.2.3.a	Elementi di qualità chimico-fisica.....	120
5.2.3.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti.....	129
	Granulometria.....	129
	Carbonio Organico Totale (TOC).....	130
5.2.4	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità.....	132
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	132
5.2.4.b	Sostanze ricercate nei sedimenti.....	132
5.2.5	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	136
5.2.5.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	136
5.2.5.b	Sostanze ricercate nel sedimento.....	136
5.2.5.c	Sostanze ricercate nel biota	138
5.2.6	Test ecotossicologici.....	138
5.2.7	Direzione e altezza onde	140
5.2.8	Direzione e velocità delle correnti marine	142
5.3	Lo Stato Ecologico	145
5.4	Lo Stato Chimico	147
5.5	Lo Stato Ambientale.....	149
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	150
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	152
7.1	Recupero Motonave turca gokbel.....	152
7.2	Spiaggiamenti tartarughe.....	153
7.3	Fioriture di noctiluca scintillans.....	155
7.4	Meduse.....	156
7.5	Piante acquatiche verdi flottanti.....	157
7.6	Episodi anossici	158

HANNO CONTRIBUITO:

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Enza Bertaccini

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Claudio Silvestri
Cristina Mazziotti

Determinazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Enza Bertaccini

Indagini ecotossicologiche:

Cristina Mazziotti
Paola Martini
Samantha Lera

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
Marco Elementi
Carla Rita Ferrari

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpae - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

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

Si ringraziano per la collaborazione i Comandanti Pagan Dino e Vittorino Brandi, ed il Motorista Papperini Marco del Battello Oceanografico "Daphne II".

PRESENTAZIONE

Il Rapporto annuale 2015 sullo stato ambientale delle acque marine testimonia l'interesse della Regione per le attività di studio e monitoraggio sull'ecosistema dell'Adriatico. Il patrimonio di conoscenze acquisito è fondamentale per tracciare un quadro completo e aggiornato dei fenomeni in corso ed è alla base delle strategie di intervento e difesa per mitigare criticità ricorrenti e processi indesiderati, come l'eutrofizzazione. Lo stato dell'ecosistema marino è variabile e fortemente influenzato dalle condizioni meteorologiche. Il Rapporto contiene la distribuzione spaziale e temporale delle fenomenologie e le tendenze di lungo periodo dei vari parametri rilevati: elementi importati per misurare l'efficacia delle azioni intraprese e per una corretta comunicazione. Viene posto sul tavolo 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: si tratta di un insieme di riferimenti fondamentali anche per consentire alle Pubbliche Amministrazioni di pianificare in modo efficace gli interventi da attuare e di misurarne i risultati. Come si evince leggendo il Rapporto, lo stato ambientale delle nostre acque costiere nel 2015 è buono. Significative fioriture microalgali si sono manifestate in tutta l'area monitorata solo ad inizio marzo e a fine dicembre. Localmente, e in modo circoscritto alla zona settentrionale, si sono registrate condizioni eutrofiche che hanno favorito la formazione di aree dallo scarso contenuto di ossigeno negli strati a ridosso dei fondali, con conseguente spiaggiamento di pesci e organismi in agosto. Nemmeno nel 2015 si evidenziano casi di inquinamento nei controlli effettuati sull'acqua e sui sedimenti. Da sottolineare il recupero della motonave Gokbel, affondata il 28 dicembre 2014 a circa 3 miglia dall'imboccatura del porto di Ravenna in seguito alla collisione con la motonave Lady Aziza. Le operazioni, svolte in collaborazione con gli Enti Locali e il Ministero Ambiente, si sono concluse il 18 agosto e sono avvenute con modalità e tempi degni di nota, senza alcun costo per la collettività. Arpae (Struttura Daphne e Sezione Provinciale Ravenna) ha svolto attenti monitoraggi e controlli ambientali: tutte le verifiche hanno evidenziato l'assenza di impatti ambientali. Ogni anno, quindi, il Rapporto ci restituisce una conoscenza che arricchisce di nuovi e interessanti tasselli il quadro di cui disponiamo su una delle nostre più grandi ricchezze: il mare. Si tratta di un apporto di informazioni fondamentale sia dal punto di vista strettamente ambientale che economico. La qualità dell'ecosistema è il vero biglietto da visita per un territorio. Non solo. Ecosistemi sani e produttivi sono il presupposto di quella crescita blu che l'Europa ci indica come obiettivo e che l'Emilia-Romagna è impegnata a realizzare.

Paola Gazzolo

Assessore a difesa del suolo e della costa, protezione civile, politiche ambientali e della montagna

1 QUADRO NORMATIVO

Il DLgs 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 DLgs 152/99 e s.m.ei. è stato abrogato dal successivo DLgs 152/06.

Il DLgs 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 DM 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 DLgs 152/06 (che recepisce la Direttiva 2000/60/CE e abroga integralmente il precedente DLgs 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 DM 367/03 alla tab.2 e concorrono anch'esse alla definizione dello Stato Chimico.

Con il DM 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 DLgs 152/06, art.75, comma 3. Il DM 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 DM 367/03 alla tab.2 e all' All.1 del DLgs 152/06.

Un altro decreto attuativo del DLgs 152/06, precedente al DM 56/09, è il DM 131/08 recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici per la modifica delle norme tecniche del DLgs 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 DM 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 DLgs 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 DLgs 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 acqueea 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.

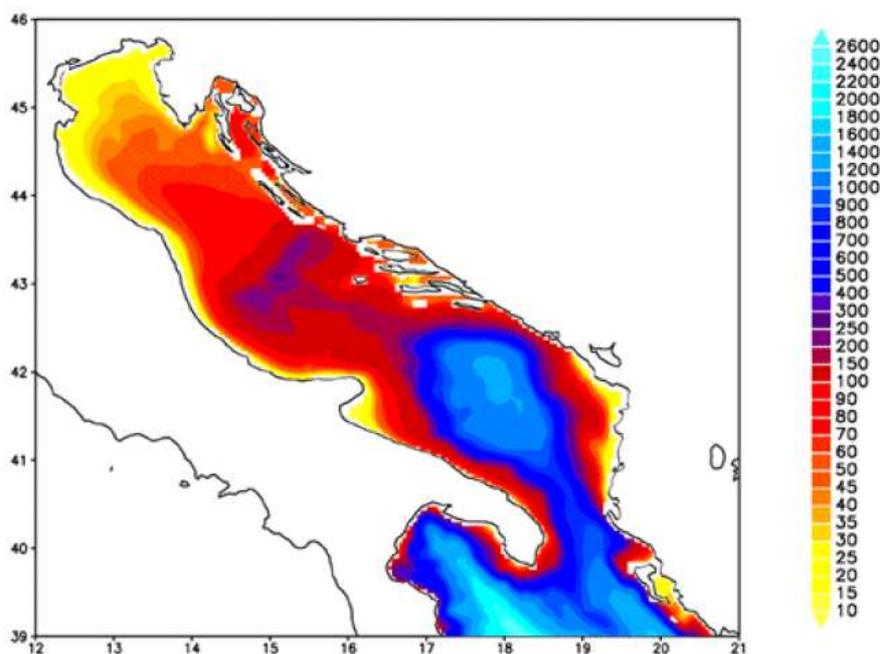


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

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).

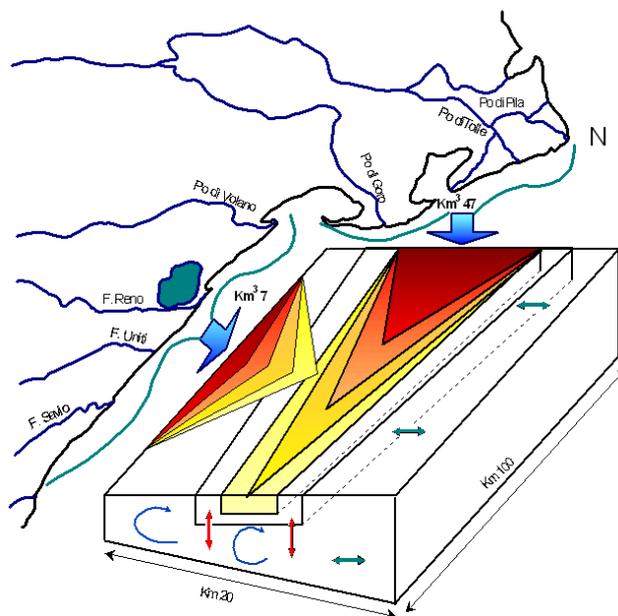


Figura 2 - Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

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).

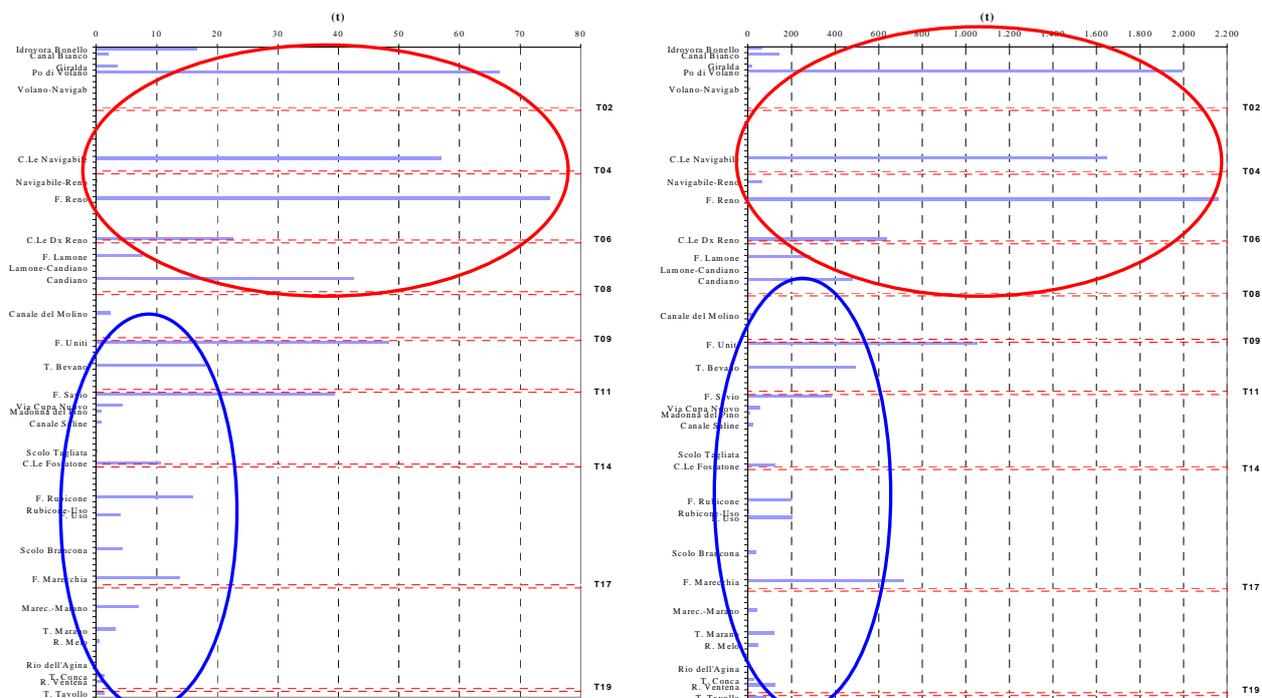


Figura 3 - Carichi di fosforo (diagramma a sinistra) e di azoto (diagramma a destra) sversati dalle varie immissioni lungo la costa-totale annuo

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.

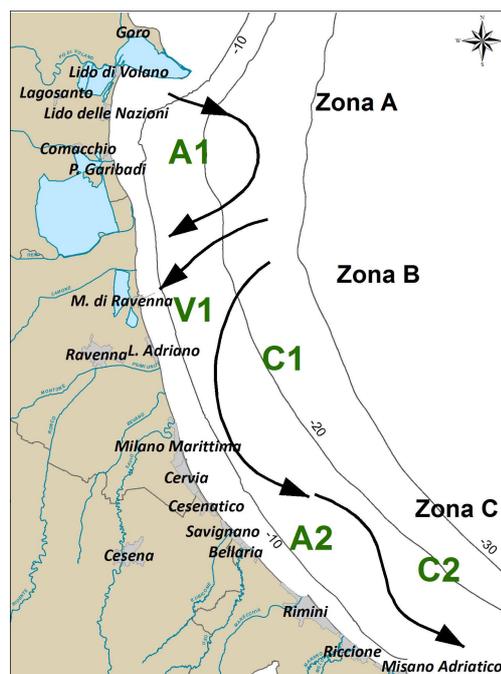


Figura 4 - Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie

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.



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

Figura 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 bentos marino mediterraneo con il contributo di APAT, SIBM, ICRAM in *Biologia marina mediterranea* Vol. 10 (suppl.).

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

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

L'indagine consiste nella:

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

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

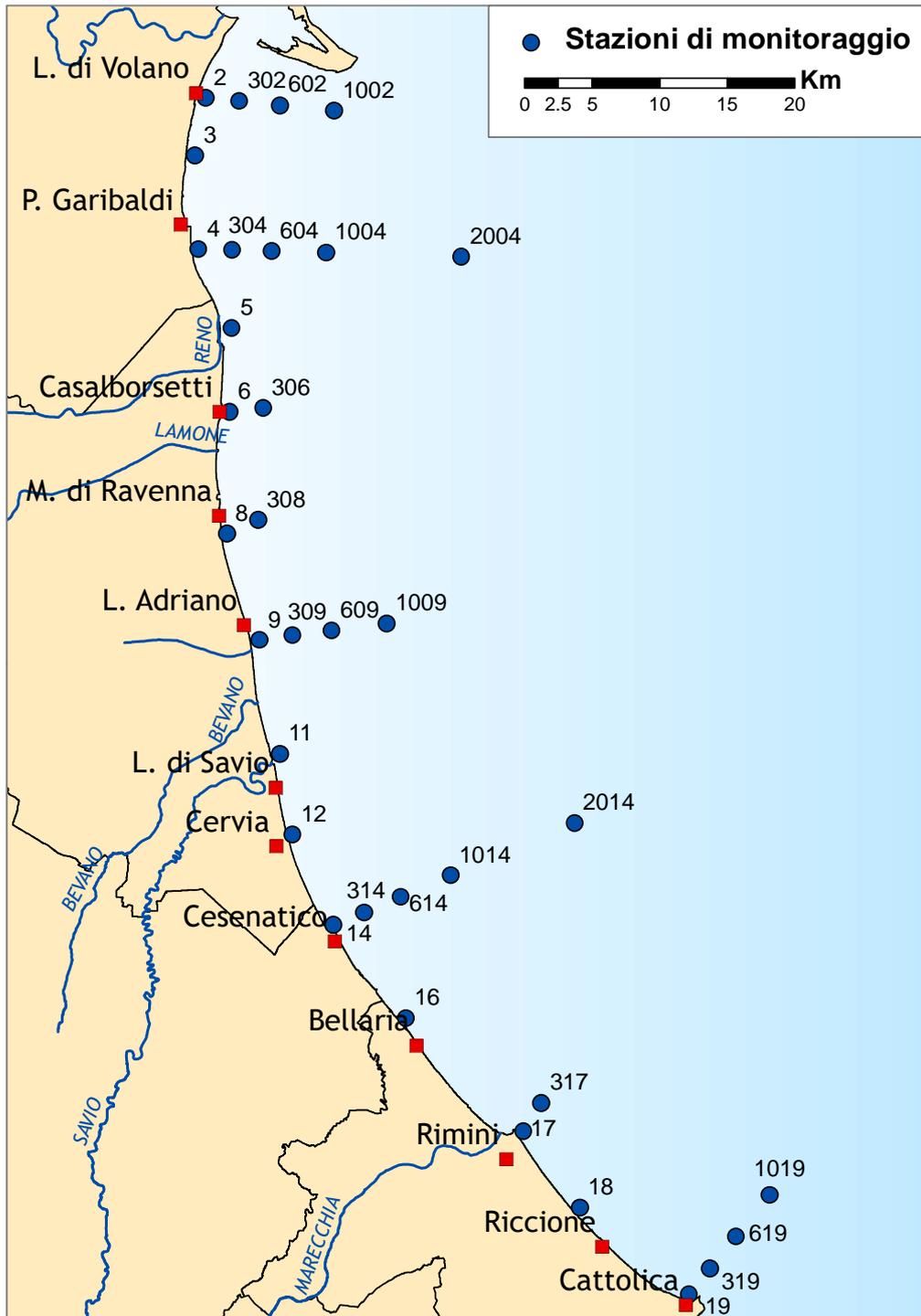


Figura 7 – Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)

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

Nel 2015 la condizione ambientale dell'ecosistema costiero si è mantenuta buona per la maggior parte dell'anno. Eventi meteorologici e apporti di acque dolci hanno condizionato in alcuni momenti l'ambiente marino sia in costa che al largo.

La zona settentrionale rimane sempre quella più direttamente influenzata dagli apporti provenienti dal bacino padano che, anche quando le portate sono basse, contribuiscono ad alimentare e sostenere la produttività dell'area nord occidentale dell'Adriatico.

I controlli ad inizio anno hanno rilevato una buona qualità ambientale sia a nord che a sud, con bassi valori di clorofilla "a", salinità elevata nei primi strati e buona ossigenazione lungo tutta la colonna anche a ridosso del fondale. I valori di temperatura si sono attestati in media intorno agli 8°C.

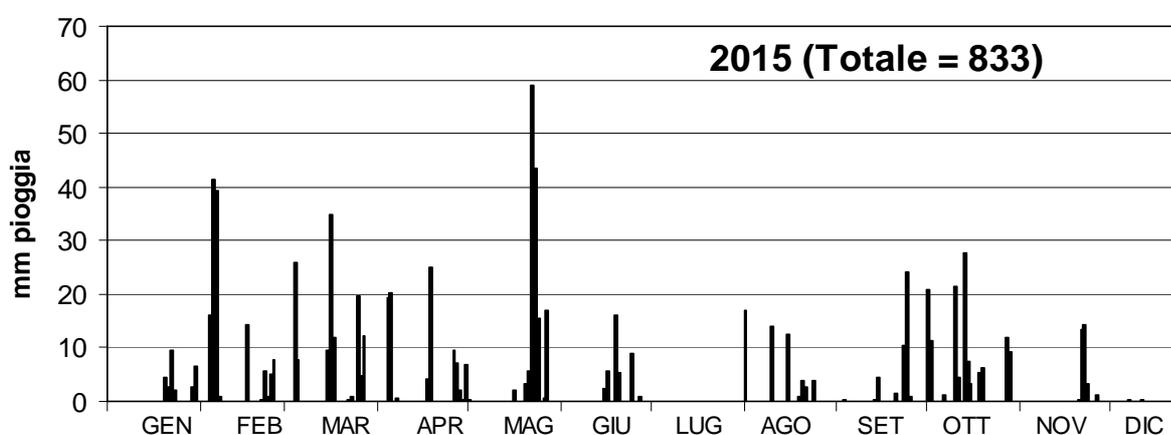


Figura 8 – Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

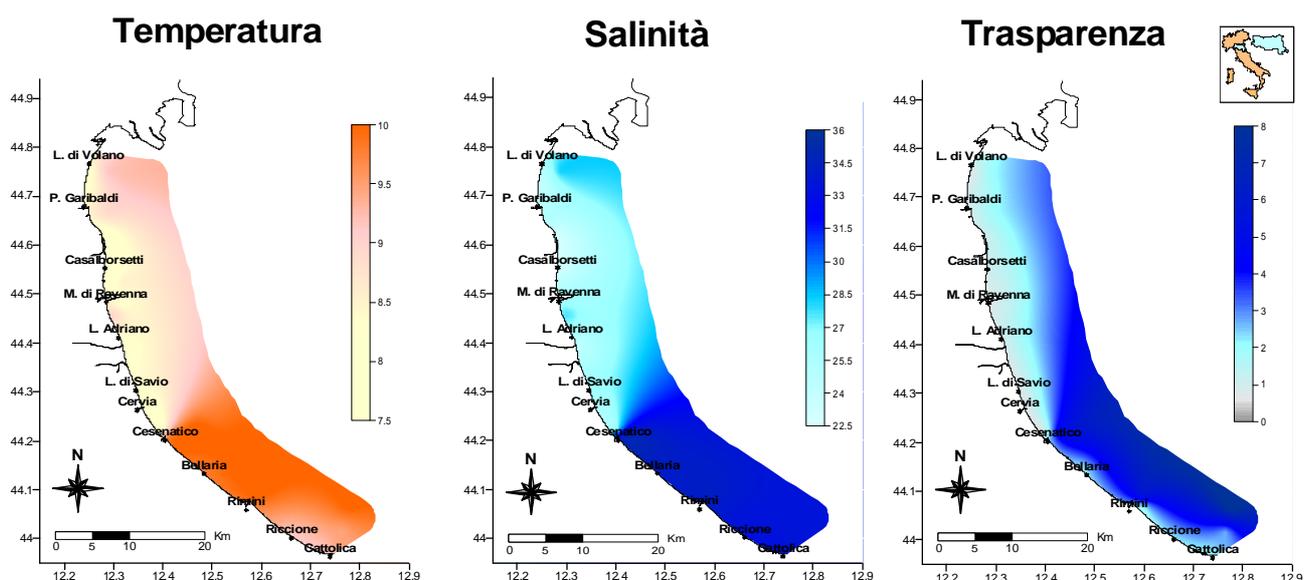


Figura 9 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C), salinità (psu) e trasparenza (m) rilevata da costa fino a 10 km al largo il 21-27 gennaio

A inizio febbraio, precisamente il 5 e 6, si è verificato su tutta la regione Emilia Romagna un eccezionale evento meteorologico che ha prodotto abbondanti nevicate fino a quote di pianura sul territorio emiliano e precipitazioni a carattere di pioggia sul territorio ferrarese e sulla Romagna determinando piene dei fiumi romagnoli e degli affluenti di destra del Reno.

Contemporaneamente alle intense precipitazioni si sono verificate anche forti mareggiate lungo tutta la costa a causa dell'instaurarsi di un'intensa circolazione proveniente da est. Forti venti di bora (Cesenatico: raffica massima pari a 86 km/h registrata alle ore 6 del 6 febbraio) e condizioni di mare molto agitato, con altezze dell'onda sotto costa superiori a 4 metri. La boa ondometrica Nausicaa posizionata al largo di Cesenatico ha registrato il giorno 6 un'altezza significativa di onda massima pari a 4.66 metri alle ore 08 della mattina (Figura 112). Dal 2007, anno di messa in funzione della boa ondometrica, è l'altezza più elevata mai registrata.

Precipitazioni intense si sono verificate anche in provincia di Rimini con cumulate di precipitazioni nei due giorni dell'evento > 100 mm.

Tutto ciò ha portato ad un apporto considerevole di acque dolci in ambiente marino contribuendo notevolmente a diluire le acque in superficie in tutte le stazioni, sia in costa che al largo (Figura 10). Anche il bacino padano ha di fatto immesso cospicue quantità di acque fluviali: la portata media nel mese di febbraio è stata di 2172 mc/sec (Figura 27). Contemporaneamente si è registrata anche una diminuzione di temperatura in superficie ed un aumento della torbidità a causa della presenza di materiale detritico trasportato a mare dai fiumi e rimescolato lungo la colonna a seguito delle forti mareggiate.

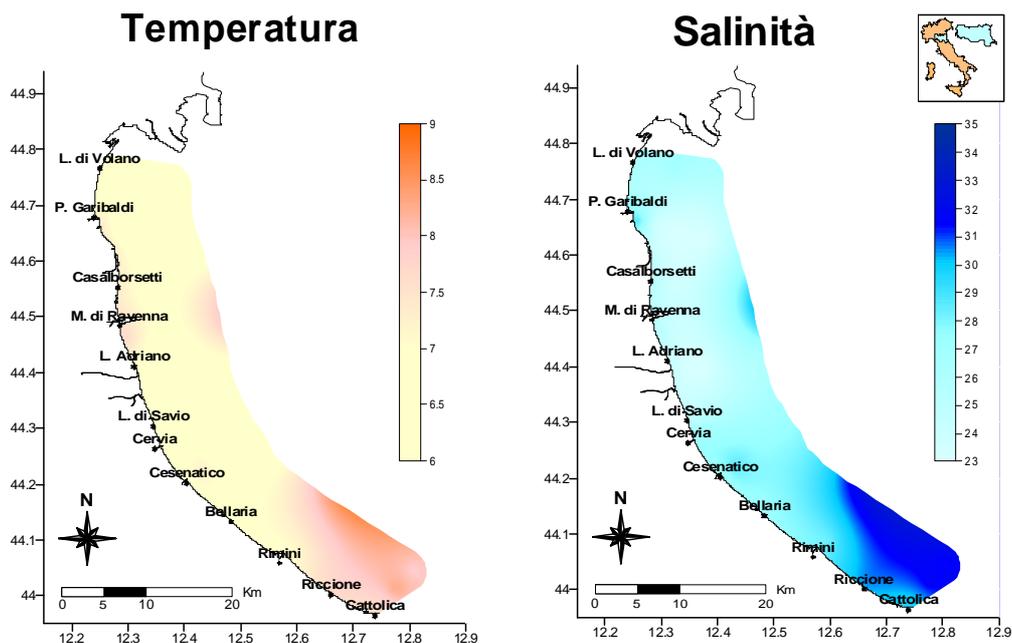


Figura 10 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e salinità (psu) rilevato da costa fino a 10 km al largo il 10-11 febbraio

L'apporto di acque dolci ha concorso ad immettere in mare enormi quantità di elementi nutritivi che hanno portato ad un aumento della produttività dell'ecosistema marino lungo tutta la costa emiliano romagnola. Si sono infatti registrati durante il monitoraggio del 3-4 marzo aumenti delle concentrazioni di clorofilla "a" sia nella zona settentrionale che in quella centro meridionale. Fioriture microalgali rilevate nelle acque marine hanno evidenziato la presenza in particolare di Diatomee (*Skeletonema* spp.) che hanno conferito alle acque una colorazione verde marrone e ne hanno aumentato la torbidità con conseguente diminuzione della trasparenza sia in costa che al largo (Figura 11).

I dati di ossigeno disciolto evidenziano valori nella norma sul fondo mentre in superficie raggiungono valori di sovrasaturazione dovuti all'intensa attività metabolica della componente fitoplanctonica (Figura 12).

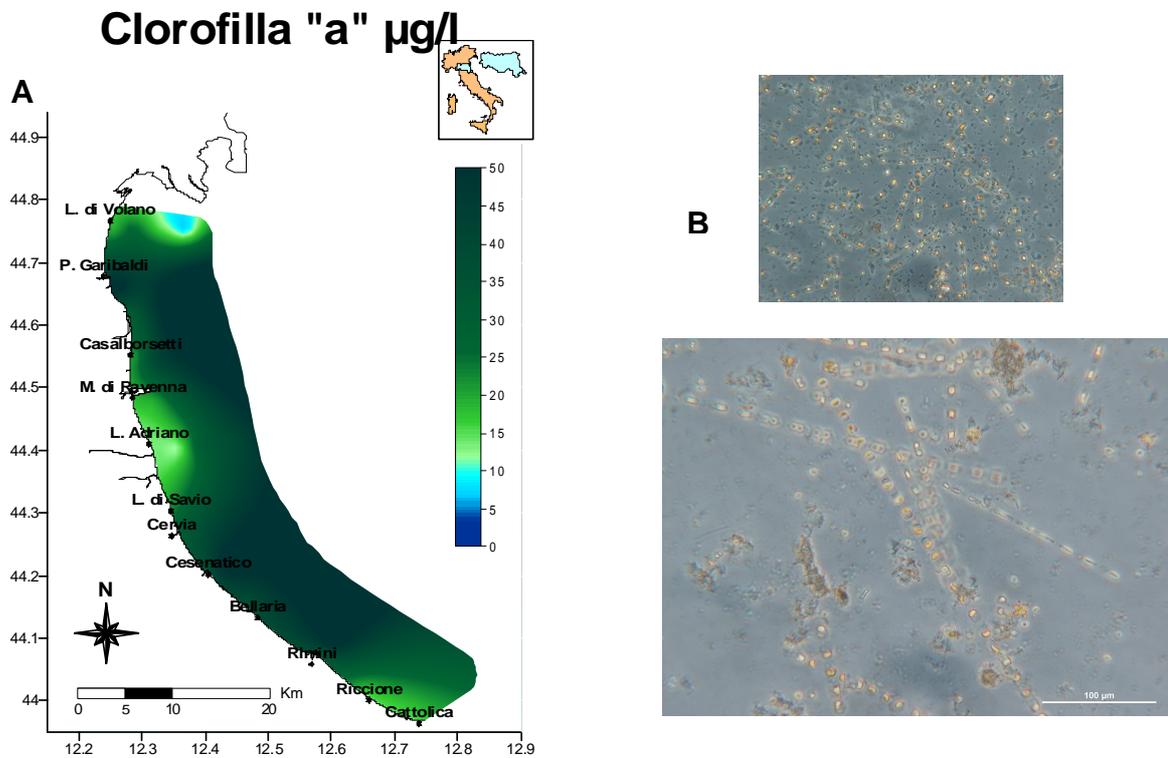


Figura 11 – A) Mappe di distribuzione della clorofilla “a” rilevata da costa fino a 10 km al largo il 03-04 marzo; B) *Skeletonema* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

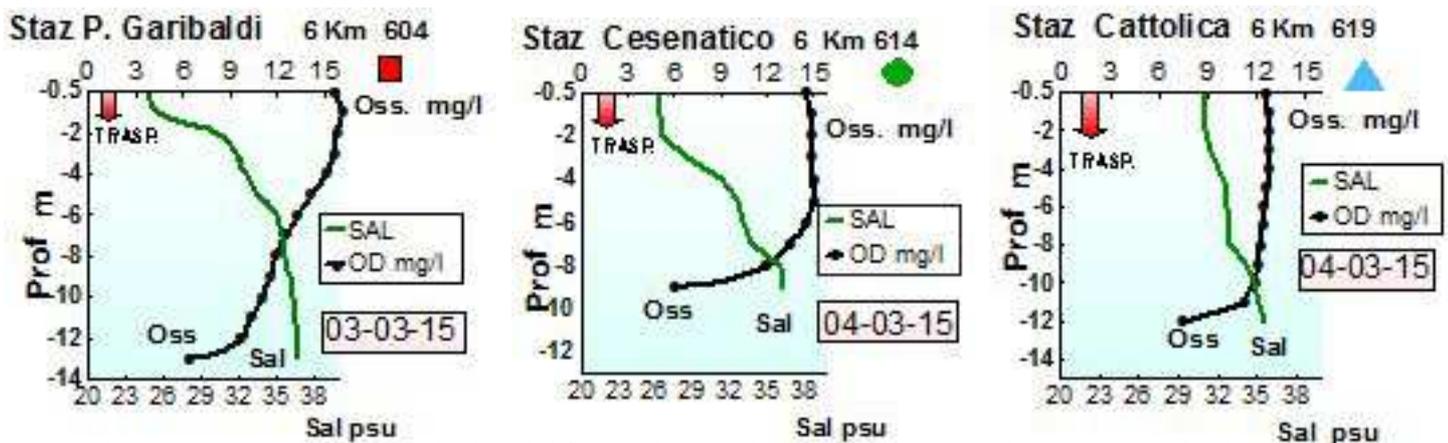


Figura 12 – Profili verticali di salinità e ossigeno disciolto nelle stazioni a 6 km (P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica) rilevate durante il monitoraggio del 3-4 marzo

Dal mese di aprile fino alla prima settimana di giugno si è osservato il perdurare, nella zona settentrionale, di una condizione ambientale eutrofica caratterizzata da concentrazioni di clorofilla “a” superiori a 10 µg/l, bassi valori di salinità nei primi strati lungo la colonna (Figura 13) e limitata trasparenza. Il continuo apporto di acque dolci dal bacino padano è confermato dalle portate registrate a Pontelagoscuro (Figura 27) con valori medi ad aprile di

1505 mc/sec ed a maggio di 1890 mc/sec. L'apporto fluviale oltre a mantenere diluite le acque superficiali contribuisce ad immettere in ambiente marino elementi nutritivi che alimentano e sostengono la comunità fitoplanctonica. A maggio giornate di pioggia verificatesi sulla regione Emilia Romagna, con un massimo di 43.6 mm di pioggia caduta rilevata il giorno 23 (Figura 8), hanno contribuito ad incrementare anche le portate dei bacini costieri. Lo sviluppo microalgale, in particolare di *Skeletonema* spp. specie appartenente al gruppo delle Diatomee, ha portato ad un aumento della torbidità delle acque lungo la colonna ed ad una caratteristica colorazione verde marrone.

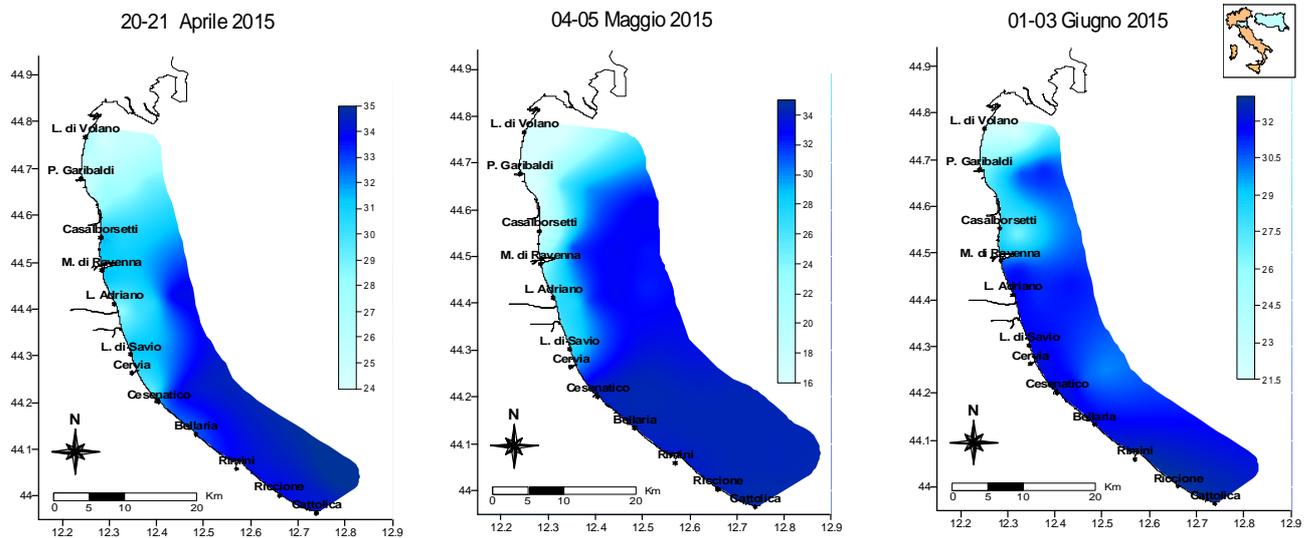


Figura 13 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) in alcuni monitoraggi di aprile, maggio e giugno 2015

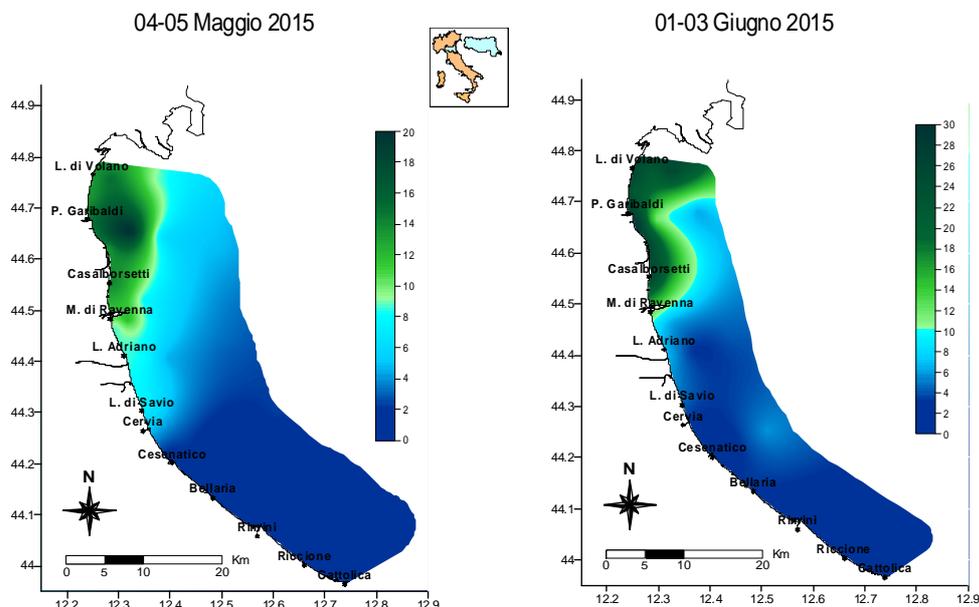
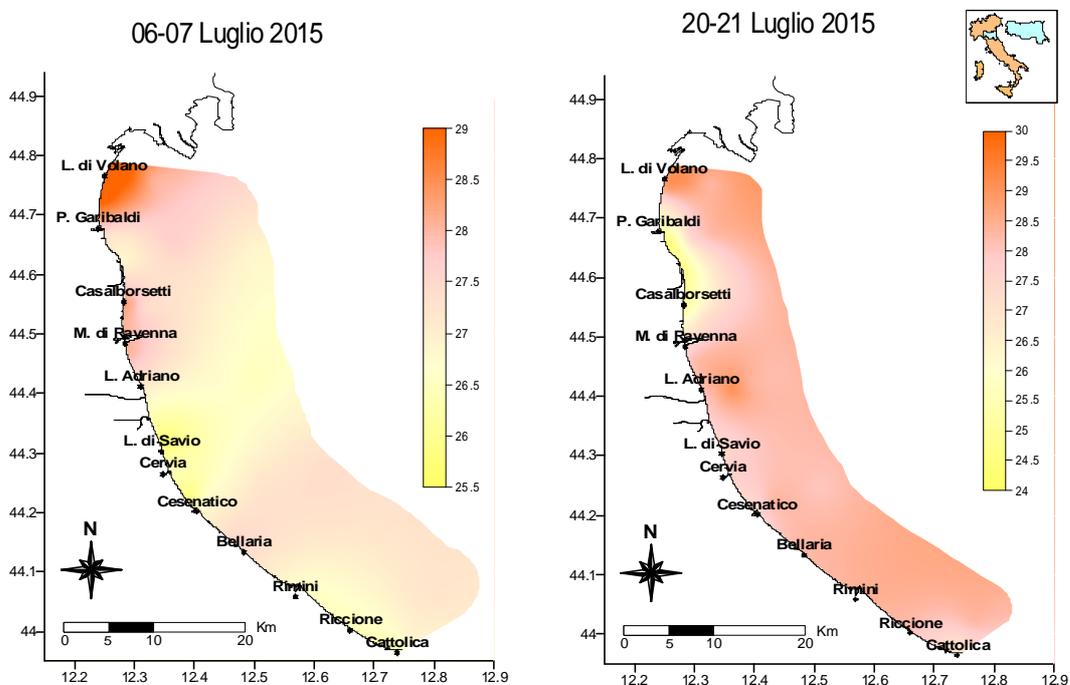


Figura 14 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) nei monitoraggi del 04-05 maggio e 01-03 giugno

Il mese di luglio si è contraddistinto per temperature atmosferiche alte, precipitazioni assenti e bassi apporti dai bacini costieri in particolare da quello padano. Tutto questo ha contribuito ad un aumento delle temperature delle acque superficiali, alla formazione di termoclini lungo la colonna d'acqua e ad un generale miglioramento della qualità ambientale lungo tutta la fascia costiera.

Temperatura



Salinità

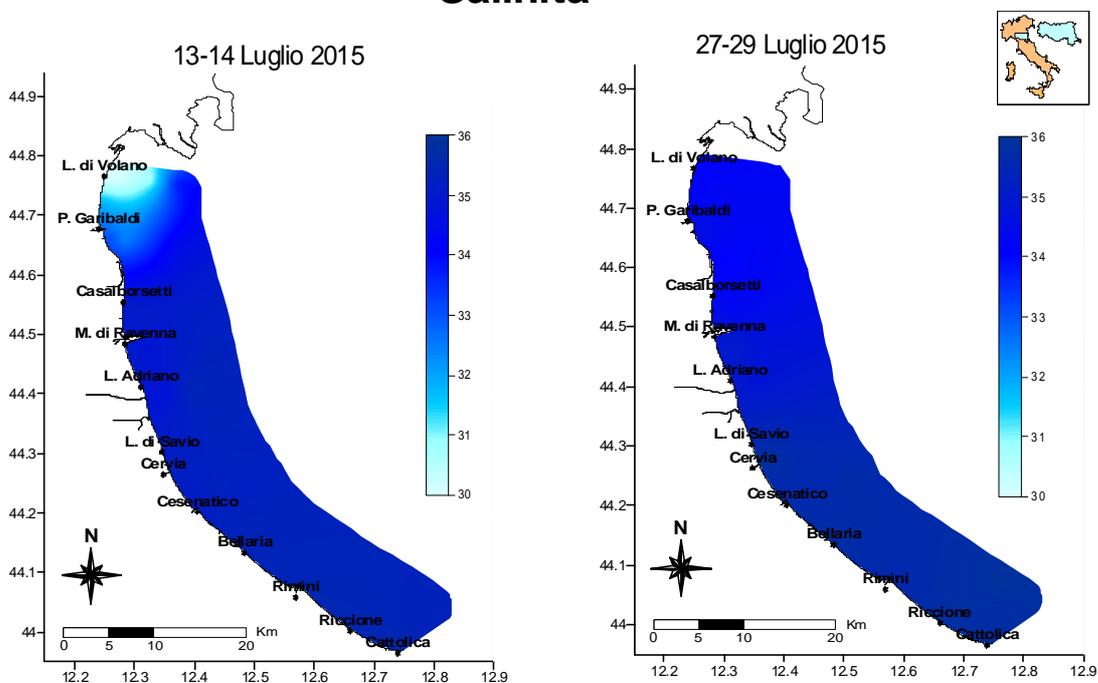


Figura 15 - Mappe di distribuzione della temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e della salinità in alcuni monitoraggi del mese di luglio

Durante le attività di monitoraggio eseguite nel mese di luglio si sono rilevati bassi valori di clorofilla “a” ed un’elevata trasparenza delle acque non solo nella zona meridionale ma anche in quella centro settentrionale sia in costa che al largo (Figura 16).

Trasparenza

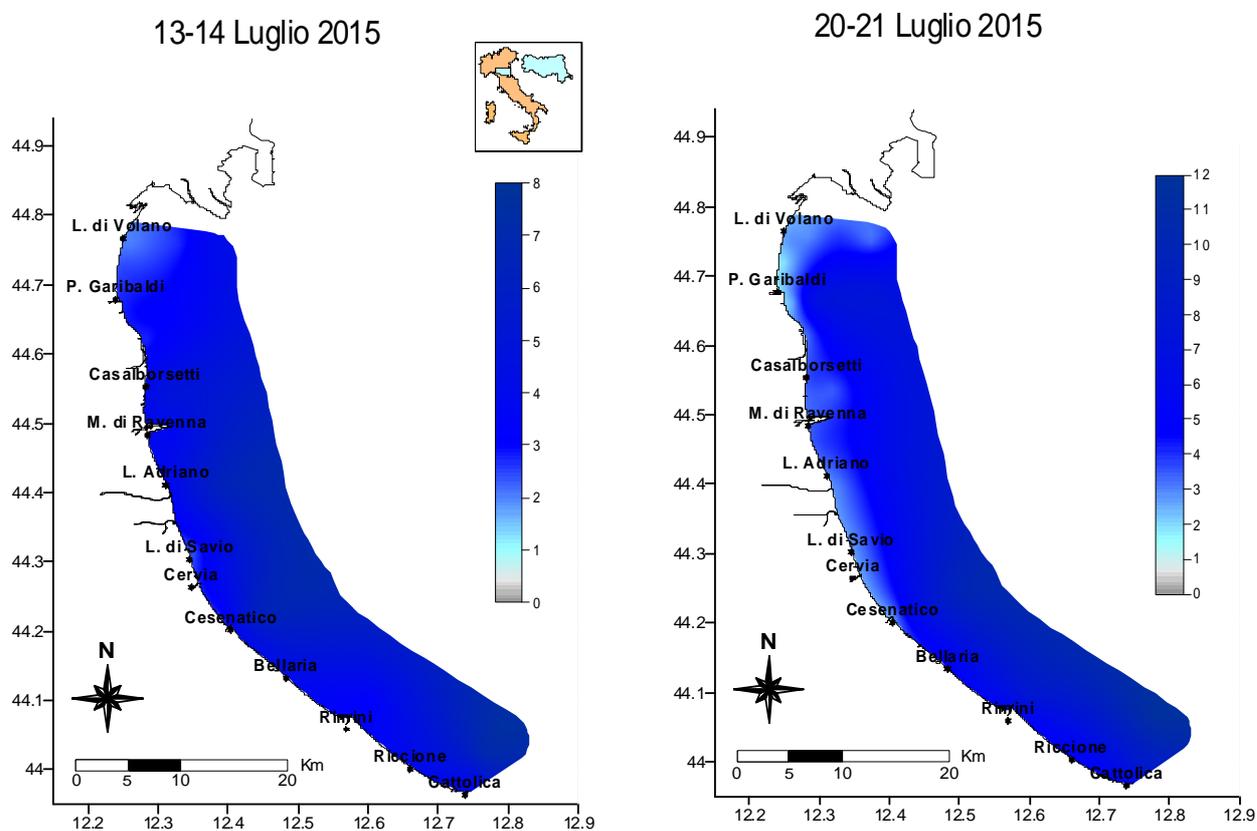


Figura 16 - Mappe di distribuzione della trasparenza (metri) in alcuni monitoraggi di luglio

I controlli dei valori di ossigeno lungo la colonna d’acqua hanno evidenziato in alcune stazioni, localizzate nell’area più settentrionale, una diminuzione di concentrazione a livello del fondale tendente all’ipossia. L’area compresa tra Lido di Volano e Lido Adriano rimane durante il mese di luglio la zona più sensibile a questa condizione fino a 6 km dalla costa senza però evidenziare situazioni di criticità a livello dell’ecosistema di fondo (Figura 17).

Ossigeno di fondo

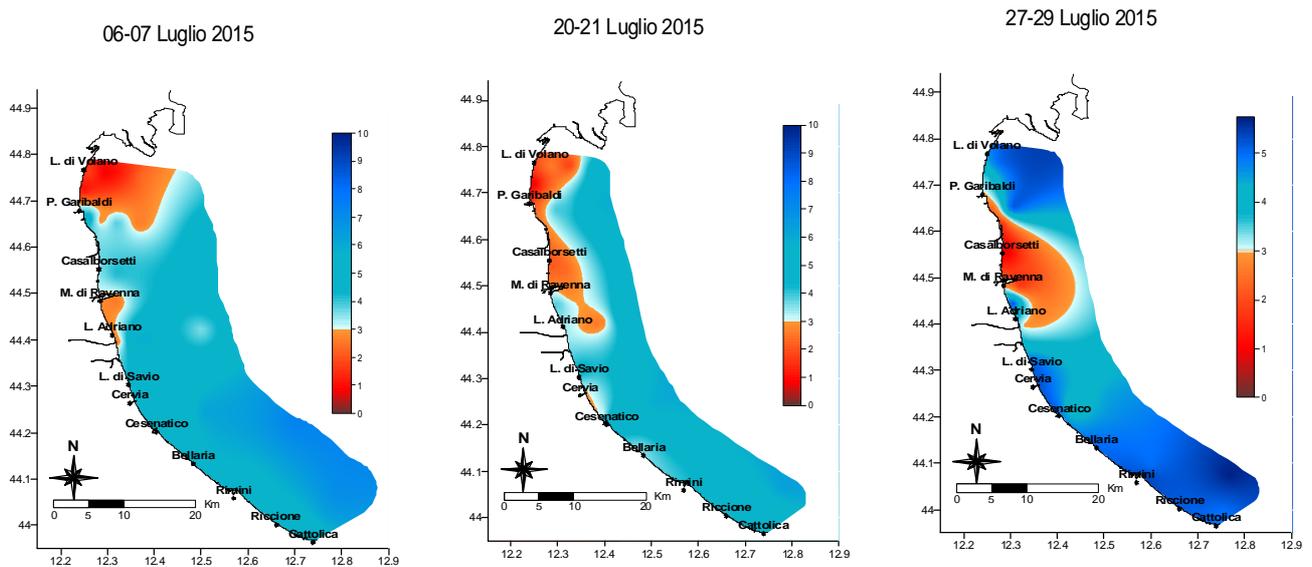


Figura 17 – Mappe di distribuzione dell’ossigeno disciolto (mg/l) in alcuni monitoraggi di luglio

Durante il monitoraggio del 13-14 agosto si è raggiunta la situazione più critica della stagione estiva per quanto riguarda i valori di ossigeno sul fondo. Diminuzioni tendenti all’ipossia si sono segnalate sia in costa che al largo in una più estesa area da Cervia a Lido di Volano e anche a 10 km al largo di Rimini. In alcune stazioni i valori sono scesi al di sotto di 1 $\mu\text{g/l}$ evidenziando una situazione di anossia.

Ossigeno di fondo

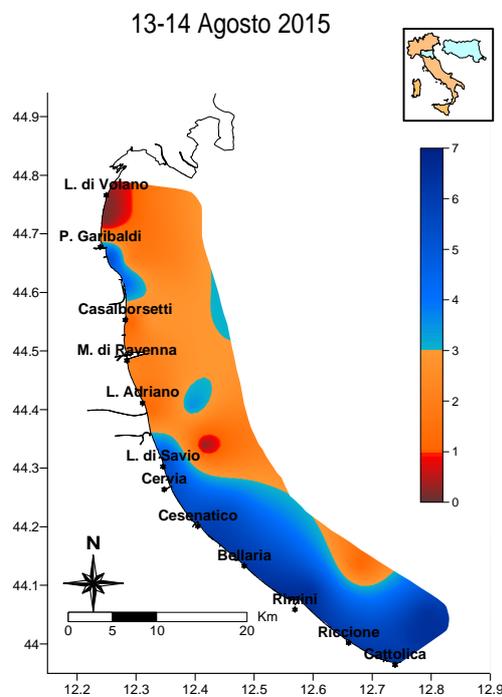


Figura 18 - Mappe di distribuzione dell’ossigeno disciolto nel monitoraggio del 13-14 agosto

Durante il mese di settembre si sono verificate condizioni meteorologiche molto instabili che non hanno permesso di effettuare uscite in mare. Giornate di intenso mare mosso hanno innescato un forte rimescolamento delle masse d'acqua con un abbassamento delle temperature in superficie di 6-7 °C.

L'effetto più importante è stato quello di aver contribuito a risolvere la criticità sul fondo rilevata a fine agosto con dissolvimento dei fenomeni ipossici/anossici.

L'aumento delle portate fluviali in particolare dal bacino padano ha contribuito a ridurre la salinità in superficie e ad immettere nutrienti favorevoli alla crescita microalgale anche se in generale i valori di clorofilla "a" si mantengono comunque in generale medio bassi fino a metà dicembre.

I monitoraggi eseguiti a novembre hanno confermato nel complesso una qualità ambientale simile sia nell'area settentrionale che in quella centro meridionale con valori contenuti di clorofilla "a", buona trasparenza delle acque e salinità medio alta.

Il monitoraggio del 16-19 novembre ha messo in evidenza una situazione di criticità sul fondo per quanto riguarda le concentrazioni di ossigeno disciolto. Rilevazione di valori bassi tendenti all'ipossia hanno caratterizzato tutta l'area da Cesenatico a Lido di Volano sia in costa che al largo: nelle stazioni più vicine la diminuzione era più marcata con la comparsa anche di situazioni anossiche (Figura 18).

Una forte mareggiata il 21 novembre insieme ad eventi di mare mosso in dicembre hanno portato ad una riossigenazione di tutta la colonna d'acqua risolvendo le situazioni critiche rilevate sul fondo a novembre e risospendendo elementi nutritivi che hanno favorito un incremento della comunità fitoplanctonica. Aumenti di clorofilla "a" rilevati nell'ultimo monitoraggio di dicembre hanno confermato la presenza di intense fioriture microalgali lungo tutta la fascia costiera fino a 10 km al largo.

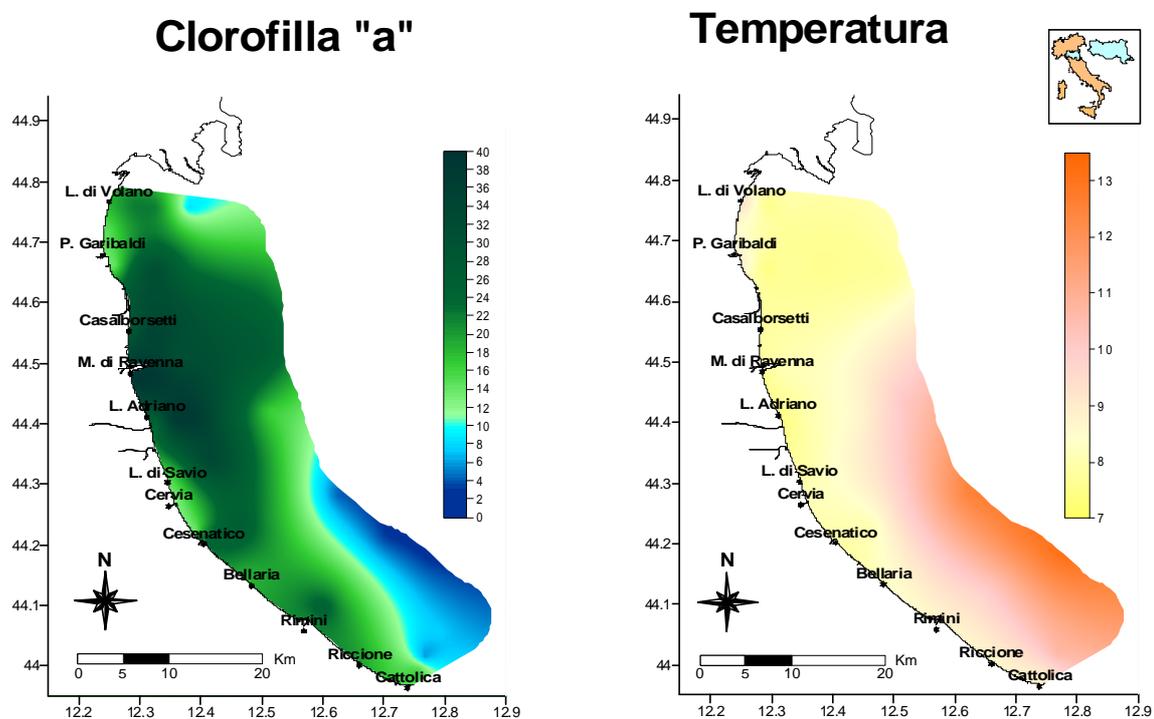


Figura 19 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) e della temperatura ($^{\circ}\text{C}$) il 21-22 dicembre

L'estesa condizione di eutrofizzazione segnalata a fine anno è stata determinata dalla fioritura di *Skeletonema* spp., specie appartenente al gruppo delle Diatomee che ha portato, oltre ad un incremento della produttività dell'ecosistema marino, un aumento della torbidità delle acque con diminuzione della trasparenza e colorazione verde marrone delle acque superficiali.

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 20) caricato in Internet e disponibile al seguente indirizzo: www.arpa.emr.it/daphne/ per la consultazione.

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

- breve commento dei dati rilevati e delle condizioni osservate in mare;
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto (in superficie e sul fondo), trasparenza e clorofilla "a";
- profili di ossigeno, salinità e trasparenza in tre stazioni a 6 km rappresentative di ciascuna zona (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica); elaborazione di mappe tematiche di distribuzione su tutta la costa di: temperatura, clorofilla "a", salinità, trasparenza e ossigeno disciolto sul fondo (Figura 21).

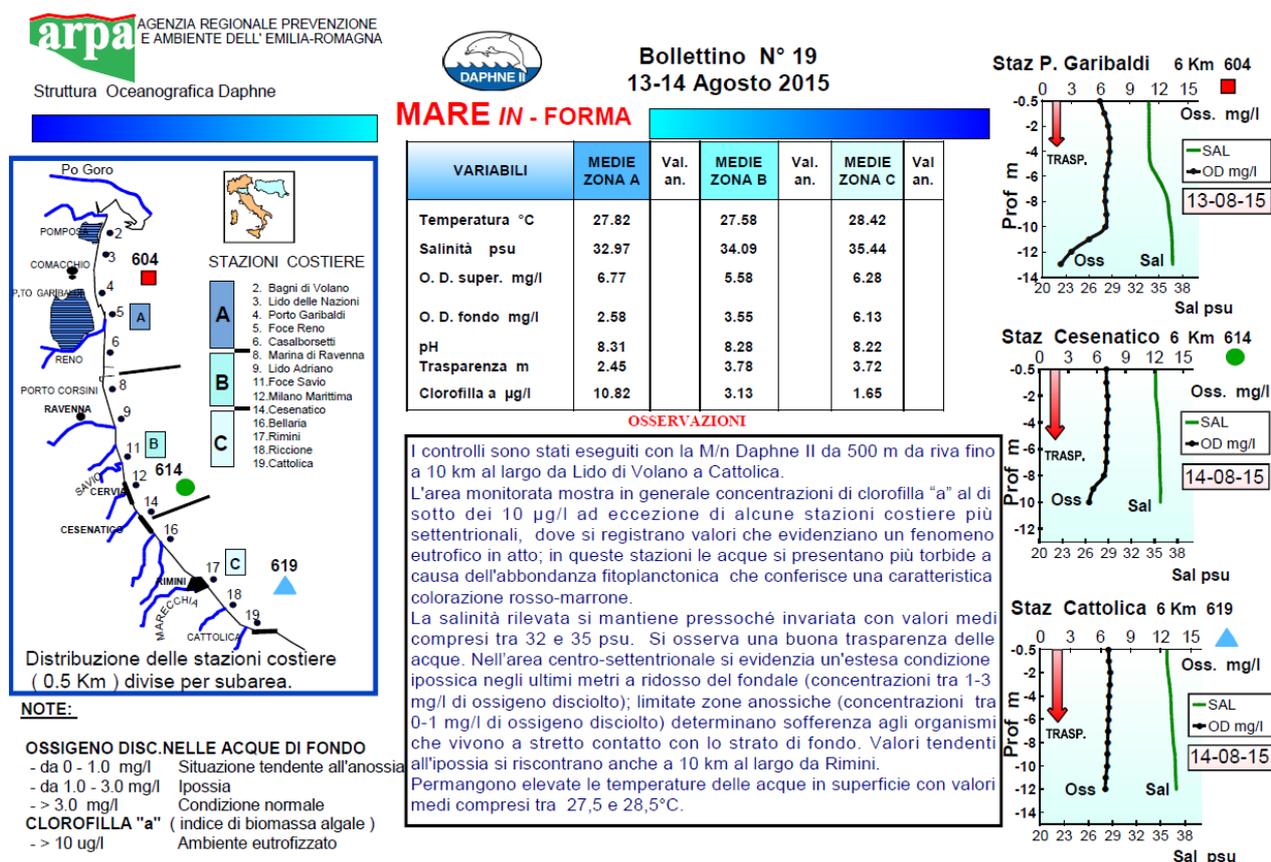


Figura 20 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

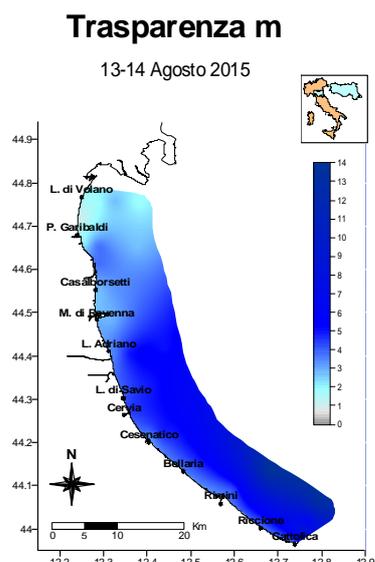
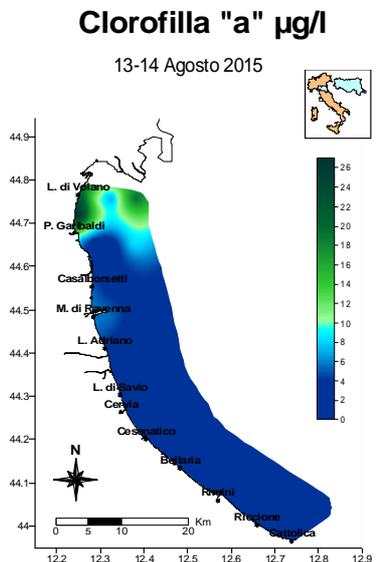
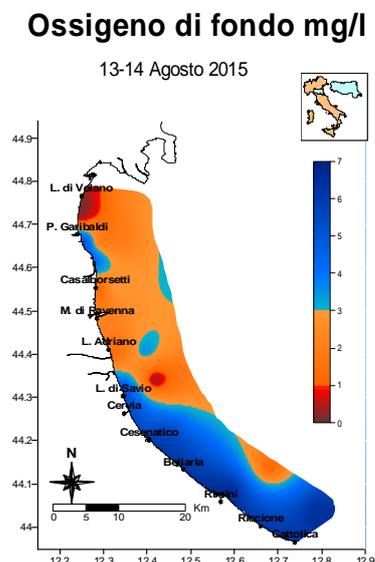
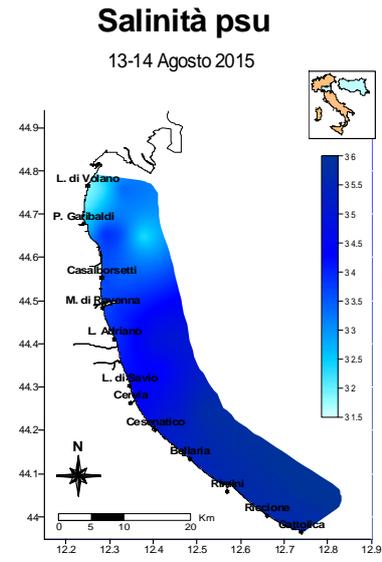
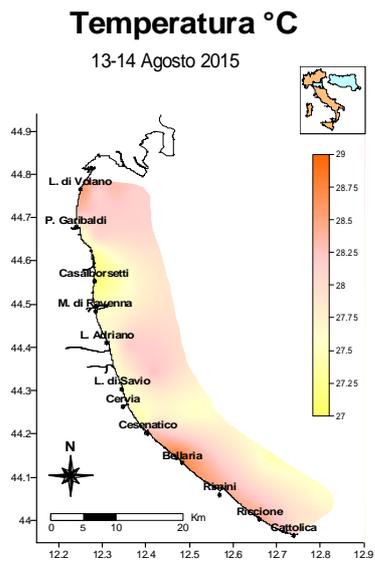


Figura 21 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

Monitoraggio e risultati

I paragrafi che seguono contengono analisi e valutazioni dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2015.

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

4.3.1 Parametri idrologici

4.3.1.a Temperatura

Temperatura

L'andamento della temperatura mostra anche per il 2015 il tipico andamento sinusoidale con valori minimi in inverno che tendono ad aumentare in primavera, raggiungere in estate i picchi massimi per poi diminuire ancora negli ultimi mesi fino a dicembre (Figura 22).

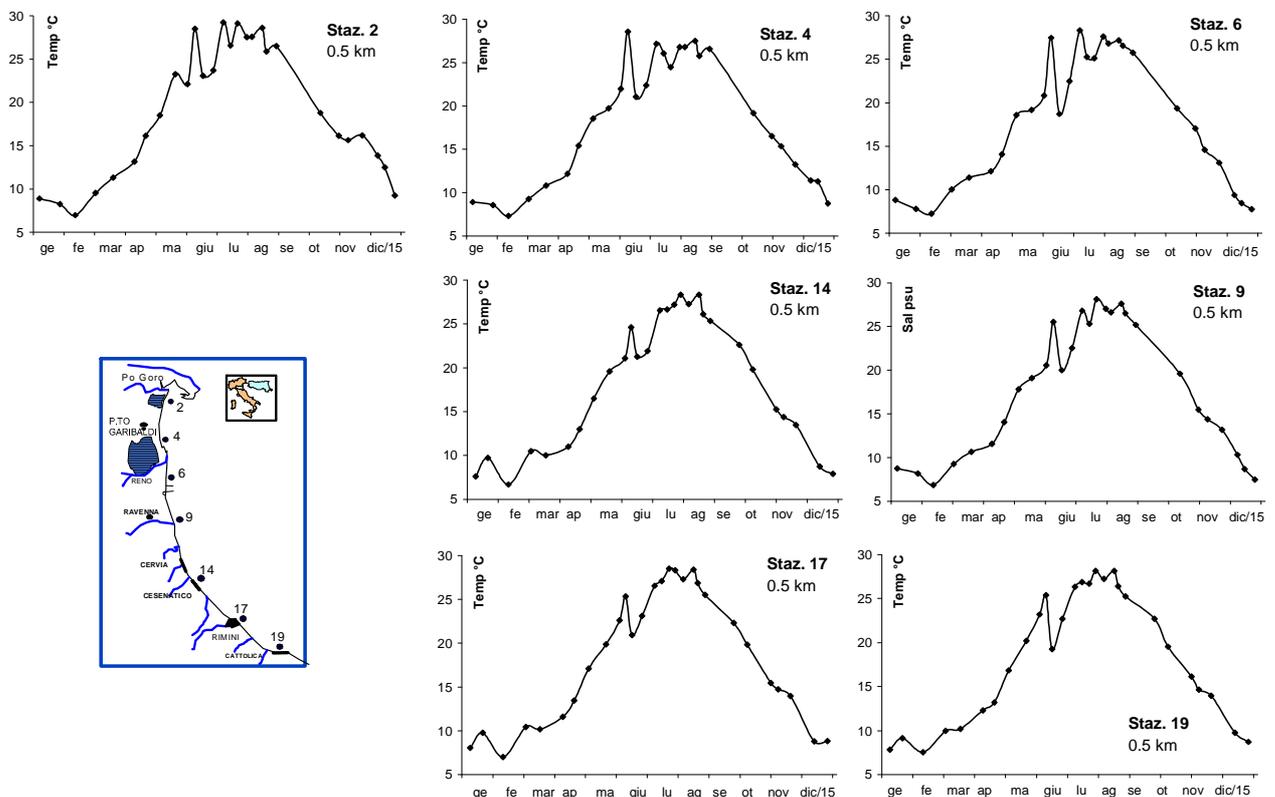


Figura 22 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Il valore più alto di temperatura è stato misurato in superficie il 6 luglio nella stazione 2 a 0.5 km antistante Lido di Volano ed è risultato pari a 29°C, mentre il valore minimo pari a 5.9°C è stato misurato nella stazione 309 (3 km davanti a Lido Adriano).

Sul fondo l'andamento della temperatura rispecchia quello di superficie anche se in modo più lineare con attenuazione dei minimi e dei massimi (Figura 23).

Nelle stazioni a 20 km dalla costa i valori sul fondo minimi si sono registrati in marzo (es. 9.8°C nella stazione 2004) e i massimi in agosto (es. 24°C nella stazione 2004).
 Le medie elaborate per stagioni negli istogrammi di Figura 24 confermano in tutte le stazioni valori più bassi in inverno intorno a 9°C e più alti in estate comprese tra i 26.4 e 27.6 °C.
 Variazioni su piccola scala temporale dei valori di superficie sono per lo più dovuti agli apporti fluviali, alle microalghie 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.

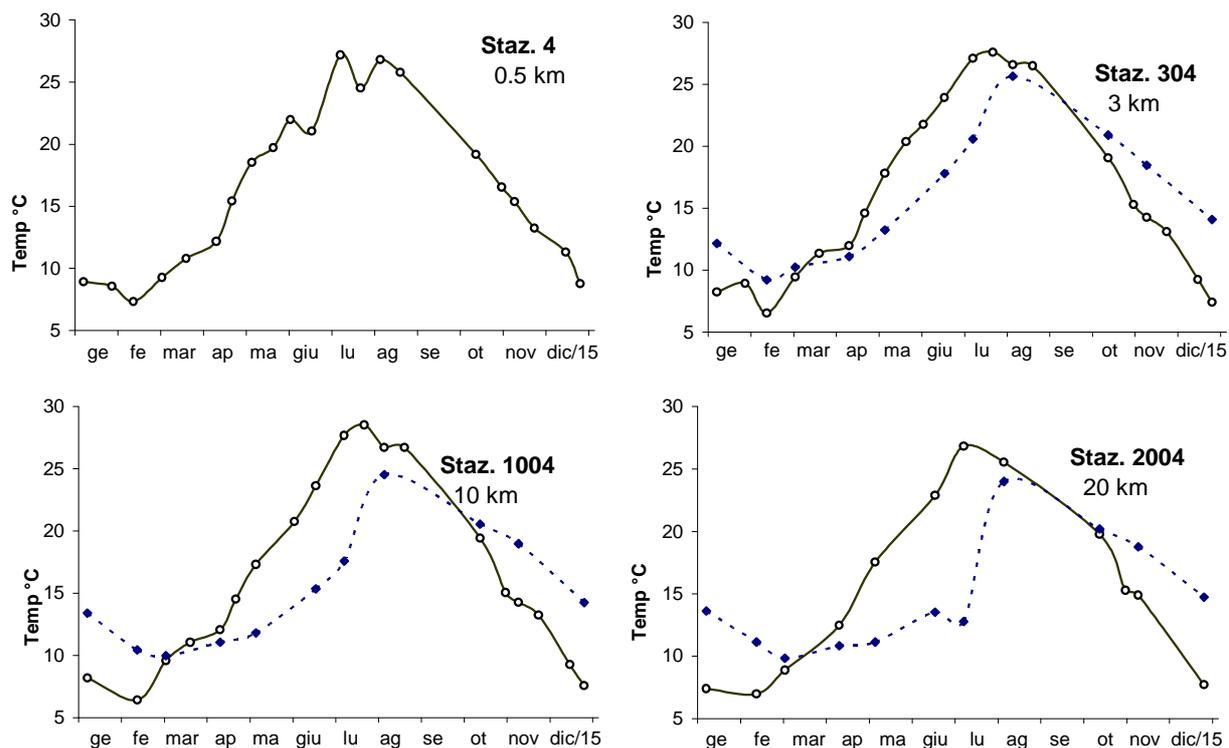


Figura 23 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Porto Garibaldi

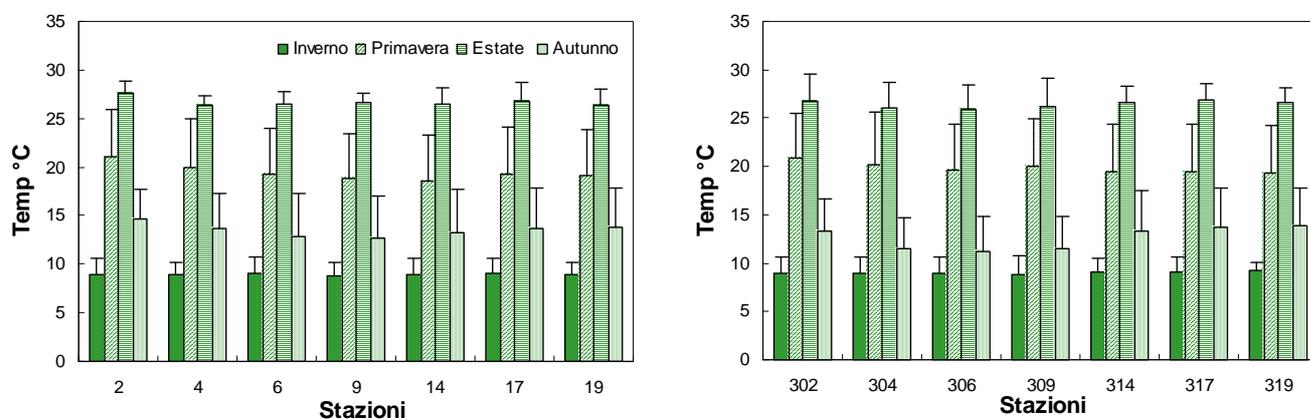


Figura 24 – Valori medi stagionali e deviazione standard della temperatura calcolate nelle acque di superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Anche nel 2015 lungo la colonna d'acqua si sono instaurate stratificazioni termiche, con escursioni di temperatura tra superficie e fondo di diversi gradi, come è possibile notare in Figura 25 dove le isolinee rappresentano la temperatura rilevata lungo la colonna da superficie a fondo in tre stazioni a 10 km dalla costa antistanti rispettivamente Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Termoclini più netti si sono rilevati in estate in concomitanza a temperature atmosferiche elevate e condizioni meteo marine stabili che hanno portato a temperature in superficie superiori di anche di 10-12 °C rispetto a quelle di fondo (Figura 26). Stratificazioni anche se meno definite si sono formate anche a inizio anno ed a dicembre, sia nelle stazioni settentrionali (Figura 26) che in quelle meridionali.

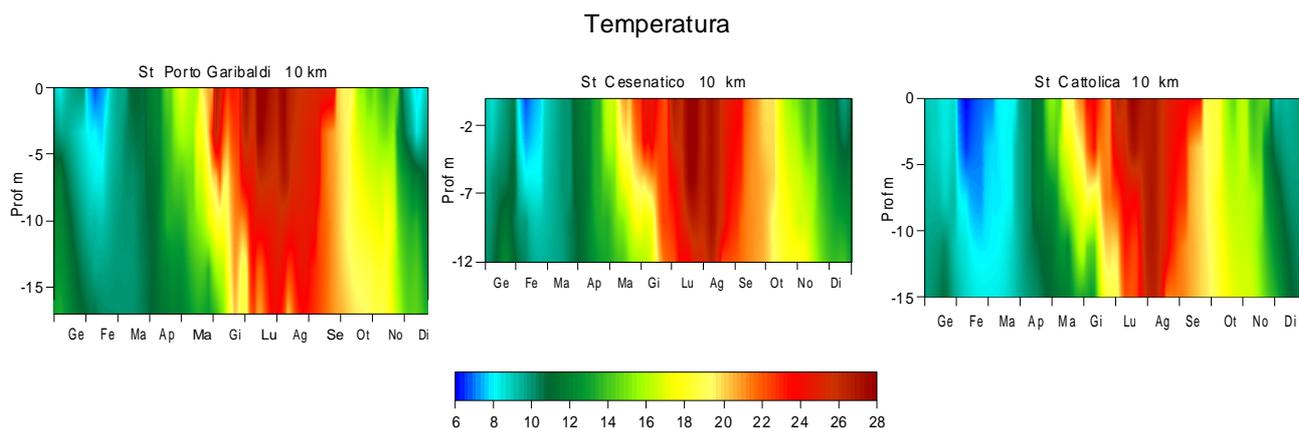


Figura 25 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

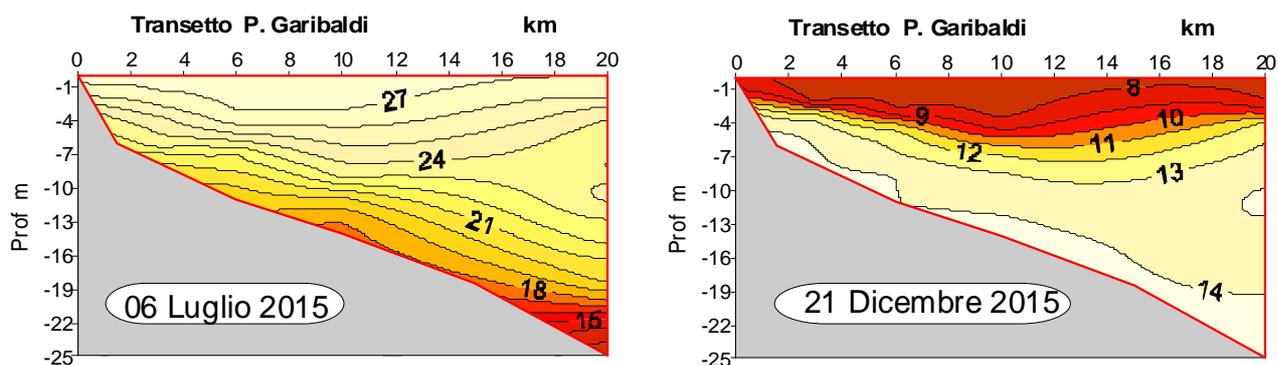


Figura 26 - Isolinee di temperatura (°C) lungo il transetto di Porto Garibaldi rilevate nei monitoraggi del 6 luglio e del 21 dicembre

Salinità

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 e nutrienti veicolati dai fiumi.

Anche per il 2015 i dati di salinità nelle acque marine mostrano andamenti molto variabili nei primi metri lungo la colonna d'acqua. Essendo un'area direttamente influenzata dagli apporti dei bacini costieri e dal bacino padano in particolare, tutta la fascia costiera risente delle portate di acque dolci immesse direttamente in mare. Queste determinano cambiamenti a volte anche improvvisi e/o duraturi in condizioni particolari, che contribuiscono a condizionare la qualità ambientale dell'ecosistema marino.

L'area più settentrionale è quella che risente in maniera più significativa degli apporti padani e infatti i valori rilevati durante l'anno sono ben correlati con le portate registrate a Pontelagoscuro (Fe).

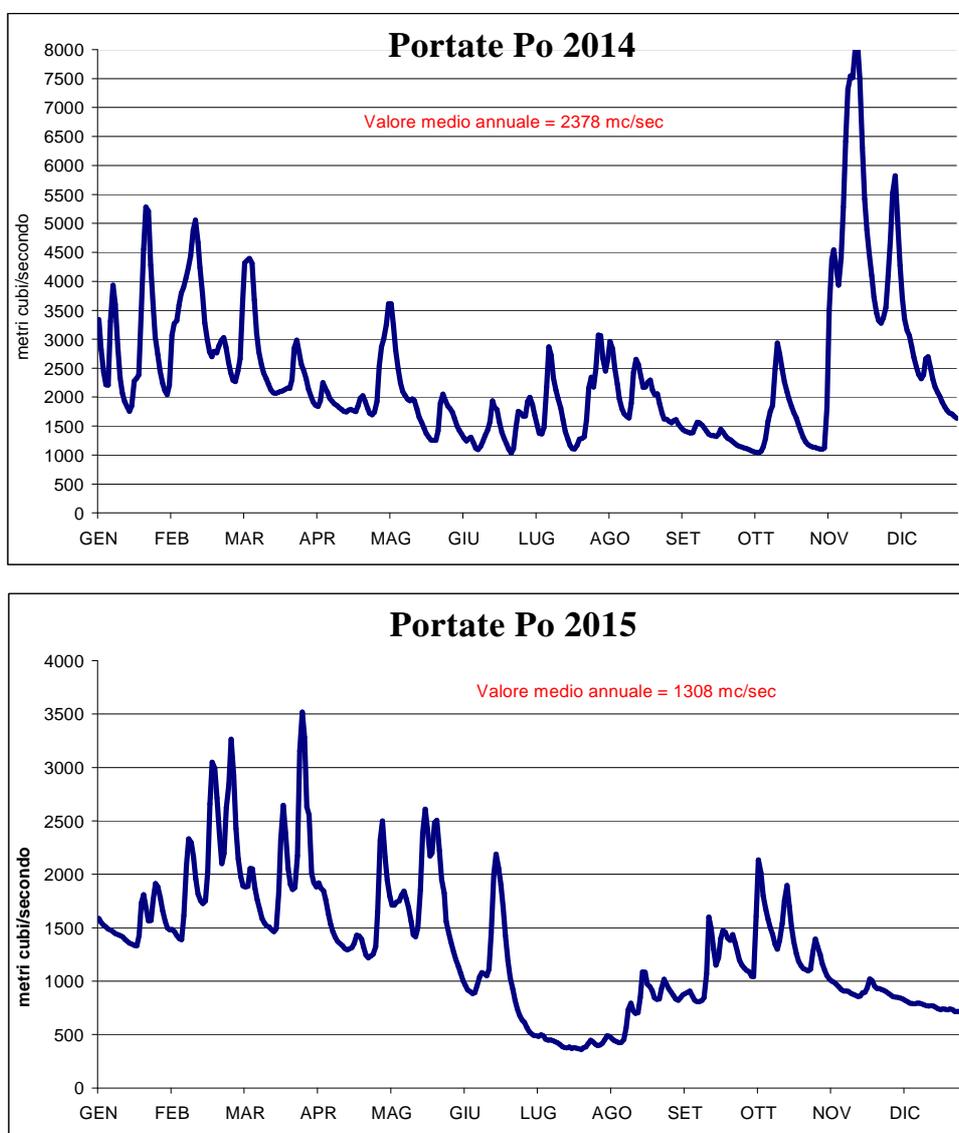


Figura 27 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2014 e nel 2015 (Fonte: Arpa SIMC)

In Figura 27 vengono descritte le portate annuali del 2015 e del 2014: il confronto evidenzia un valore medio inferiore rispetto all'anno precedente di 1308 mc/sec contro i 2378 del 2014, con picchi superiori a 3000 mc/sec in febbraio e marzo, portate minime nei mesi più estivi di luglio agosto e aumenti importanti da metà settembre a ottobre.

Il grafico di Figura 28 rappresenta l'andamento dei valori medi annuali dal 1982 al 2015, con diminuzione delle portate nel 2015 rispetto ai due anni precedenti.

Portate medie annuali Po 1982-2015

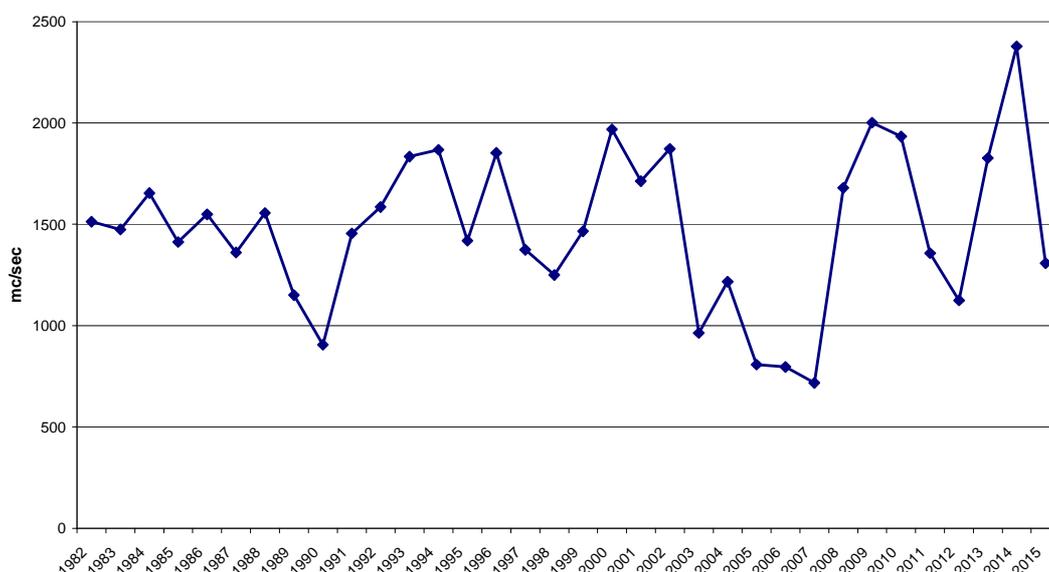


Figura 28 – Valori medi portate Po dal 1982 al 2015

**Portate Po
Confronto tra medie mensili 2015 e periodo storico (1917-2014)**

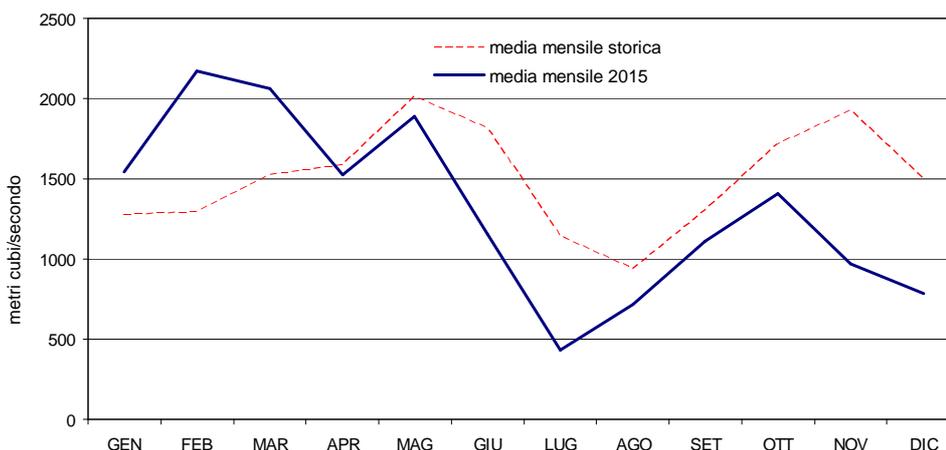


Figura 29 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po nel 2015 con le medie calcolate per il periodo storico 1917-2014

Il confronto delle medie mensili nel 2015 con quelli calcolati considerando il periodo storico 1917-2014 (Figura 29) evidenzia nei primi tre mesi un aumento netto di portata rispetto al dato storico mentre la tendenza da aprile a dicembre rispecchia molto l'andamento dei dati

medi anche se con valori più bassi come si può notare ad esempio a luglio e a novembre/dicembre.

L'apporto di acque dolci dai fiumi ha contribuito a determinare una elevata variabilità della salinità nelle acque superficiali soprattutto nelle stazioni settentrionali direttamente influenzate dal bacino padano (Figura 30) rispetto a quelle meridionali anche nelle stazioni distanti da costa. Infatti il valore più basso registrato in superficie è stato di 14.2 psu nella stazione situata a 10 km da costa lungo il transetto di Lido di Volano.

Il mese di luglio è stato caratterizzato da salinità medio alte anche a nord in concomitanza a portate basse del Po (media di 431 mc/sec).

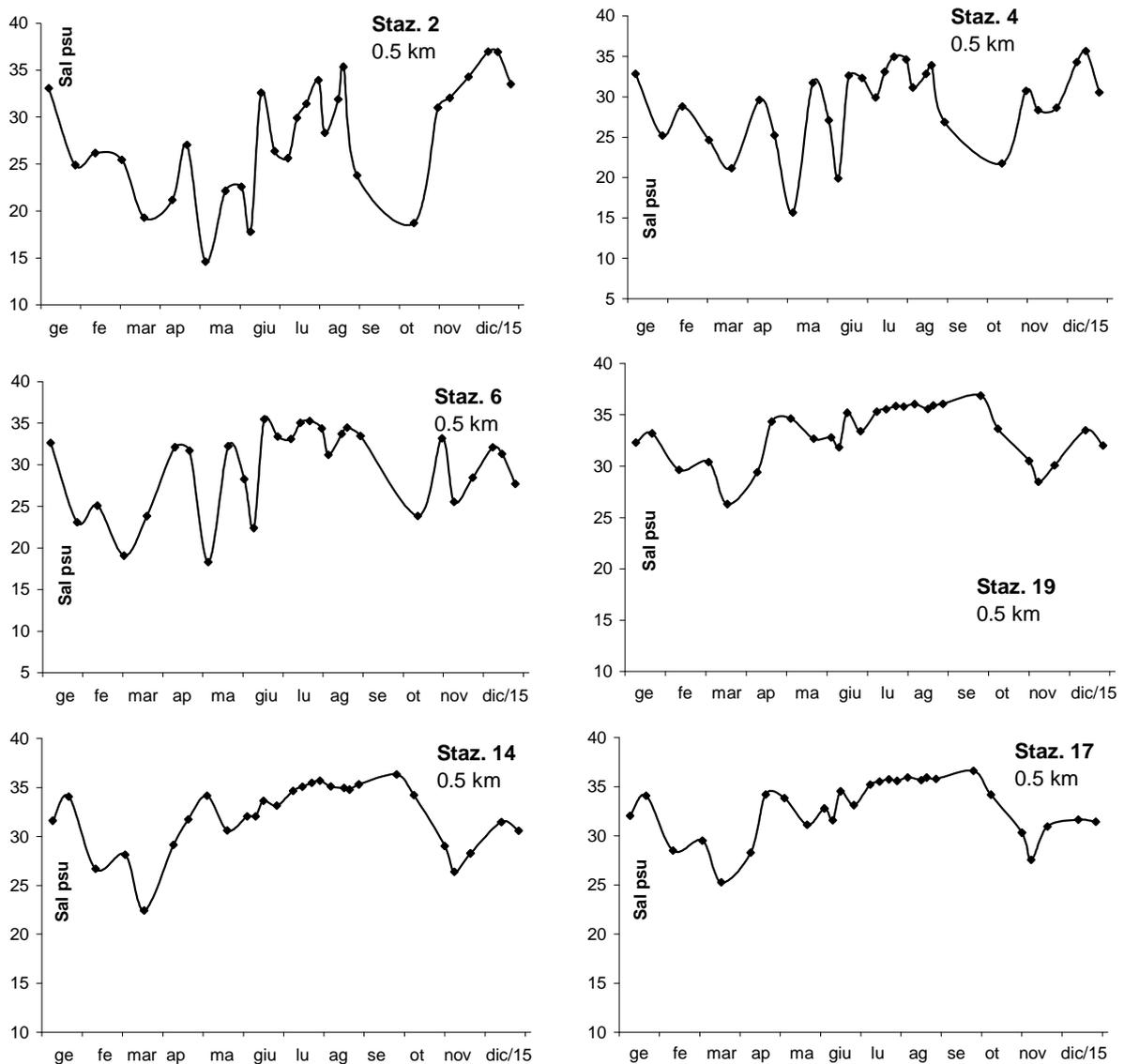


Figura 30 – Andamenti temporali della salinità in superficie nelle stazioni costiere

Mentre in superficie le fluttuazioni sono elevate, sul fondo i valori di salinità rimangono più lineari e omogenei confermando una maggior stabilità delle masse d'acqua negli ultimi metri della colonna (Figura 31). Nel mese di ottobre nella stazione 2004 (20 km davanti a Porto Garibaldi) si è registrata una salinità in superficie inferiore a 30 psu (25.6 psu), cospicui apporti dal bacino padano in concomitanza a correnti marine in direzione nord sud hanno contribuito a diluire le acque marine anche in aree al largo.

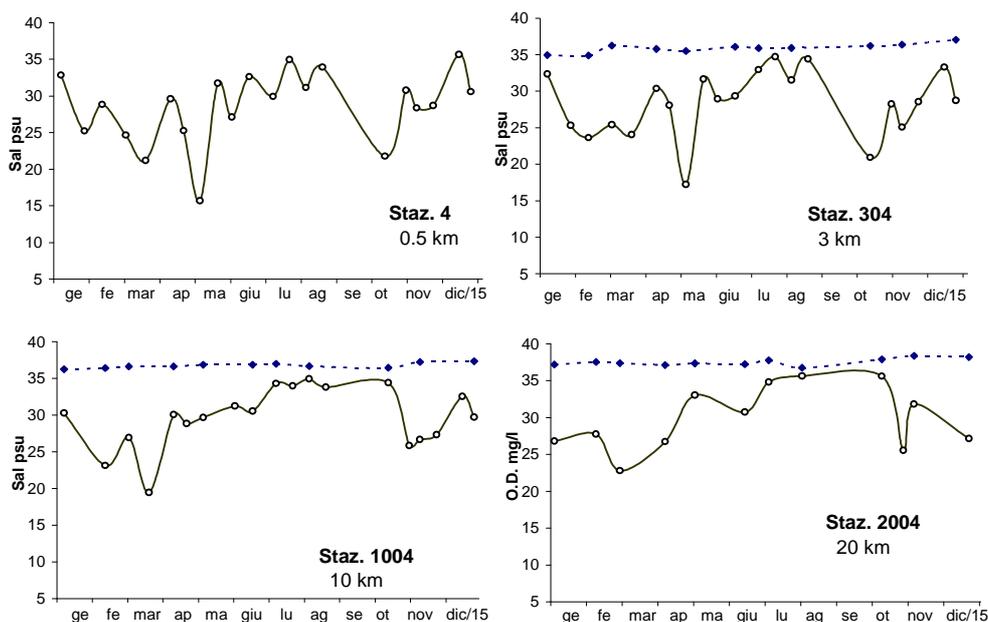


Figura 31 - Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Porto Garibaldi

Questo flusso in superficie di acque dolci ha contribuito ad instaurare stratificazioni ialine nei primi 3-4 metri molto marcate nelle stazioni centro settentrionali, mentre nelle stazioni meridionali situazioni di picnoclini sono state meno frequenti e con differenze più contenute. Le isolinee di Figura 32 fotografano bene questa situazione nelle stazioni a 10 km dalla costa a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.

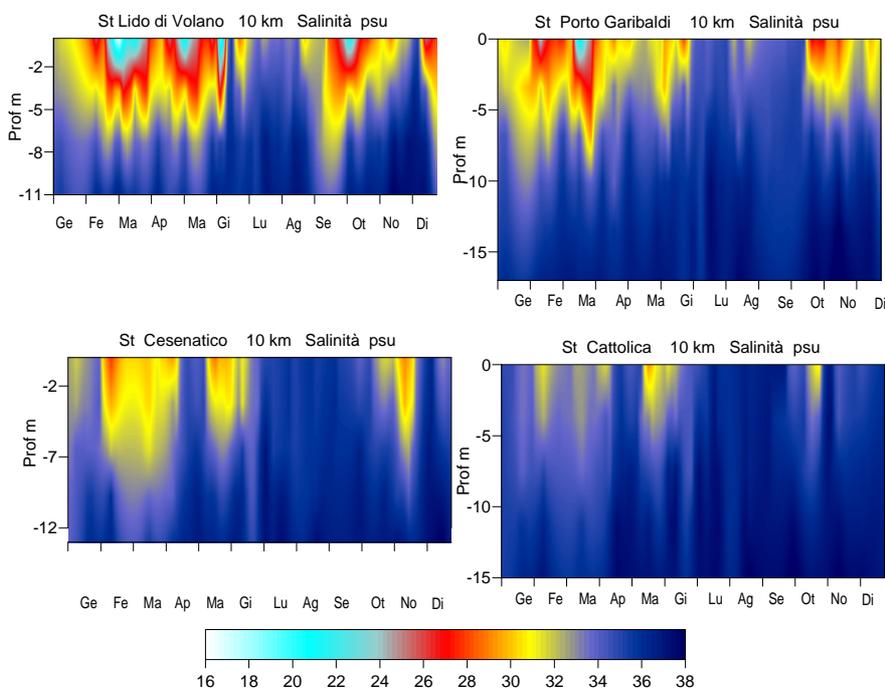


Figura 32 – Isolinee della salinità rilevate nelle stazioni a 10 km dalla costa al largo di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

L'elaborazione delle medie annuali lungo i transetti mostra un netto trend in aumento nord sud; nelle stazioni settentrionali i valori sono molto simili da costa a largo mentre nelle altre più al largo posizionate a 10 e a 20 km, la salinità è di poco superiore rispetto ai valori a 0.5 e 3 km dalla costa (Figura 33).

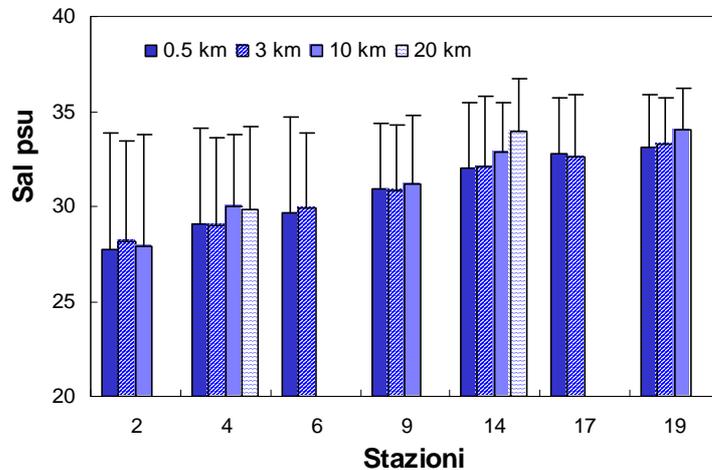


Figura 33 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolate nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Le medie stagionali negli istogrammi di Figura 34 mostrano a partire dalla stazione 6 (Casalborsetti) fino a Cattolica un andamento crescente fino all'estate mentre nelle stazioni più a nord (Lido di Volano e Porto Garibaldi) in inverno e primavera le concentrazioni sono molto simili; a Lido di Volano (stazione 2) in primavera la salinità è stata più bassa (23 psu) in concomitanza a portate elevate dal bacino padano che hanno contribuito a mantenere diluite le acque nei primi strati lungo la colonna.

Si sono infatti rilevati durante i controlli di maggio importanti picnoclini lungo tutto il transetto (Figura 35).

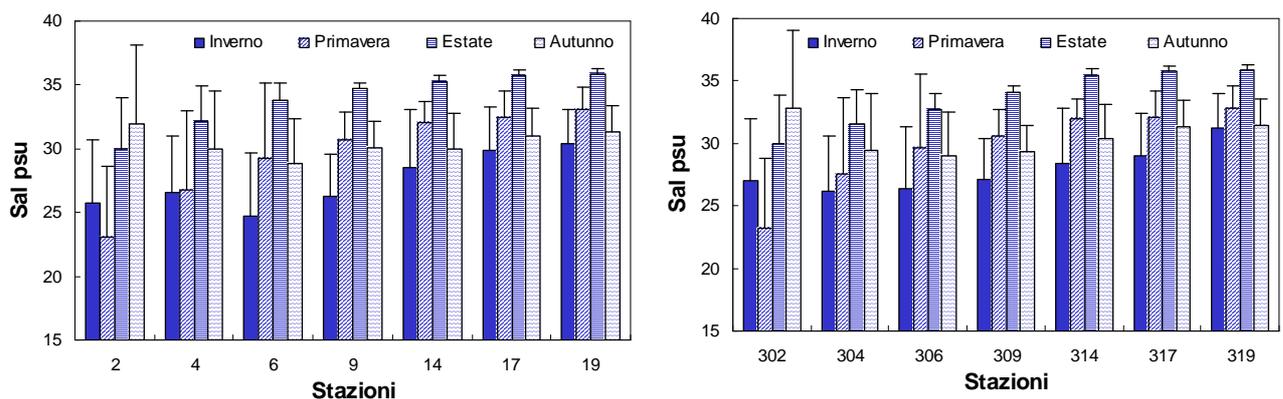


Figura 34 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

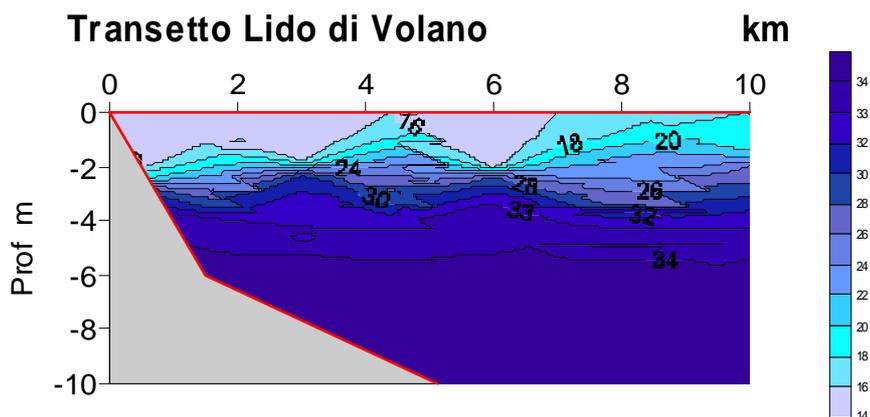


Figura 35 – Isolinee di salinità lungo il transetto di Lido di Volano rilevate da costa fino a 10 km al largo il 5 maggio

Ossigeno disciolto

Le acque antistanti l’Emilia Romagna sono da sempre considerate acque estremamente produttive e l’ossigeno è un importante indicatore dello stato trofico dell’ecosistema, strettamente correlato alla presenza di fitoplancton nell’ambiente marino.

Condizioni eutrofiche stabili nel tempo insieme a situazioni meteo marine favorevoli (stasi idrodinamica, temperature alte, ...) possono causare l’insorgere di criticità a livello di fondale per l’instaurarsi di stati ipossici/anossici dovuti a diminuzioni dell’ossigeno disciolto. Questi stati possono distrutturare le comunità bentoniche strettamente legate alla vita di fondo. I dati medi annuali di ossigeno disciolto elaborati in Figura 36 evidenziano valori più bassi sul fondo rispetto alla superficie. Nelle stazioni più settentrionali a livello del fondale, le concentrazioni sono inferiori rispetto a quelle delle stazioni meridionali e tendono a diminuire nelle stazioni a 3 km rispetto a quelle situate a 0.5 km.

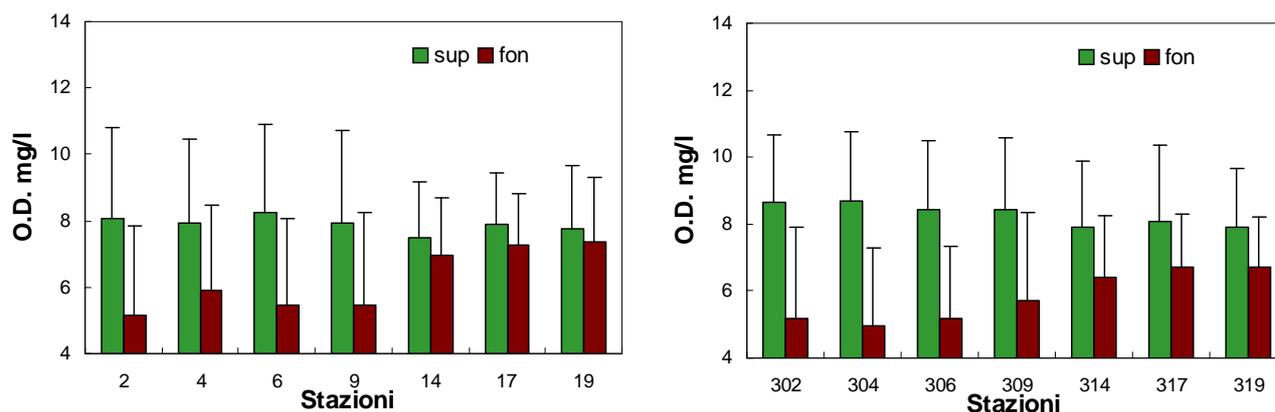


Figura 36 – Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L’andamento temporale mostra una maggior variabilità del parametro in superficie rispetto al fondo: nei primi strati spesso si rilevano valori al di sopra del livello di saturazione proprio per la presenza di fioriture microalgali che con il proprio metabolismo autotrofo aumentano la

concentrazione di ossigeno disciolto nelle acque. Al contrario sul fondo condizioni di sotto saturazione si creano in conseguenza ad un aumento dell'attività metabolica di organismi eterotrofi che degradando la sostanza organica depositata sul fondo consumando O₂ (Figura 37).

Nel 2015 si sono rilevate poche situazioni di forte criticità. L'area più soggetta a situazioni di carenza di ossigeno sul fondo rimane quella centro-settentrionale caratterizzata più spesso da eutrofizzazione (Figura 38).

A luglio si sono rilevati i primi sintomi di ipossia sul fondo in alcune zone comprese fra Lido di Volano e Lido Adriano con rari casi anossici con valori inferiori a 1 µg/l.

Nel mese di agosto valori ipossici (compresi tra 1 e 3 µg/l), si sono registrati in un'area più vasta da nord fino anche al largo di Rimini. In seguito, controlli di metà mese hanno rilevato situazioni localizzate di anossia nelle stazioni più in costa nell'area più settentrionale. L'azione delle correnti (prevalenti da Nord-ovest verso Sud-est) e la presenza di venti di libeccio nei giorni del 13 e 14 agosto, hanno favorito lo spiaggiamento in alcune zone della costa ferrarese di esigui quantitativi di pesce e organismi di fondo.

I valori più bassi si sono registrati proprio in questo mese durante il monitoraggio del 13 agosto con concentrazioni di 0.009 e 0.17 nelle stazioni 2 e 3, rispettivamente Lido di Volano e Lido della Nazioni.

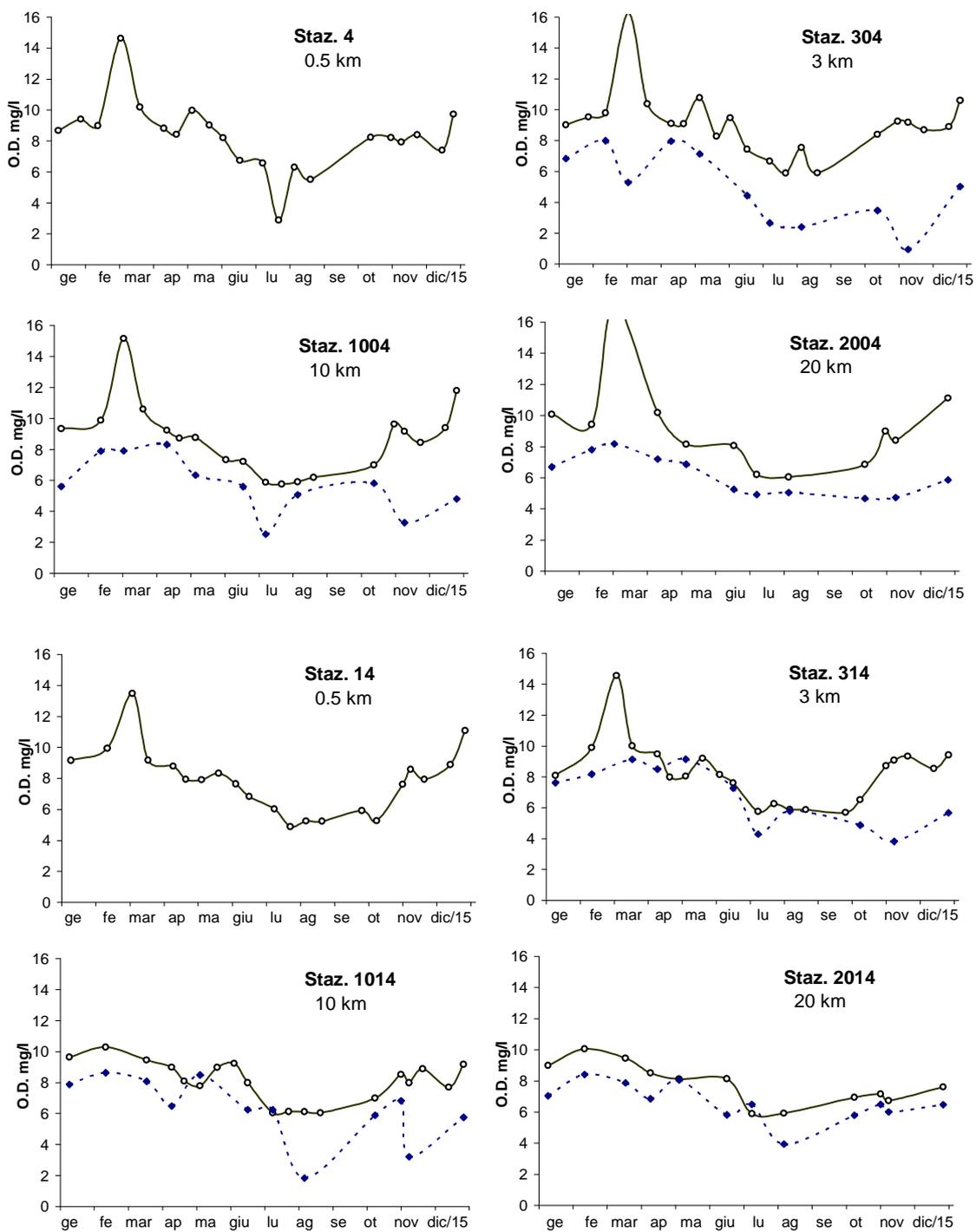


Figura 37 – Andamenti temporali dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico

Ossigeno di fondo

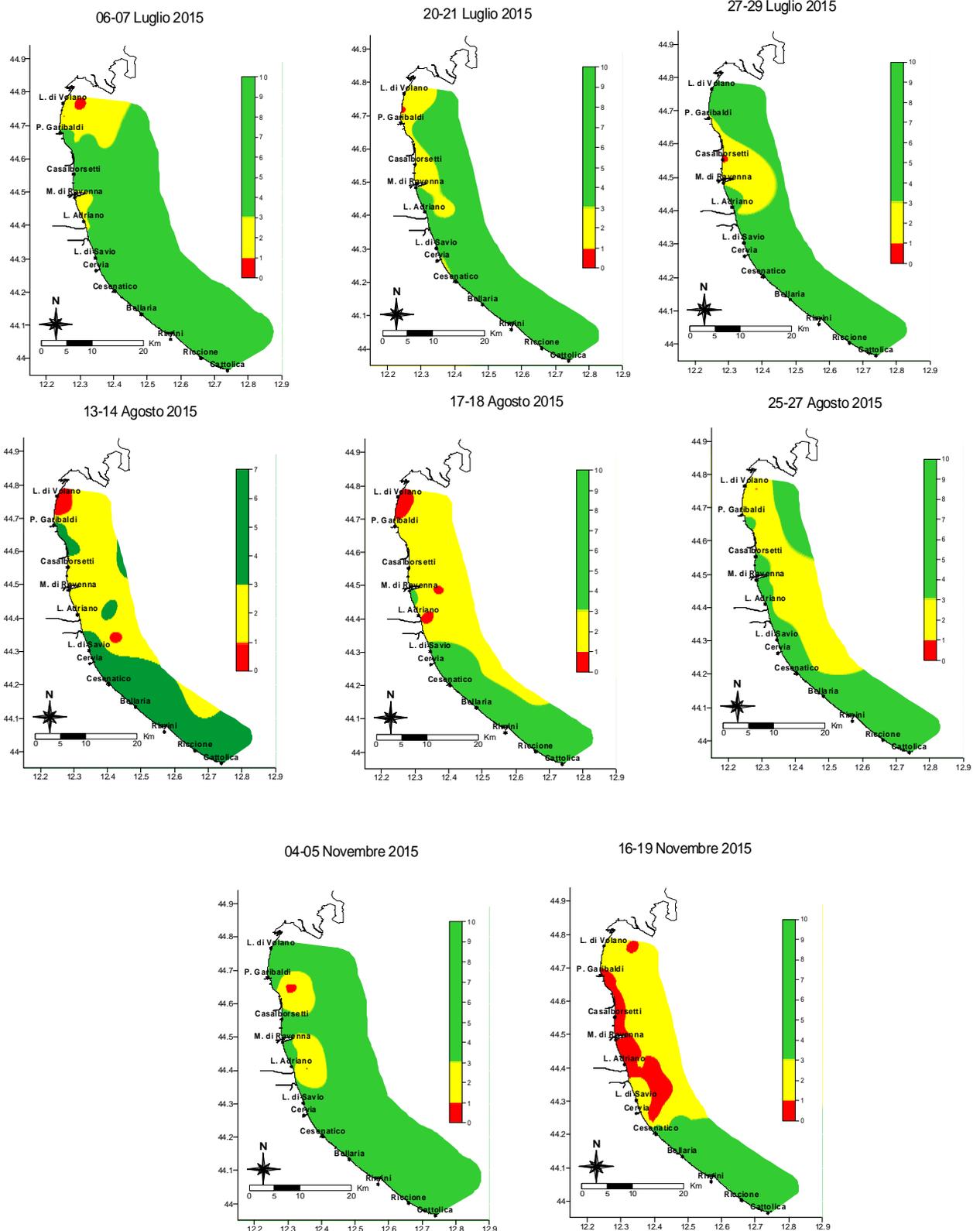


Figura 38 – Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo lungo la costa rilevati in alcuni monitoraggi a luglio, agosto e novembre

Condizioni di mare mosso e venti favorevoli hanno contribuito nei mesi successivi a ripristinare condizioni buone a livello di ossigeno sul fondo. Il rimescolamento delle masse d'acqua in concomitanza alla dispersione di acque povere di ossigeno hanno contribuito a ripristinare le concentrazioni di ossigeno disciolto lungo tutta la colonna fino a novembre. Durante il monitoraggio del 16-19 novembre si è registrata la situazione più critica del 2015 nell'area compresa tra Cesenatico e Lido di Volano: tale area appariva completamente ipossica fino a 10 km al largo e con concentrazioni ancora più basse nelle stazioni comprese tra 0.5 e 6 km circa tra Porto Garibaldi e Cervia. A fine anno la condizione ambientale sul fondo si è ripristinata riacquistando concentrazioni nella norma lungo tutta la costa.

4.3.1.b 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, Casalborsetti, 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 DM 260/10.

Nella Figura 39, si riportano gli andamenti della Clorofilla nel 2015 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 e tale variabilità ha una elevata corrispondenza con le portate fluviali in particolare del Po;
- i valori più bassi di clorofilla “a” si rilevano nei mesi estivi;
- nel mese di febbraio e settembre, a causa del maltempo, alcuni valori di Clorofilla “a” sono mancanti.

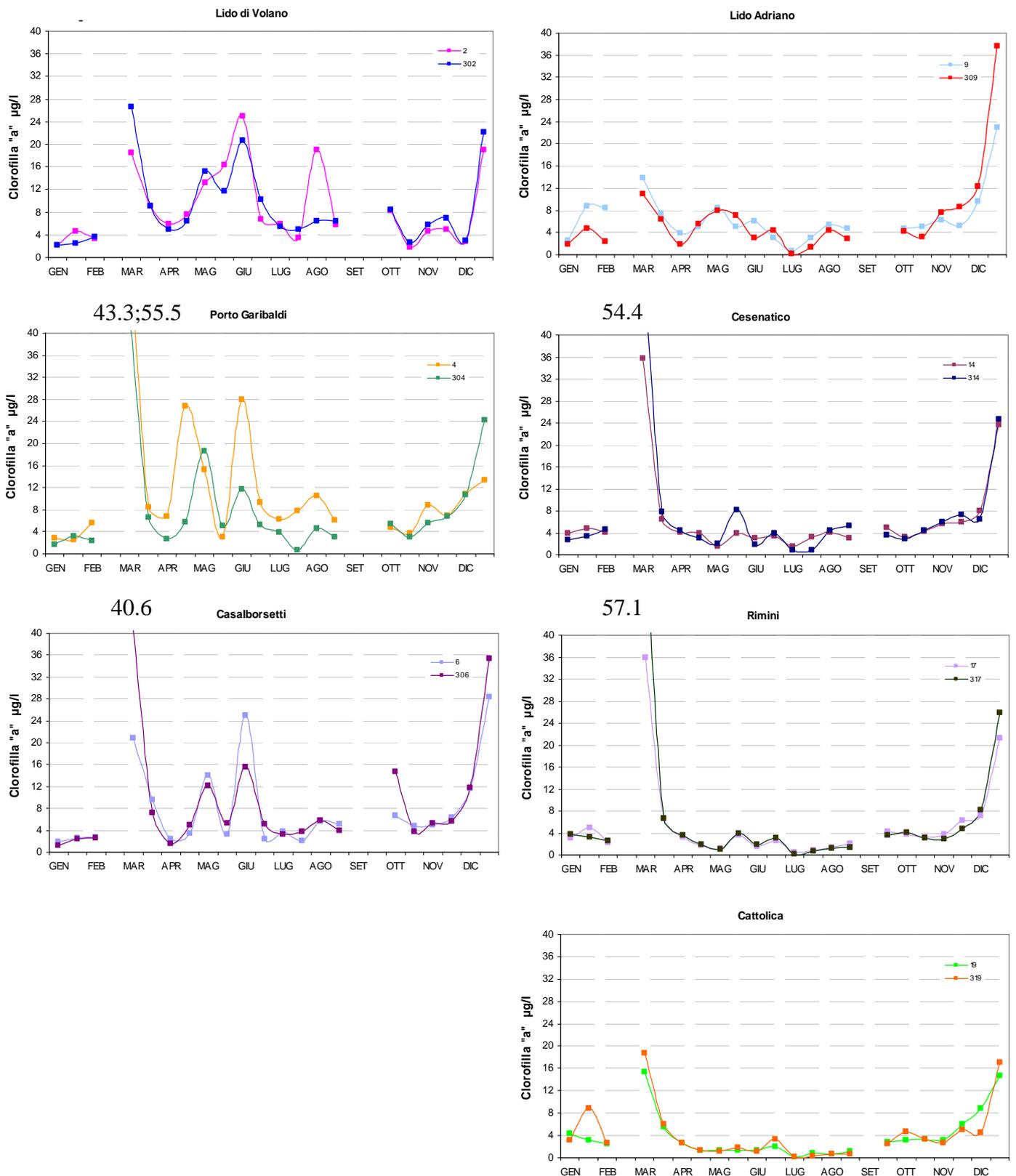


Figura 39 – Andamenti temporali della Clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (colonna sinistra; stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (colonna destra; stazioni 9, 309, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2015

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 2015, 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 40 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla “a”.

Per il 2015 lo stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB fitoplancton (Tabella 3) è Sufficiente per entrambi i corpi idrici (CD1 e 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	2015	
CD1 Goro-Ravenna	2	6.87	6.5 Sufficiente
	302	6.87	
	4	8.35	
	304	5.32	
	6	5.55	
	306	5.94	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	5.44	3.6 Sufficiente
	309	4.25	
	14	4.65	
	314	4.47	
	17	3.21	
	317	3.05	
	19	2.43	
	319	2.40	

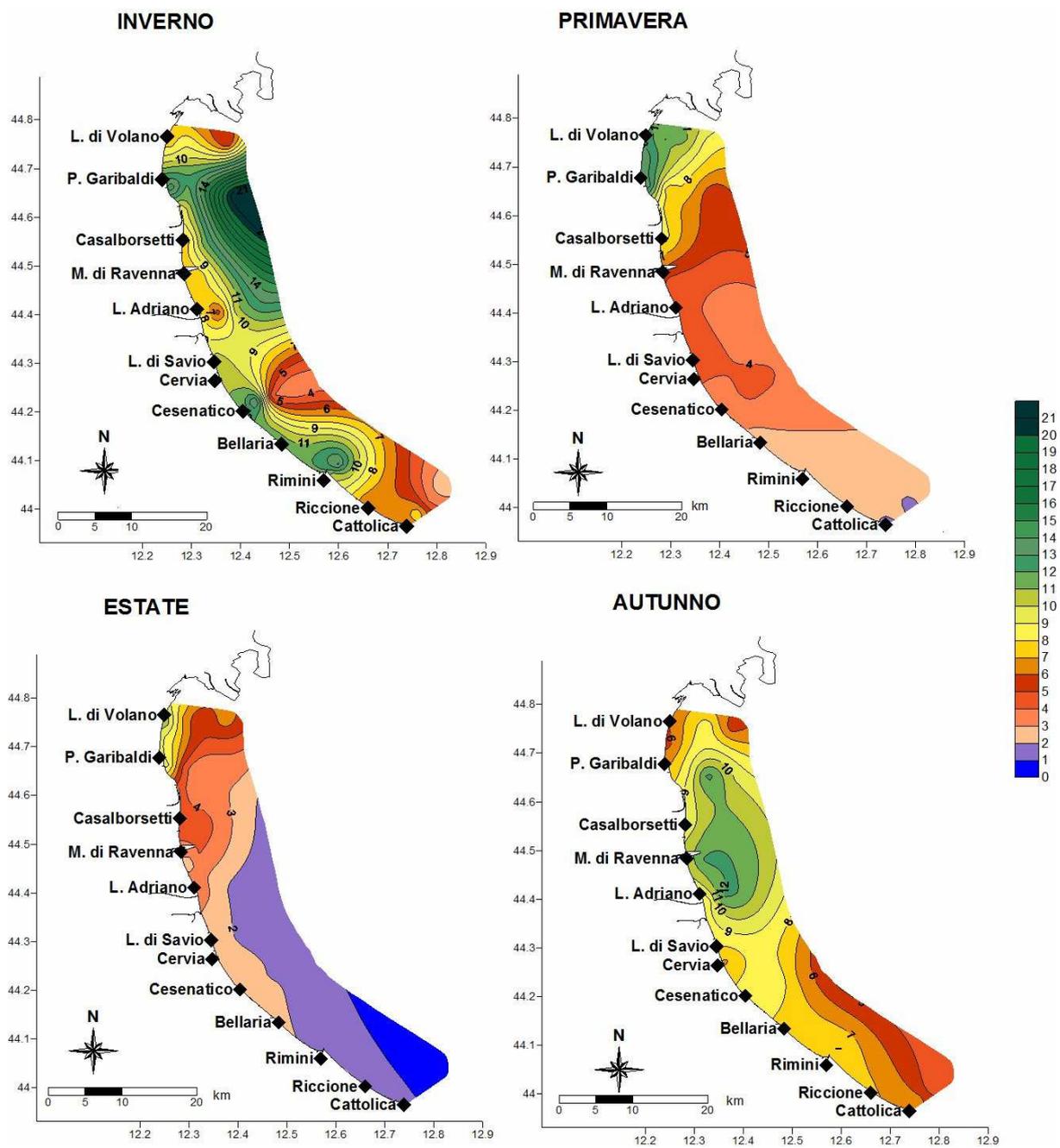


Figura 40 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

4.3.2 Elementi nutritivi

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

L'azoto nitrico è un componente solubile dell'azoto e il suo andamento durante l'anno è correlato con le portate dei fiumi che sfociano direttamente lungo le coste dell'Emilia Romagna e soprattutto con quelle del Po.

La distribuzione delle medie stagionali (Figura 41) evidenzia concentrazioni maggiori in inverno in tutte le stazioni con una tendenza alla diminuzione spaziale da nord a sud e concentrazioni minime in estate in concomitanza a valori bassi di portate fluviali.

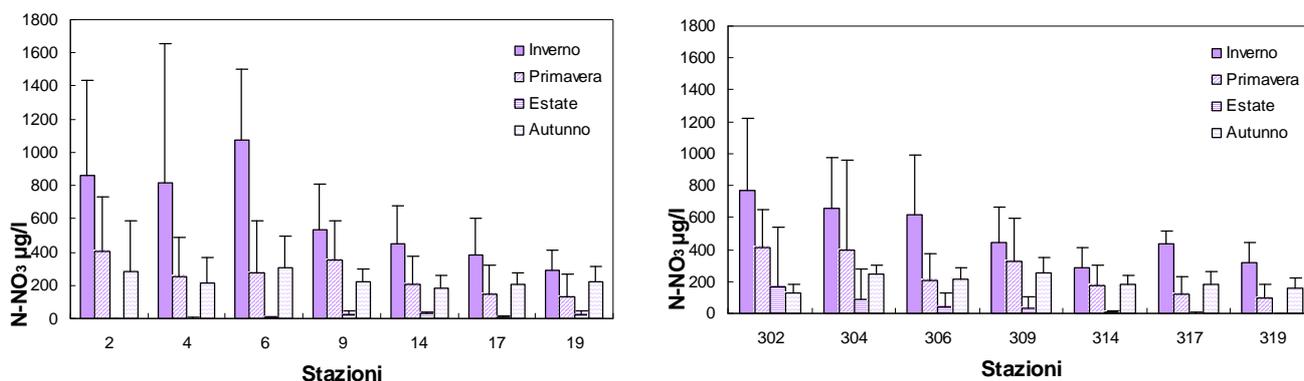


Figura 41 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico nelle acque superficiali a 0.5 e 3 km dalla costa

Mentre per le stazioni più settentrionali le concentrazioni medie durante l'anno rimangono simili sia nelle stazioni a 0.5 km che in quelle posizionate più al largo, nelle altre si evidenzia un trend negativo costa largo più o meno netto sottolineando l'influenza diretta degli apporti sull'ambiente marino più costiero (Figura 42).

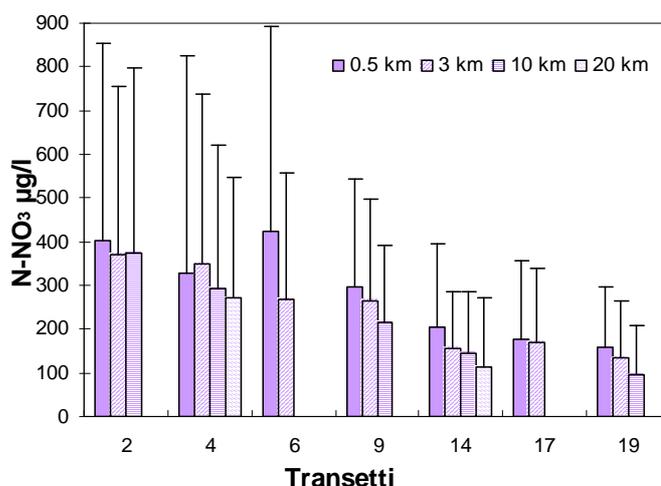


Figura 42 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico nelle acque superficiali calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

La stazione 6 posizionata a 0.5 km davanti a Casaborsetti, ha mostrato nel 2015 elevate concentrazioni di azoto nitrico. Il valore medio in inverno pari a 1073.5 $\mu\text{g/l}$ ha evidenziato concentrazioni massime soprattutto nel mese di febbraio (Figura 43).

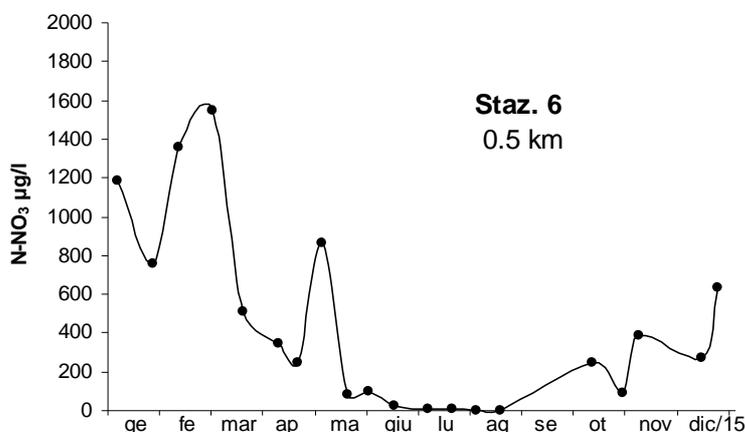


Figura 43 – Andamento temporale dell’azoto nitrico in superficie nella stazione a 0.5 km davanti a Casaborsetti

Nei primi mesi dell’anno si sono rilevati in tutta l’area settentrionale elevate concentrazioni di N-NO₃ in concomitanza ad elevati apporti dal bacino padano e dai bacini regionali più a nord (Figura 45).

Il valore massimo pari a 2298 $\mu\text{g/l}$ è stato individuato nei campioni durante i controlli del 20 marzo nella stazione 4, a 0.5 km da Porto Garibaldi (Figura 44).

L’andamento del parametro nell’anno evidenzia in superficie una elevata variabilità.

In Figura 44 sono rappresentate le distribuzioni di azoto nitrico da gennaio a dicembre nelle stazioni lungo i due transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico da 0.5 a 20 km al largo.

Mentre in superficie i valori sono molto diversi, sul fondo il parametro tende a manifestare concentrazioni inferiori mantenendo un andamento lineare ed omogeneo.

Lungo la direttrice di Porto Garibaldi i nitrati mostrano maggiori concentrazioni e una maggior fluttuazione ma in entrambe si conferma una tendenza alla diminuzione nelle acque più lontane dalla costa.

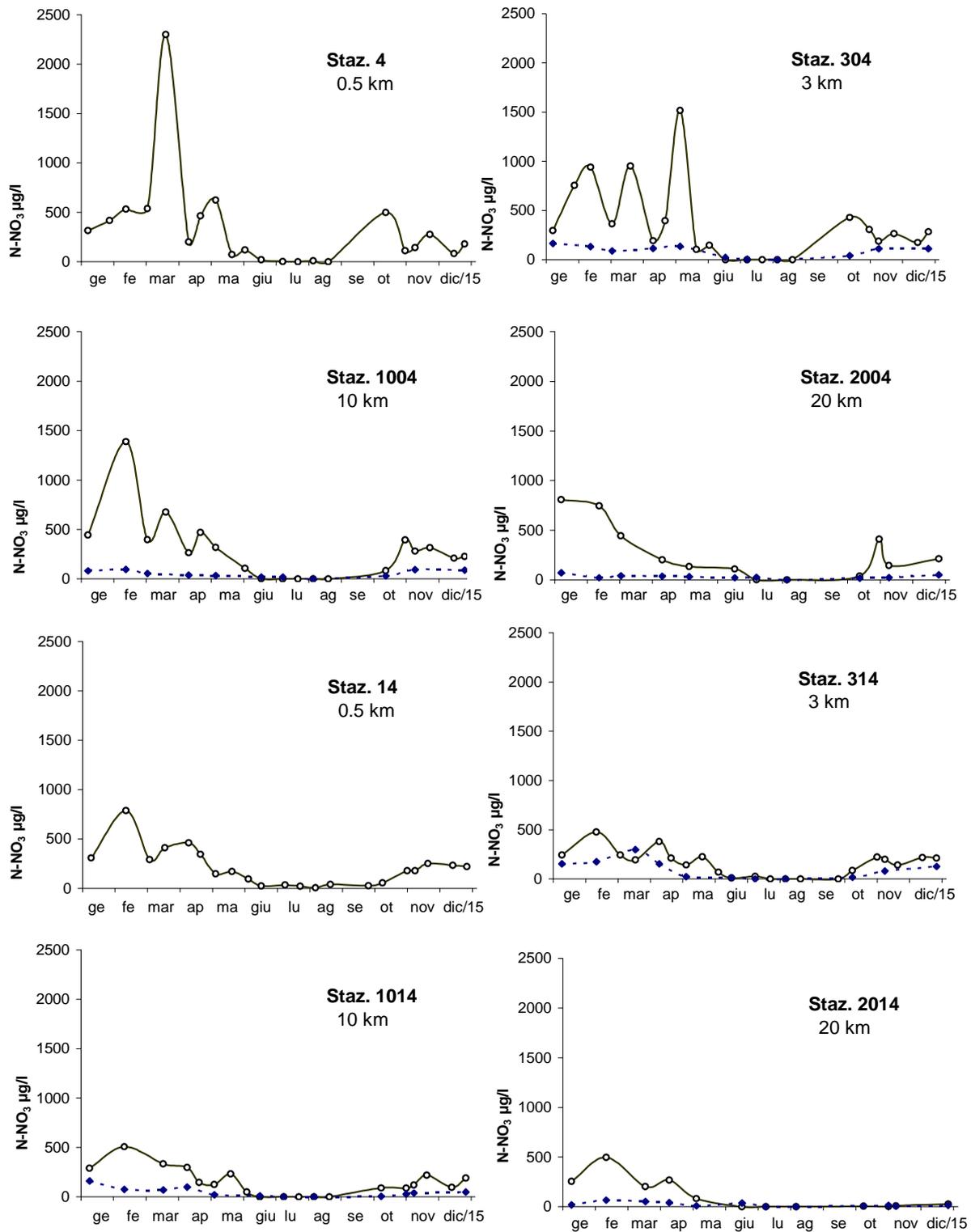


Figura 44 – Andamenti temporali dell’azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo le due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

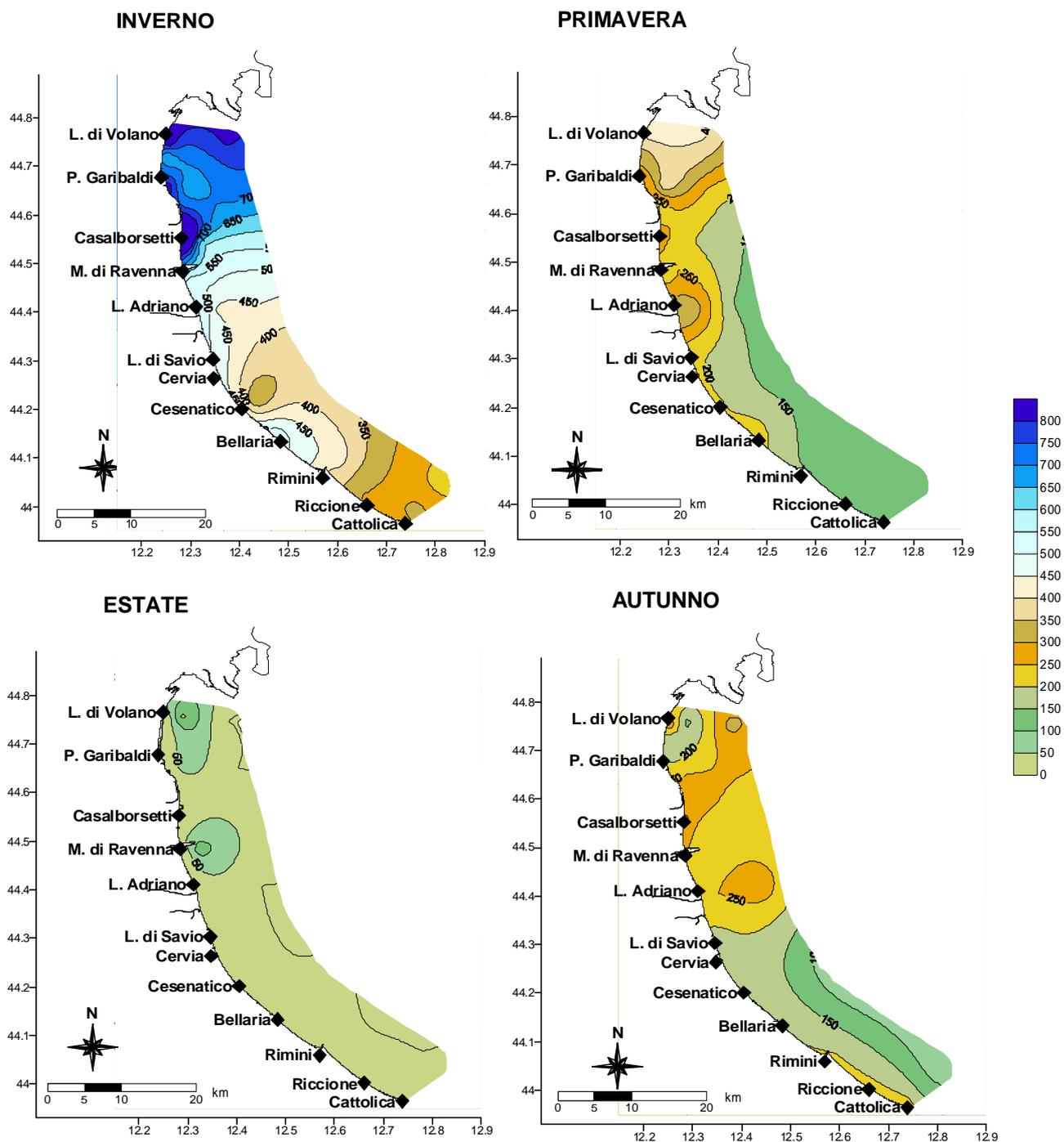


Figura 45 – Mappe di distribuzione delle medie stagionali dei nitrati in superficie ($\mu\text{g/l}$)

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

L'andamento dell'azoto nitroso rispecchia in buona parte quello già analizzato per l'azoto nitrico (Figura 46) e, pur mostrando concentrazioni più basse, risulta anche esso ben correlato alle portate fluviali.

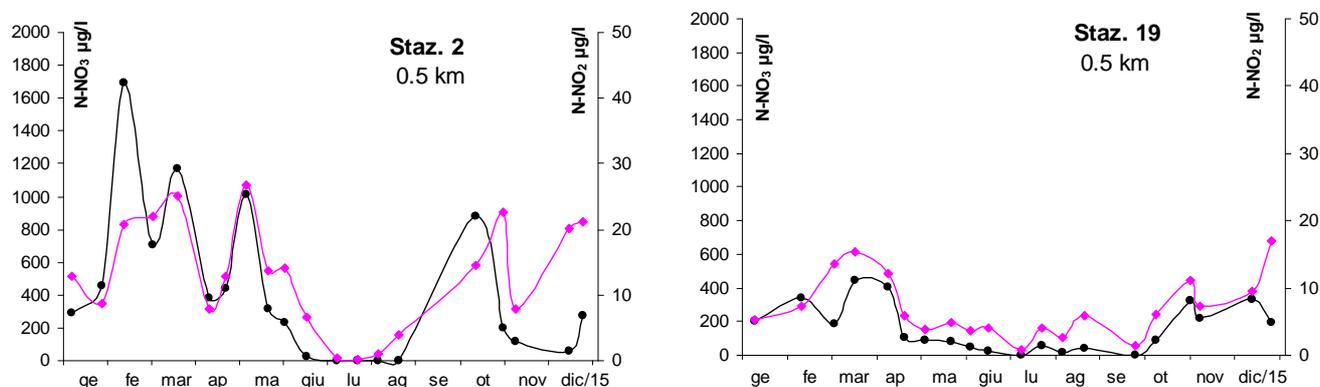


Figura 46 - Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea nera) e dell'azoto nitroso (linea viola) nelle stazioni a 0.5 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Cattolica

Conseguentemente, le concentrazioni nelle stazioni più settentrionali sono più elevate e variabili. Tale variabilità si risente anche nelle stazioni a 3 km dalla costa, mentre nelle stazioni più a sud il range di variabilità è ridotto ed il parametro si mantiene in generale più omogeneo (Figura 47).

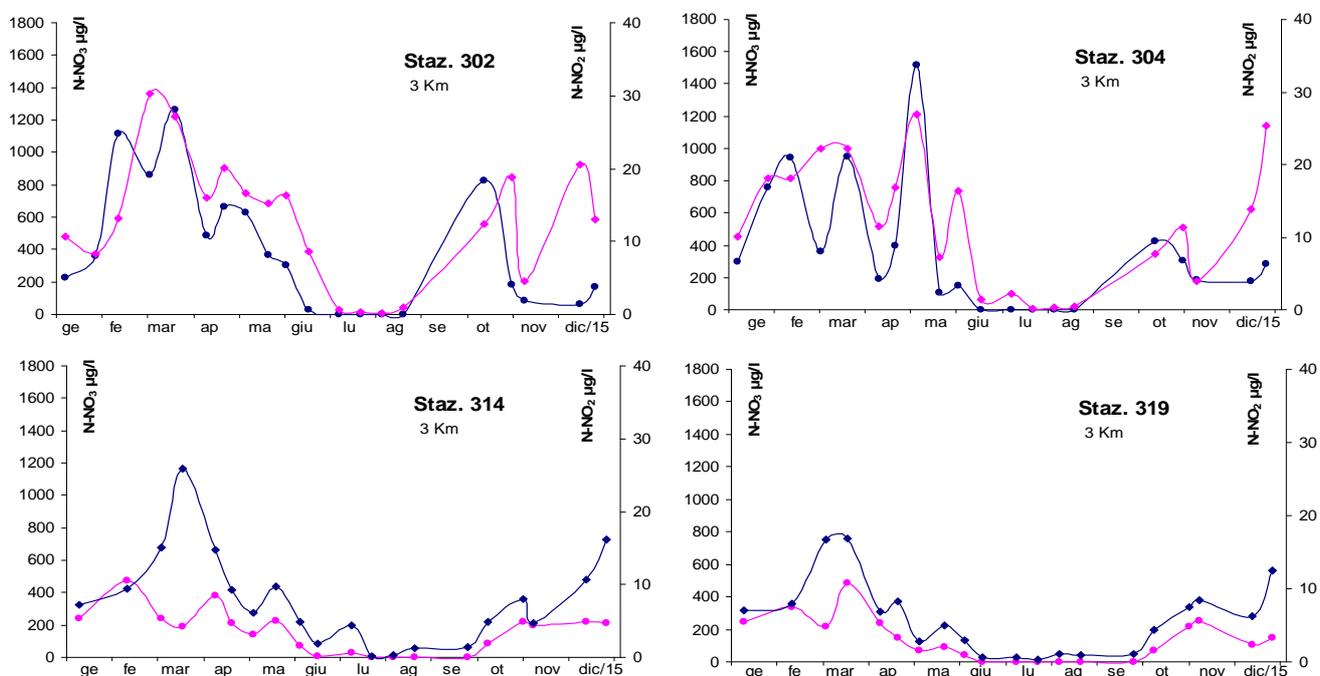


Figura 47 - Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea viola) e dell'azoto nitroso (linea blu) nelle stazioni a 3 km dalla costa davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Mentre le fluttuazioni in superficie mostrano una forte variabilità in superficie, sul fondo si rilevano concentrazioni in generale più basse e lineari. Le distribuzioni annuali in superficie e sul fondo rappresentano bene questa situazione (Figura 48). In alcuni controlli si sono analizzati campioni di acque sul fondo con valori maggiori di azoto nitroso sul fondo rispetto ai campioni di superficie; questa condizione si verifica in concomitanza a situazioni di ipossia/anossia in cui la mineralizzazione della sostanza organica provoca consumo di O₂, con rimessa in circolo di azoto nitroso.

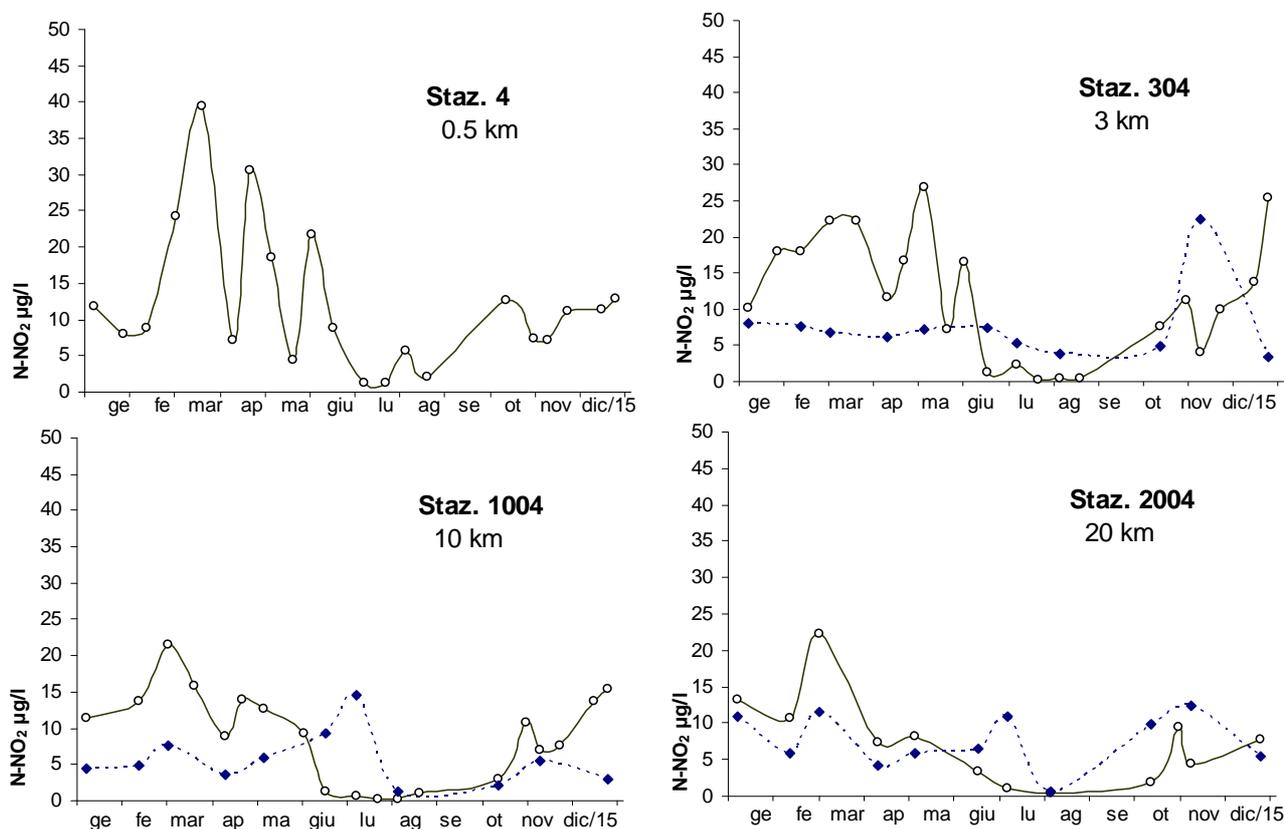


Figura 48 – Andamenti temporali dell’azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo il transetto di Porto Garibaldi

Il valore più alto rilevato nel 2015 è stato registrato il 20 marzo con 39,44 µg/l a Porto Garibaldi nella stazione più in costa. Le medie annuali dell’azoto nitrico evidenziano concentrazioni alte e molto simili nelle stazioni in costa lungo la zona più a nord, valori che tendono a diminuire al centro e al sud lungo la fascia costiera (Figura 49).

A Lido Adriano le concentrazioni lungo il transetto sono molto simili mentre nelle altre si osserva un trend in diminuzione da costa a largo.

L’elaborazione delle medie stagionali conferma in quasi tutte le stazioni dati più alti in inverno e più bassi in estate. Nella stazione 9 (Lido Adriano) le più alte concentrazioni di azoto nitrico si sono registrate in primavera (Figura 50).

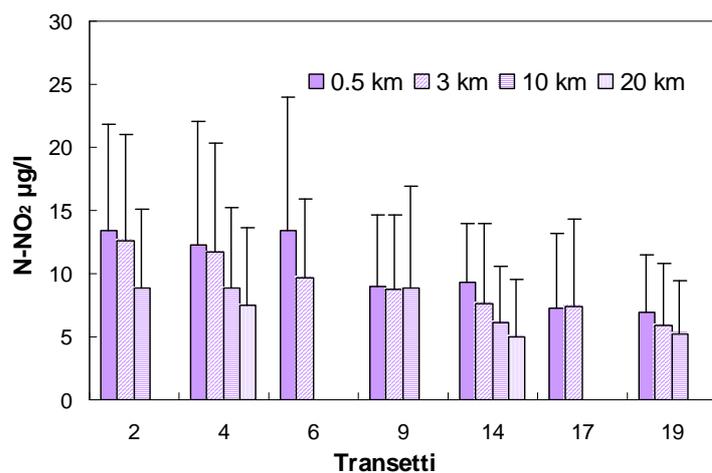


Figura 49 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

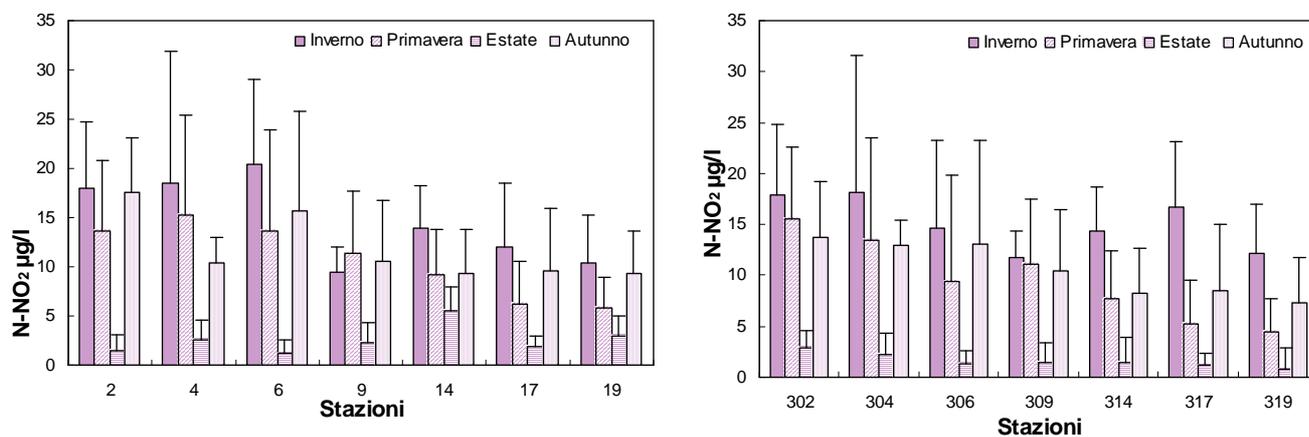


Figura 50 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e a 3 km dalla costa

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

Un'altra forma solubile dell'azoto analizzato nelle acque marine è l'azoto ammoniacale. La sua presenza nelle acque è normalmente di origine fluviale ed è legata all'immissione di reflui generati dagli insediamenti urbani. Proprio per questo il suo andamento evidenzia concentrazioni più elevate nelle stazioni in costa sia in quelle posizionate più a nord che in quelle più a sud, risultando estremamente variabile anche analizzando le medie annuali (Figura 51).

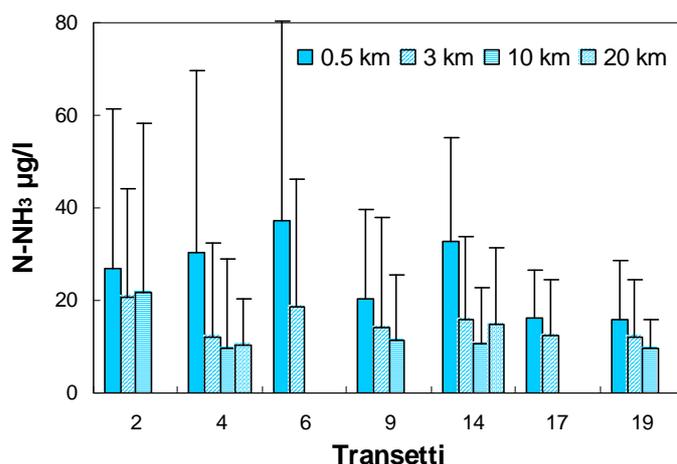


Figura 51 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'elaborazione delle medie stagionali conferma una maggior presenza di azoto ammoniacale nelle acque a 0.5 dalla costa rispetto alle stazioni più al largo anche a partire da quelle posizionate a 3 km (Figura 52). Infatti ad esempio a primavera nelle stazioni più in costa in alcuni casi i dati medi sono molto simili a quelli calcolati per l'inverno.

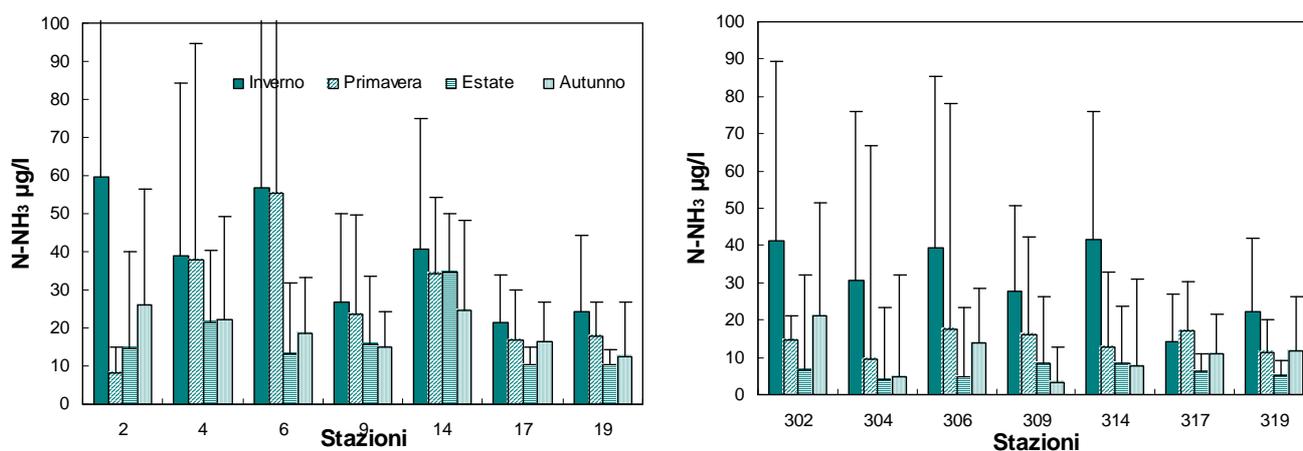


Figura 52 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5e a 3 km dalla costa

Nella stazione 6 posizionata a 0.5 km antistante a Casalboretto, si sono rilevate le maggiori concentrazioni in primavera pari a 55.3 µg/l. Durante il campionamento del 1 giugno nelle acque analizzate è stata rilevata una concentrazione di 166 µg/l.

Il valore più alto nel 2015 è 223.9 µg/l trovato nella stazione 11 (0.5 km davanti a Lido di Savio) nel primo monitoraggio di gennaio.

L'andamento temporale in superficie e sul fondo rappresentato in Figura 53 lungo il transetto di Porto Garibaldi evidenzia l'elevata variabilità del parametro nelle acque superficiali più in costa, nelle acque più al largo l'andamento rimane più lineare e con valori più contenuti. Molto evidente l'andamento nel mese di giugno con un valore elevato pari a 152.3 µg/l nella stazione 4 e valori compresi tra 7.5 e 1.5 µg/l nelle altre stazioni a 3, 10 e 20 dalla costa (Figura 55). Sul fondo la presenza di concentrazioni più alte di azoto ammoniacale rispetto a quelle di superficie sono dovute alla mineralizzazione della componente organica presente a livello di fondale che rende solubile l'elemento rilasciandolo lungo la colonna.

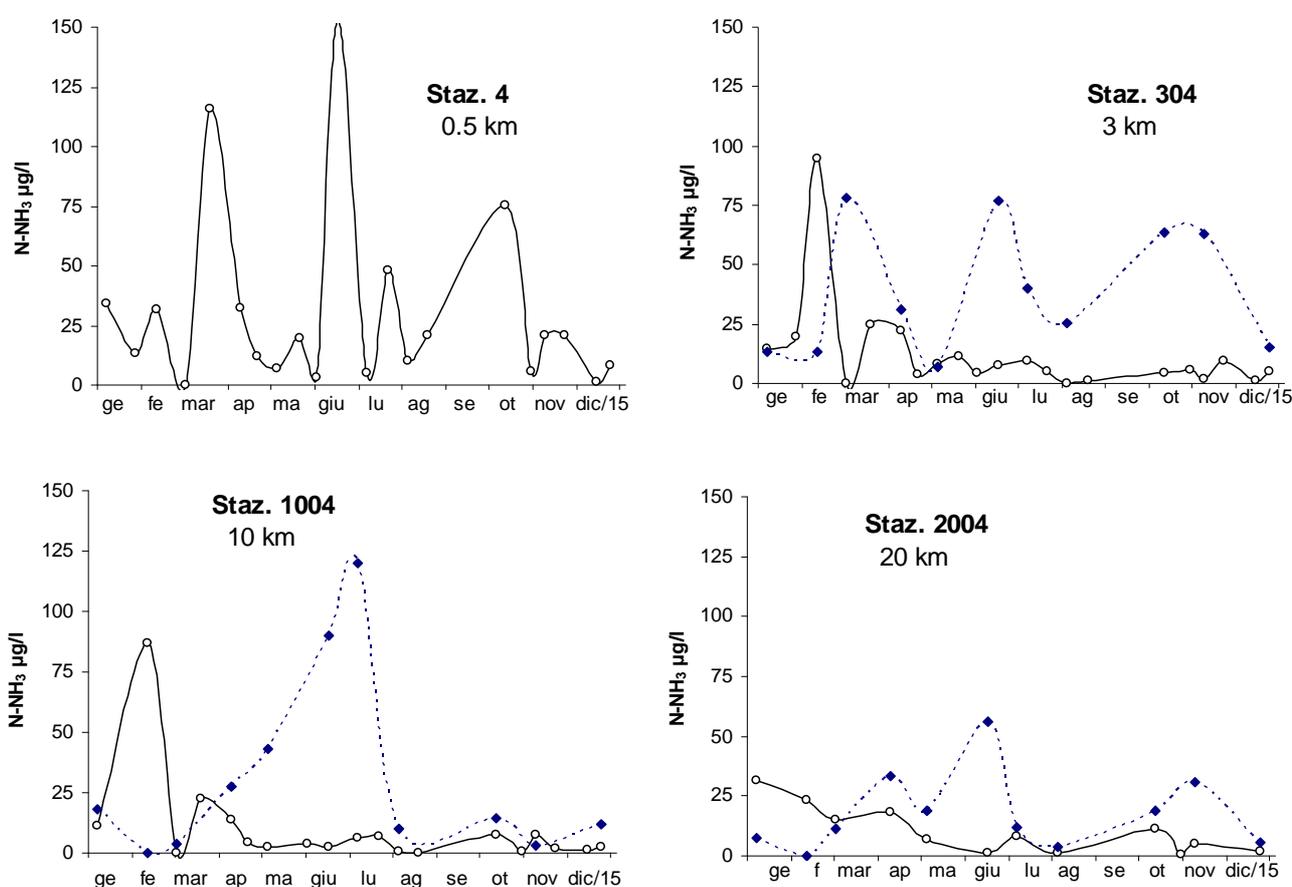


Figura 53 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

La mappa di Figura 54 rappresenta la distribuzione dell’azoto ammoniacale in superficie nel mese di febbraio evidenziando maggiori concentrazioni nell’area più a nord direttamente influenzata dagli apporti del bacino padano e nell’area antistante Ravenna in conseguenza agli eventi meteorologici precedentemente descritti che tramite gli apporti dai fiumi locali sono arrivati in mare.

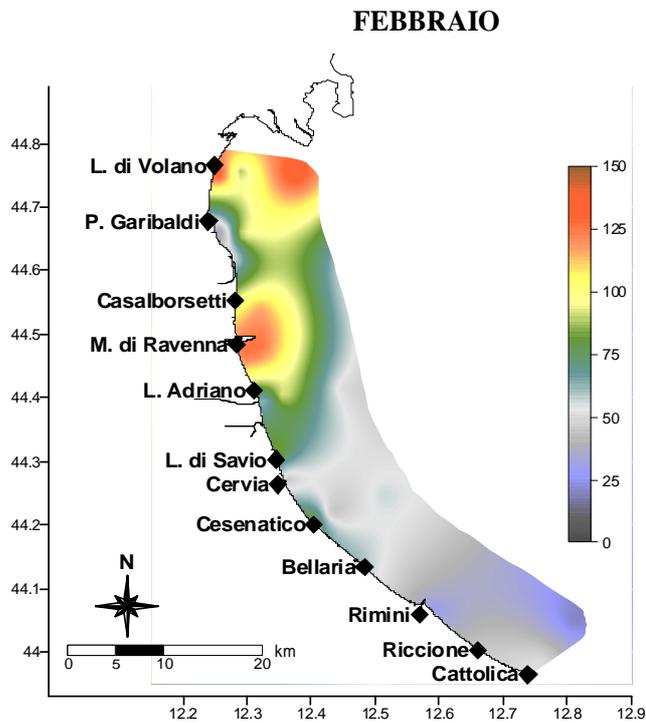


Figura 54 - Mappa di distribuzione dell'azoto ammoniacale da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali nel mese di febbraio

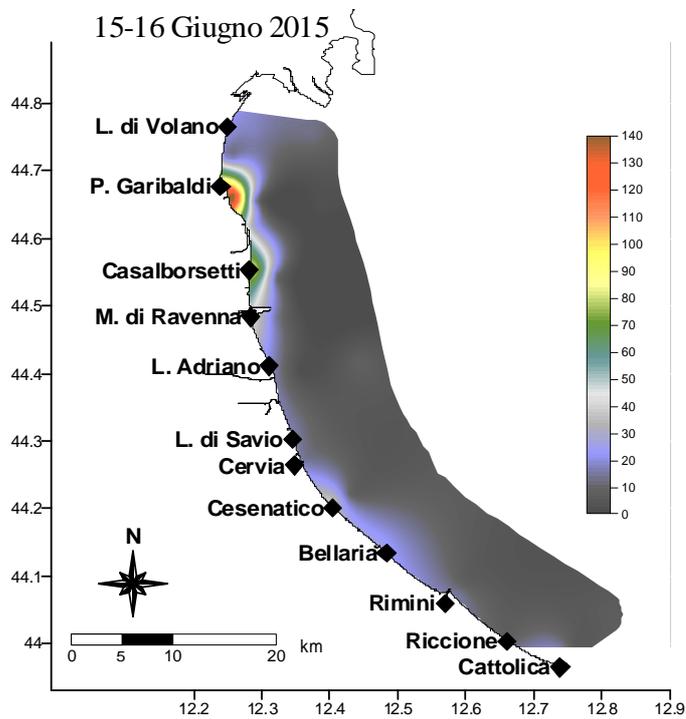


Figura 55 – Mappa di distribuzione in superficie dell'azoto ammoniacale da costa fino a 10 km al largo rilevato durante il monitoraggio del 15-16 giugno

4.3.2.a Azoto inorganico disciolto (DIN)

Il DIN, ovvero l'azoto inorganico disciolto, è determinato dalla somma delle concentrazioni di tutte e tre le forme azotate solubili (N-NO₃, N-NO₂ e N-NH₃).

Gli istogrammi di Figura 56 riportano le variazioni dei valori medi mensili del DIN nel 2015 in tre stazioni a 3 km dalla costa in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

Si è rapportato per ogni stazione considerata, il valore medio mensile calcolato con il dato medio mensile ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002: questo dataset rappresenta le condizioni di riferimento e comparazione al fine di valutare le eventuali variazioni e/scostamenti. I valori positivi significano che il DIN, nel corso del singolo mese ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia, i valori negativi al contrario identificano una diminuzione del parametro.

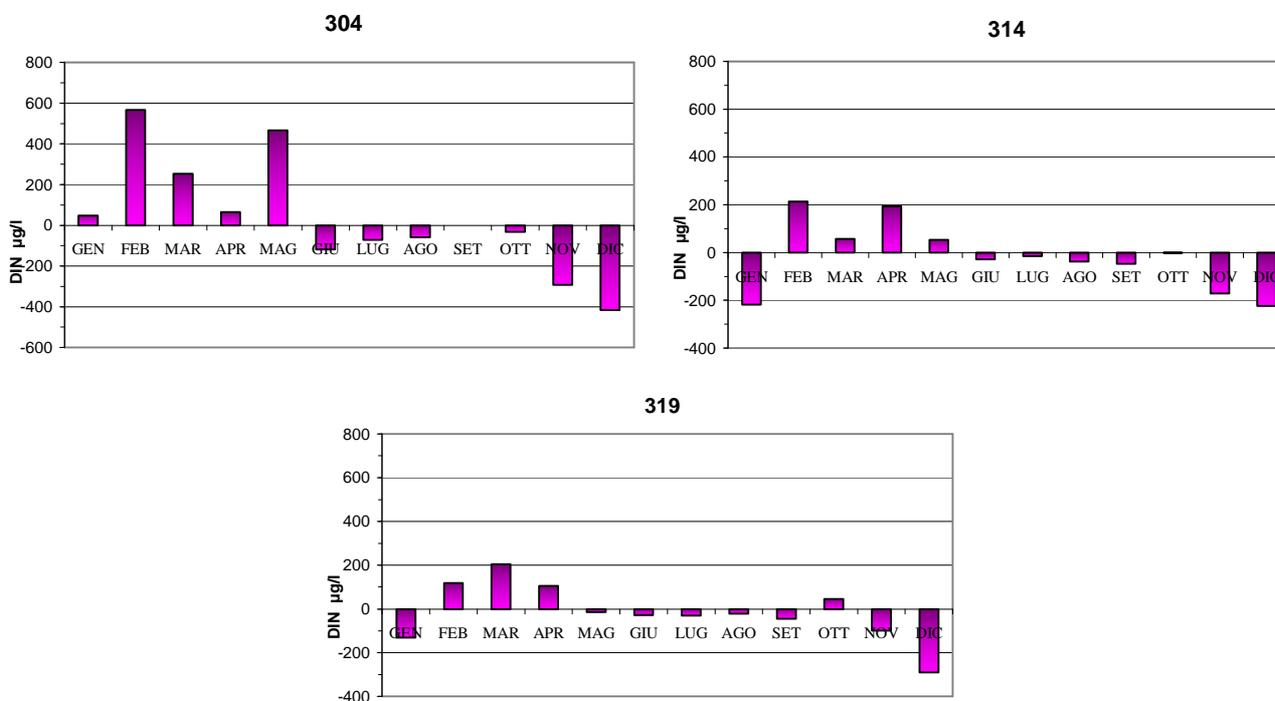


Figura 56 – Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico e 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

Per tutte e tre le stazioni nei mesi di febbraio, marzo e aprile si evidenzia un incremento della concentrazione del DIN rispetto al valore di riferimento anche se nella stazione più settentrionale (304) a febbraio l'aumento è molto più netto. Anche a maggio, in questa stazione, i valori risultano superiori alla media mentre a fine anno (novembre-dicembre) le concentrazioni elaborate evidenziano una marcata diminuzione rispetto alla media climatologica del periodo.

Anche per le stazioni 314 (Cesenatico) e 319 (Cattolica) i valori nello stesso periodo rilevano una diminuzione rispetto ai valori di riferimento come anche a gennaio. Nei mesi estivi le concentrazioni rilevate nel 2015 rimangono poco al di sotto del limite di riferimento.

Analizzando (Figura 57) le medie geometriche annuali nel lungo periodo in tre aree a 0.5 km rappresentative di tutta la fascia costiera, si evidenzia una diminuzione dei valori nell'area più a nord (Goro-Comacchio) mentre per le altre stazioni la tendenza è in linea con l'andamento del trend. Nel grafico sono inoltre rappresentate sia le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate) che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, che quelle di ordine superiore (linee continue) che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale.

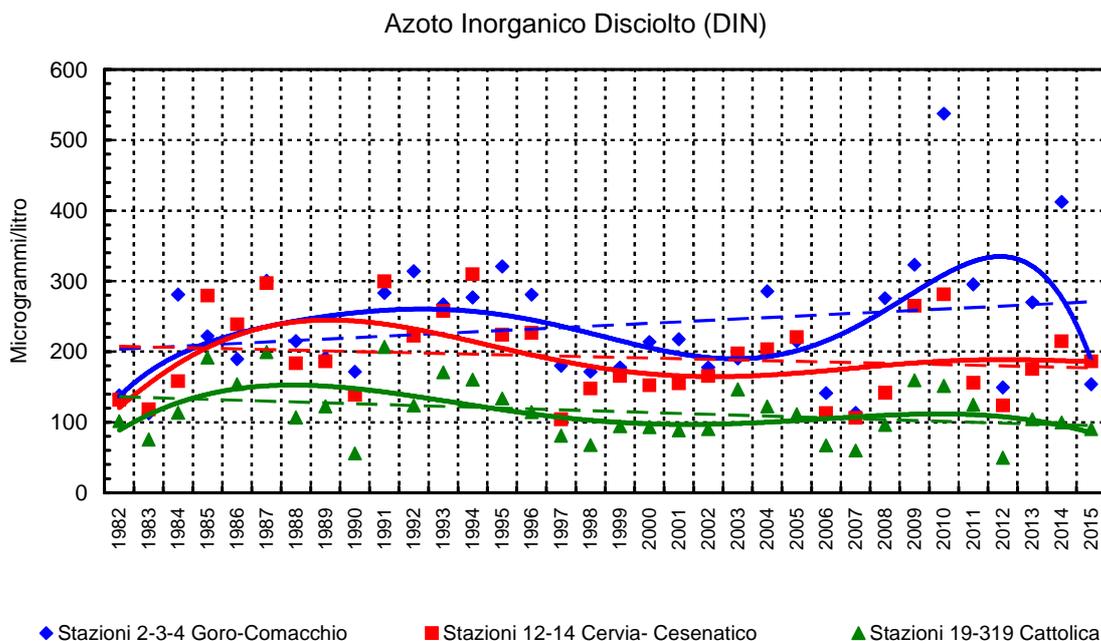


Figura 57 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2015)

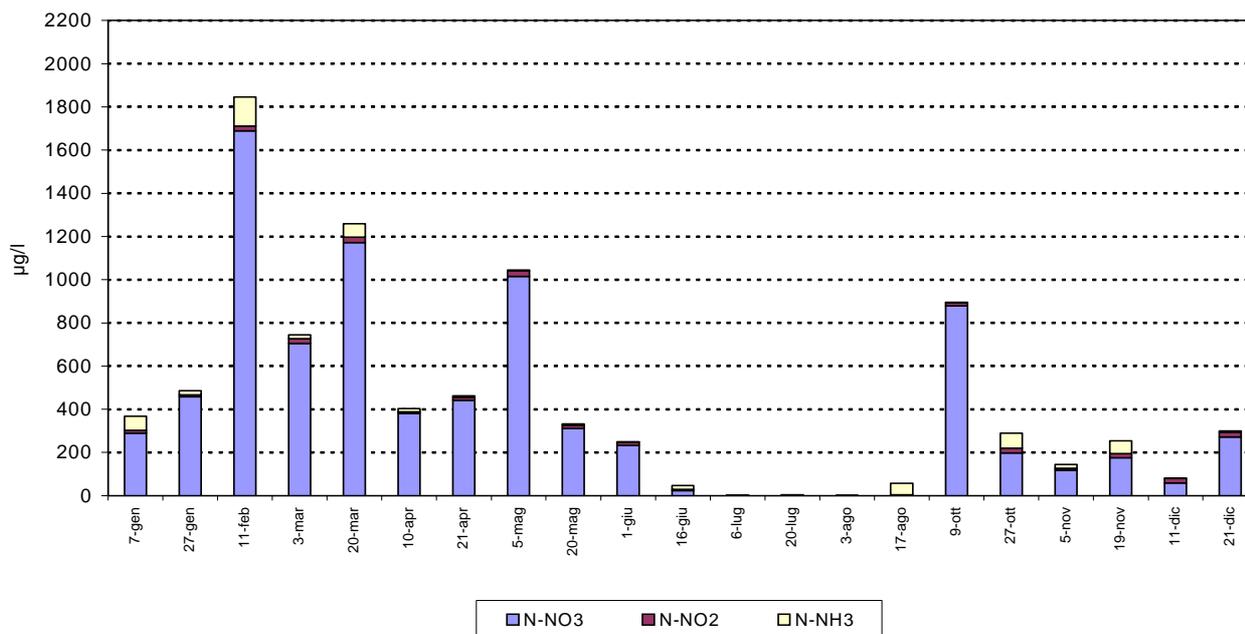


Figura 58 – Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione di Lido di Volano

Gli istogrammi di Figura 58 mostrano la distribuzione delle tre componenti azotate disciolte nelle acque campionate durante l'anno nella stazione 2 (0.5 km antistante Lido di Volano). La forma che maggiormente incide sui valori di delle tre componenti azotate disciolte è l'azoto nitrico (N-NO₃). Fa eccezione il campionamento del 17 agosto dove i valori di DIN bassi erano costituiti praticamente solo da azoto ammoniacale.

4.3.2.b Azoto totale (N tot)

L'andamento dell'azoto totale come per le forme azotate solubili analizzate fino ad ora conferma la tendenza ad una diminuzione di concentrazione da nord a sud della costa. L'analisi delle medie annuali nei punti di controllo lungo i transetti conferma la presenza di azoto totale più in costa rispetto al largo ad eccezioni delle stazioni più settentrionali dove i dati medi calcolati mostrano condizioni simili sia a 3, 10 che a 20 km al largo. Questo conferma l'influenza diretta degli apporti dal bacino padano su tutta l'area (Figura 59).

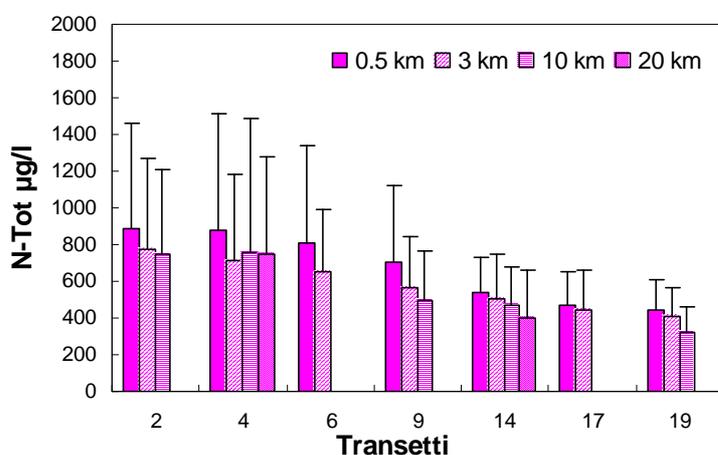


Figura 59 – Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

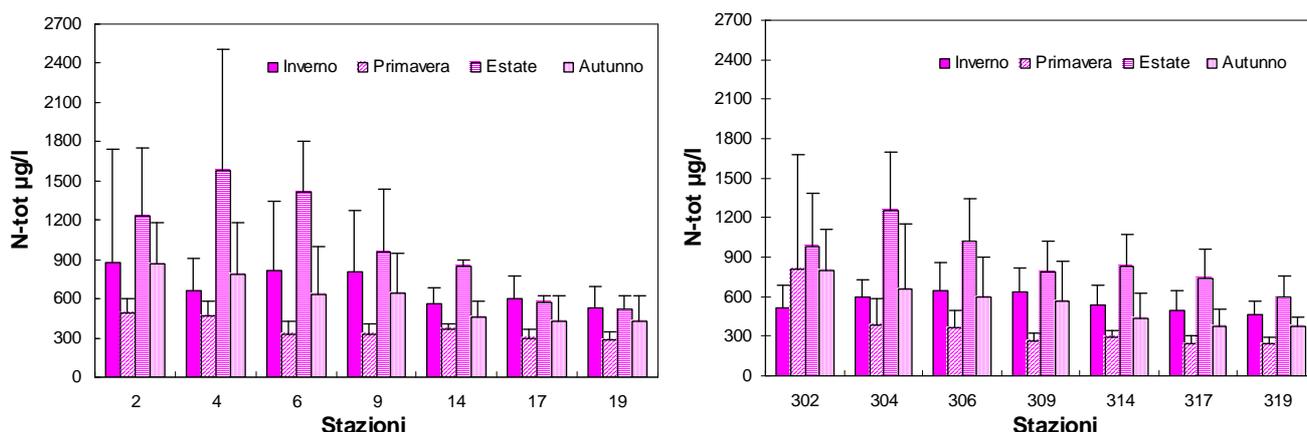


Figura 60 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'elaborazione dei dati per stagione nelle stazioni a 0.5 e 3 km evidenzia la presenza in superficie di concentrazioni maggiori in estate rispetto all' inverno e all' autunno e minori in primavera (Figura 60).

Anche per l'azoto totale sono state rappresentate le medie mensili in tre stazioni posizionate a 3 km dalla costa (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica) e si sono confrontate con i valori di riferimento calcolati su un lungo periodo (1993-2002) per meglio interpretare l'andamento del parametro durante l'anno. In tutte e tre le stazioni si osserva un aumento della concentrazione di azoto totale rispetto alla media climatologica nel mese di febbraio e marzo. A marzo l'aumento è molto simile in tutti i punti di campionamento mentre in altri l'andamento è variabile e solo a febbraio nella stazione 304 (Porto Garibaldi) lo scostamento è più netto. Valori negativi più marcati indicano una diminuzione della variabile rispetto alla condizione "normale" di riferimento: questi si osservano a gennaio nella 314 e nella 319, a novembre a Porto Garibaldi e Cattolica e a dicembre in tutte e tre le stazioni.

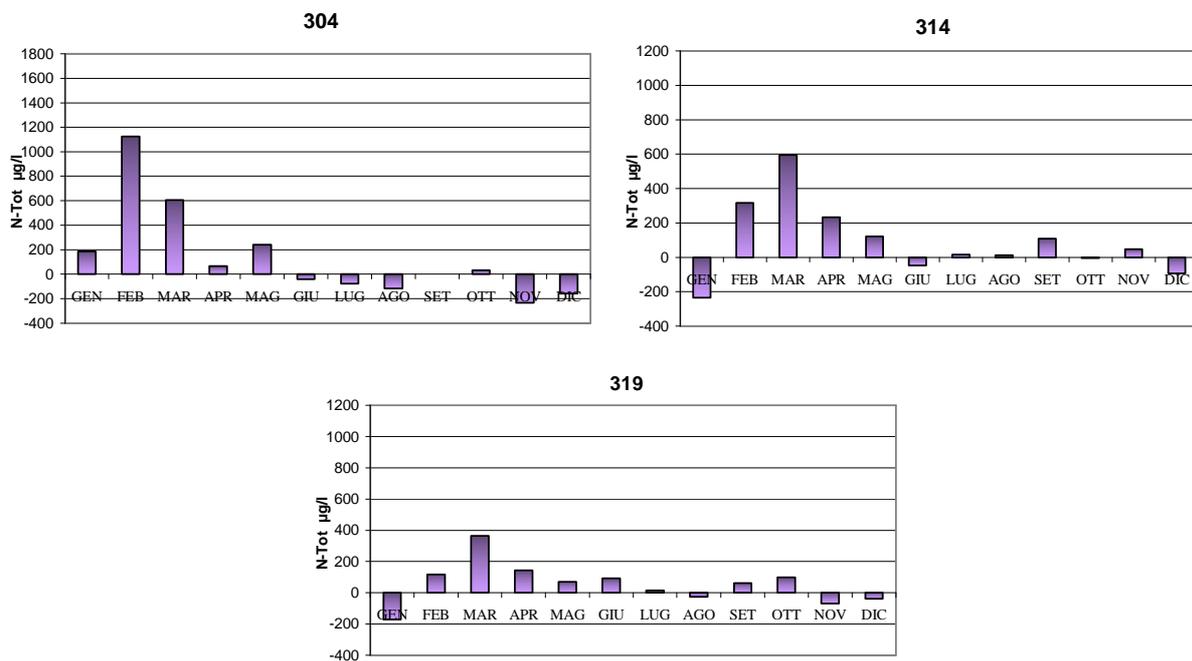


Figura 61 - Variazione dei valori medi mensili dell'azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico e 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

4.3.2.c Fosforo reattivo (P-PO₄)

Anche per il fosforo reattivo si è misurata un'elevata variabilità nel corso del 2015, correlata sempre all'andamento degli apporti fluviali immessi in ambiente marino sia dal bacino padano che dai bacini costieri. Valori maggiori sono stati registrati in inverno in tutte le stazioni. L'elaborazione delle medie annuali (Figura 62) evidenzia un trend in diminuzione nord sud con valori massimi a Casalborsetti a 0.5 km dalla costa.

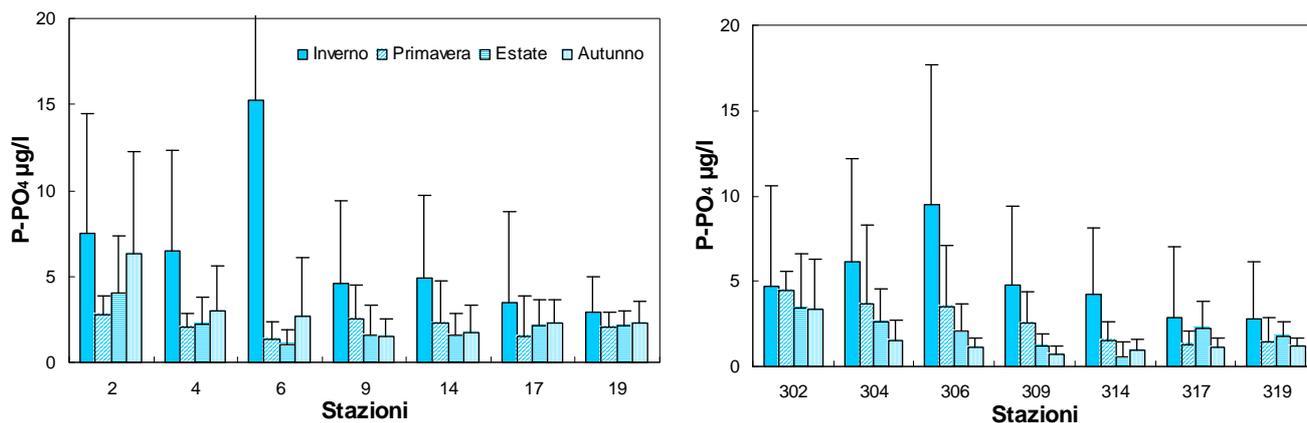


Figura 62 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'analisi delle medie annuali lungo i transetti evidenziano anche qui una tendenza ad una diminuzione di ortofosfato nelle acque marine andando verso le aree più a sud (Figura 63). Concentrazioni più basse si rilevano nelle stazioni più al largo anche se in generale le differenze non sono così marcate. Lungo il transetto di Porto Garibaldi i valori medi più bassi di P-PO₄ sono risultati nella stazione a 10 km.

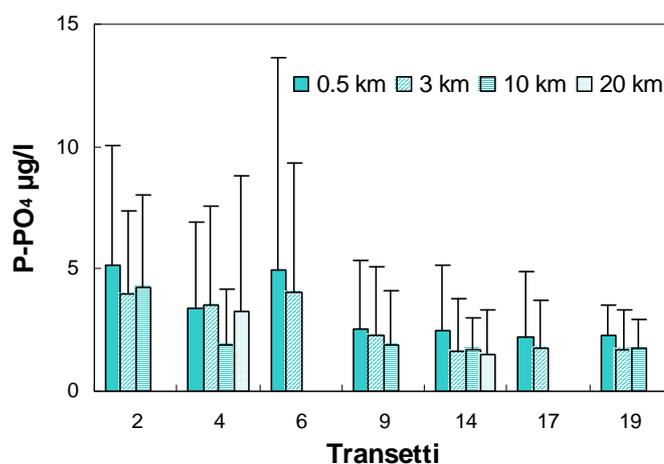


Figura 63 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Il confronto dei valori medi mensili del 2015 con valori calcolati per ogni mese (periodo storico 1993-2002) nelle tre stazioni 304, 314 e 319 mostra in generale una diminuzione delle concentrazioni rispetto alla condizione “normale” di riferimento (Figura 64). Valori negativi più netti si osservano a novembre e a dicembre in tutte e tre le stazioni. Valori positivi si rilevano in gennaio in tutte le stazioni rappresentate anche se in maniera più marcata nella 304; a Porto Garibaldi i dati elaborati a maggio rilevano un aumento nel 2015 rispetto ai valori climatologici di riferimento.

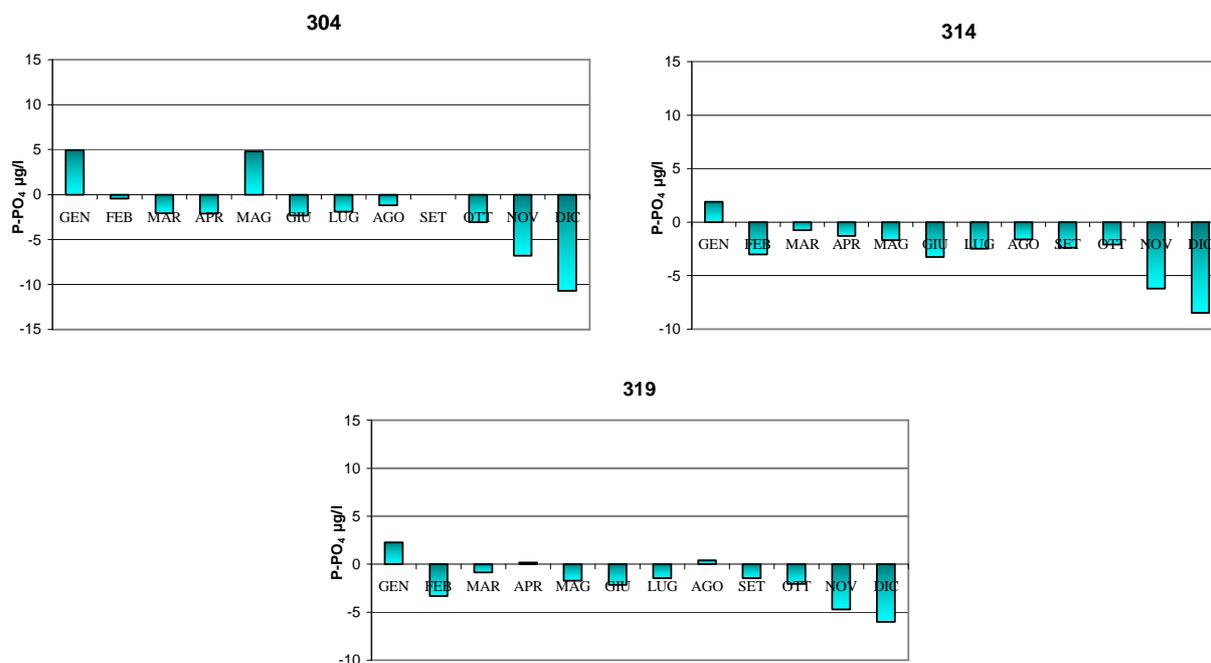


Figura 64 - Variazione dei valori medi mensili dell’ortofosfato nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico e 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

Le mappe di distribuzione elaborate in Figura 65 mostrano l’andamento medio mensile in superficie dell’ortofosfato nei mesi di gennaio e agosto sottolineando più elevate concentrazioni in inverno rispetto all’estate.

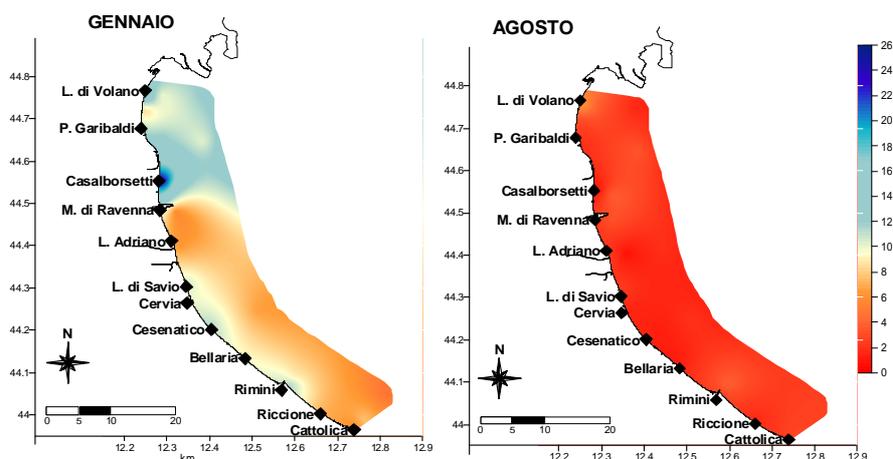


Figura 65 – Mappe di distribuzione dell’ortofosfato da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali nei mesi di gennaio e agosto (medie mensili)

Anche per il fosforo reattivo si sono elaborate nel 2015 le medie geometriche annuali in tre aree rappresentative della fascia costiera per valutare un trend evolutivo considerando un lungo periodo storico a partire dal 1983 (Figura 66). L'area più settentrionale tra Goro e Comacchio rispetto agli ultimi due anni mostra una leggera diminuzione del fosforo solubile mentre nelle altre la situazione si mantiene pressoché invariata. Nel grafico sono rappresentate le tendenze lineari (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.

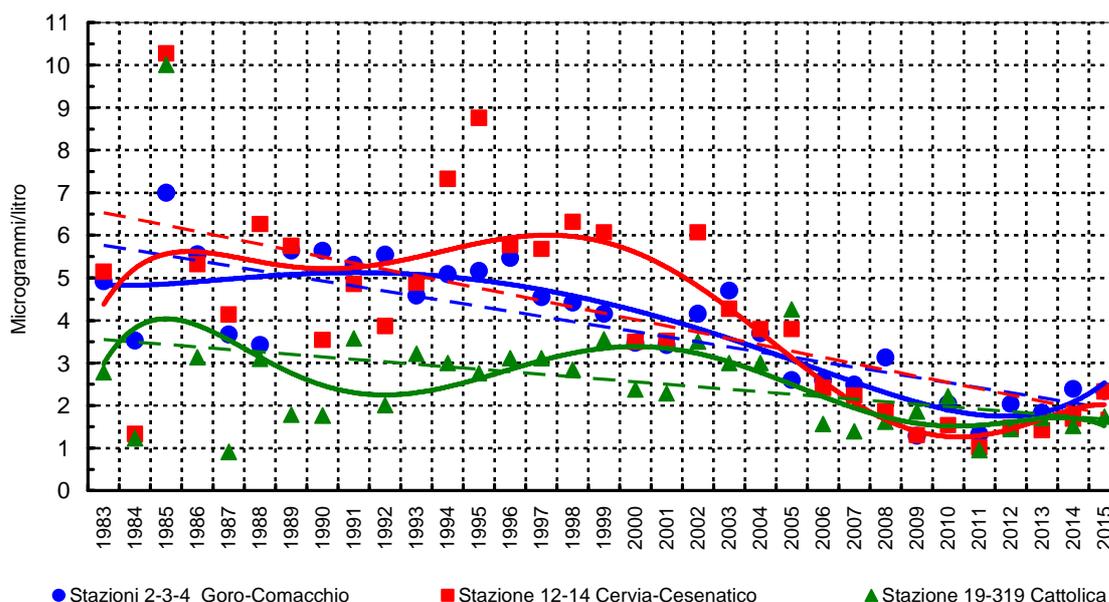


Figura 66 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del P-PO₄ in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2015)

L'andamento temporale elaborato nelle stazioni lungo i due transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico mostra l'elevata variabilità del parametro in superficie soprattutto nelle stazioni più in costa. I punti di campionamento lungo la direttrice di Porto Garibaldi posizionate a 10 e a 20 km presentano maggiori concentrazioni di ortofosfato rispetto a quelle di Cesenatico (Figura 68).

Sul fondo i dati rilevati risultano più contenuti e omogenei nelle stazioni a Cesenatico mentre lungo il transetto di Porto Garibaldi si osserva una maggior variabilità con concentrazioni, in alcuni campionamenti, nettamente superiori a confronto con quelle misurate nelle acque di superficie.

Il valore più elevato misurato nel 2015 è stato di 34.32 µg/l nella stazione 6 durante il primo monitoraggio dell'anno.

I campionamenti effettuati a febbraio nelle acque marine antistanti Casalborgorsetti e Marina di Ravenna hanno registrato la presenza di alte concentrazioni di ortofosfato (Figura 67) correlati alle immissioni di elevate quantità di acque dolci dall'entroterra come conseguenza degli eventi meteorologici del 5 e 6 (Figura 32).

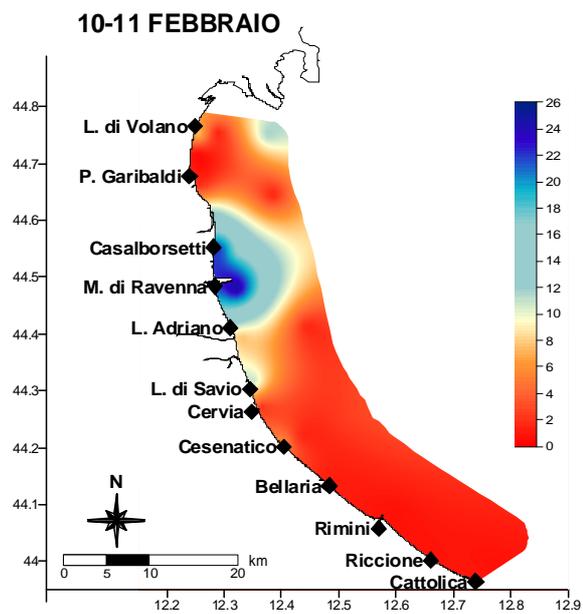


Figura 67 - Mappa di distribuzione dell'ortofosfato da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali rilevato nel monitoraggio del 10-11 febbraio

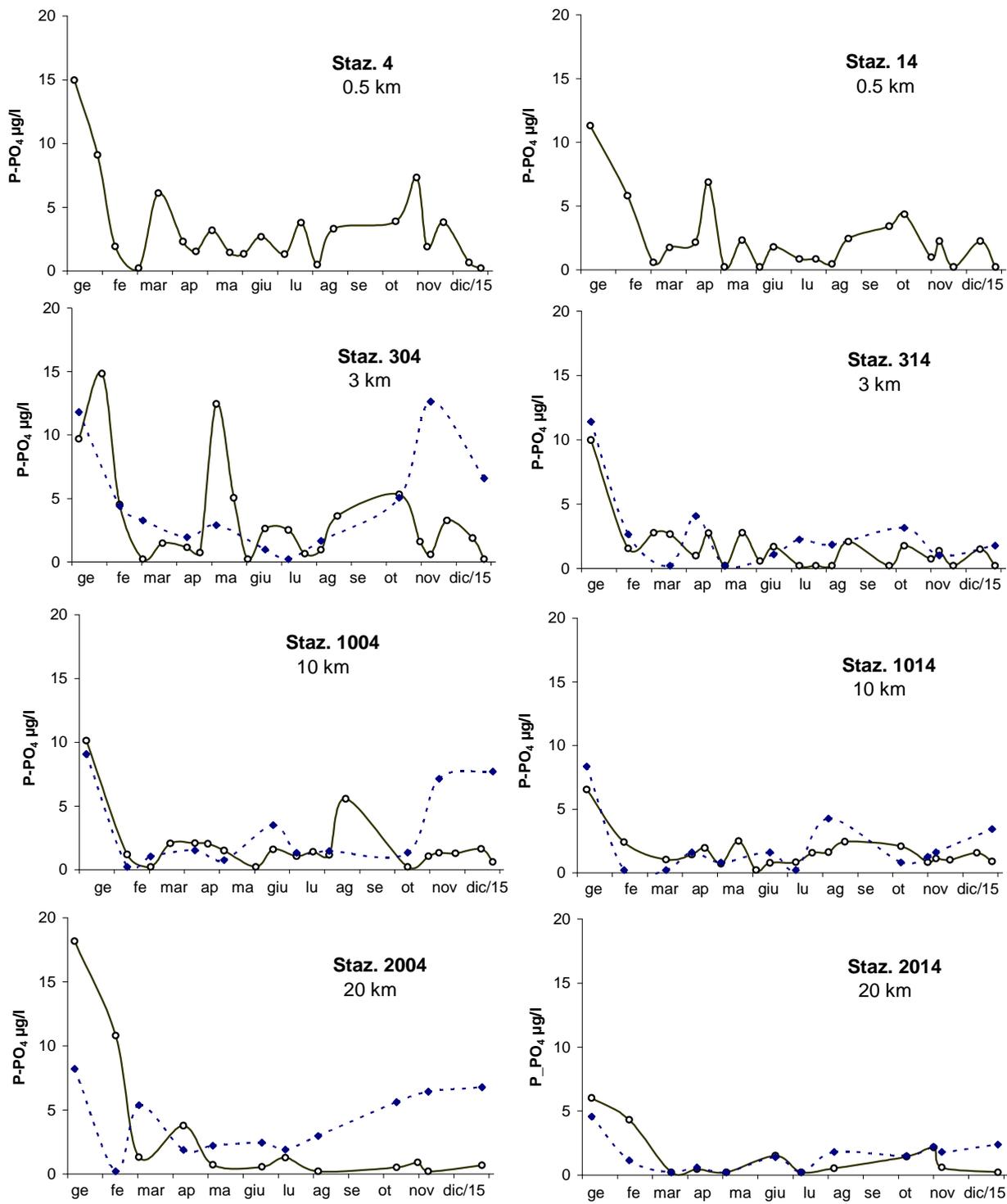


Figura 68 – Andamento temporale dell’ortofosfato in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

4.3.2.d Fosforo totale (P tot)

Anche per il fosforo totale l'andamento medio annuale nel 2015 evidenzia un trend in diminuzione nord sud e uno costa largo (Figura 69).

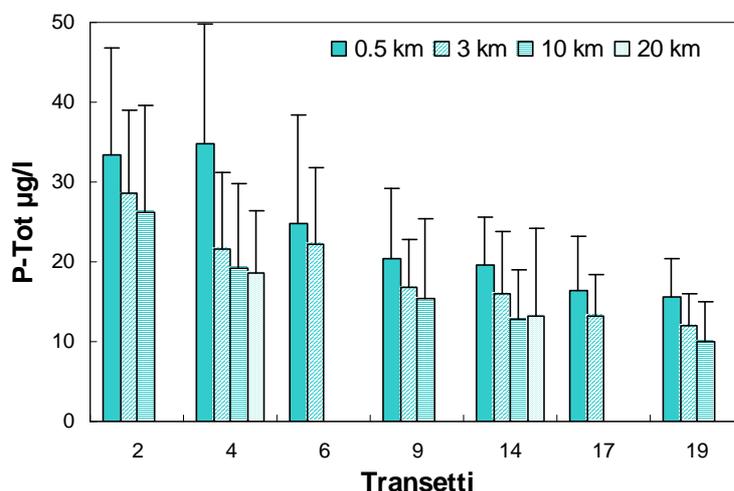


Figura 69 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3 10 e 20 km dalla costa

Elaborando i valori medi per stagione la tendenza nord sud risulta più marcata nelle stazioni in costa anche se si osserva un comportamento diverso nelle stazioni più settentrionali rispetto a quelle più meridionali (Figura 70). Nelle stazioni 2 e 302 si nota un aumento in primavera ed estate mentre ad esempio a Lido Adriano la situazione è opposta con valori più bassi proprio nella stagione estiva.

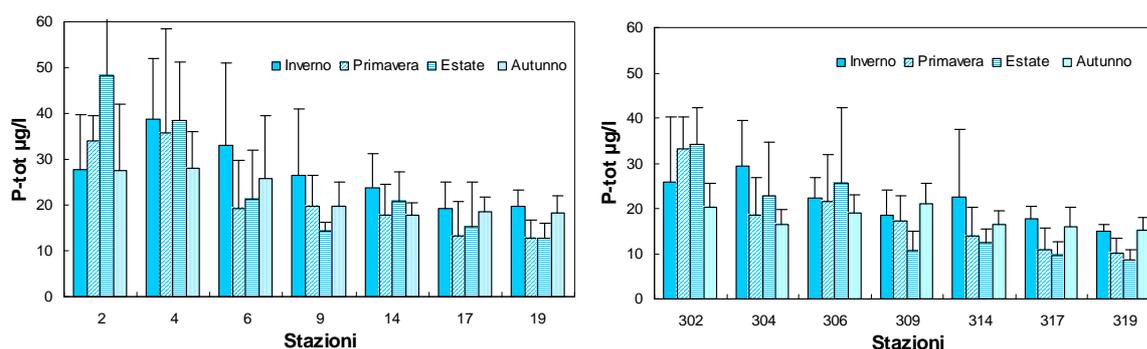


Figura 70 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'elaborazione delle medie mensili nelle tre stazioni posizionate alla distanza di 3 km dalla costa (304, 314 e 319) confrontata con la media climatologica, calcolata su un dataset di medie mensili su lungo periodo (1993-2002), evidenzia in generale una diminuzione di concentrazione di fosforo totale nelle acque. Valori positivi si registrano a febbraio nelle stazioni 304 e 314 (Figura 71) attestando al contrario un incremento rispetto al valore normale di riferimento.

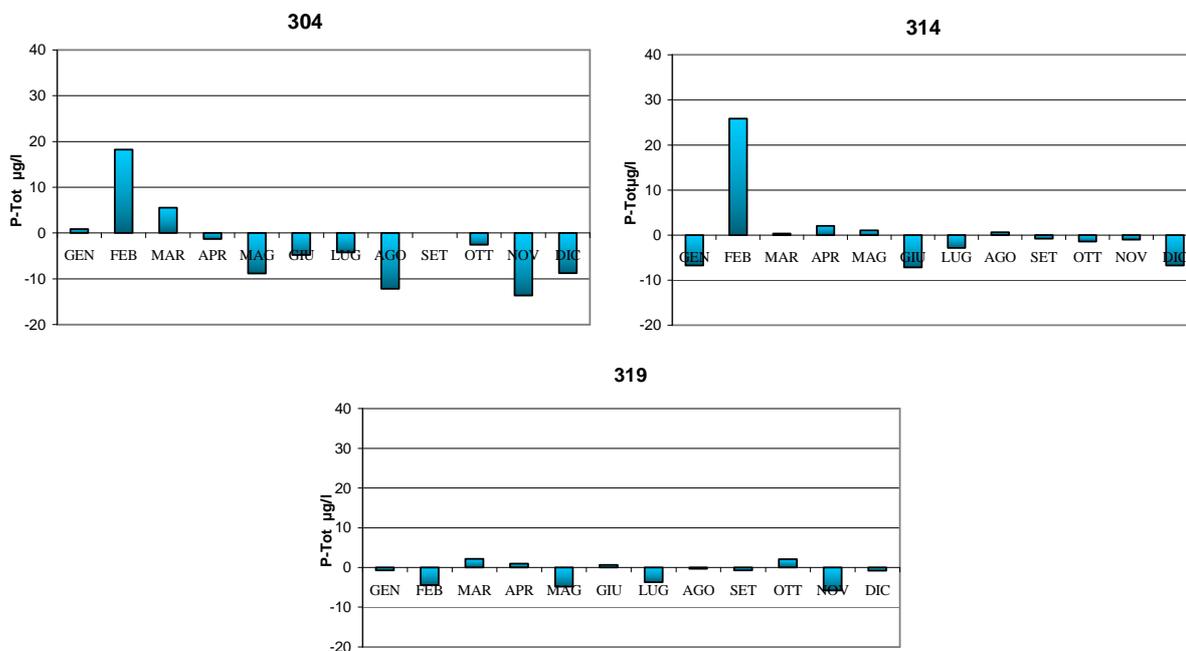


Figura 71 - Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico e 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

L'andamento temporale in superficie risulta molto variabile nelle stazioni fino a 3 km, mentre in quelle più al largo rimane più omogeneo e con valori inferiori. Sul fondo le fluttuazioni rimangono più contenute e i valori più omogenei da costa a largo (Figura 72).

L'analisi del trend evolutivo del fosforo totale in tre aree in costa prese come riferimento (Figura 73) mostra una costanza delle concentrazioni da nord a sud che si mantengono rispetto alle condizioni riscontrate negli ultimi anni.

Gli istogrammi in Figura 74 mostrano gli andamenti temporali dell'ortofosfato e del fosforo totale durante il 2015 nella stazione 2 a 0.5 km dalla costa. Si evidenzia la differenza di concentrazione dei due parametri con prevalenza del fosforo totale nei confronti della forma solubile. Questa ultima infatti è una componente meno rintracciabile in quanto immediatamente assimilabile dalla biomassa fitoplanctonica.

Il valore più elevato di fosforo totale è stato misurato nelle acque campionate a 10 km al largo lungo il transetto di Lido di Volano il 3 marzo, pari a 70,14 µg/l.

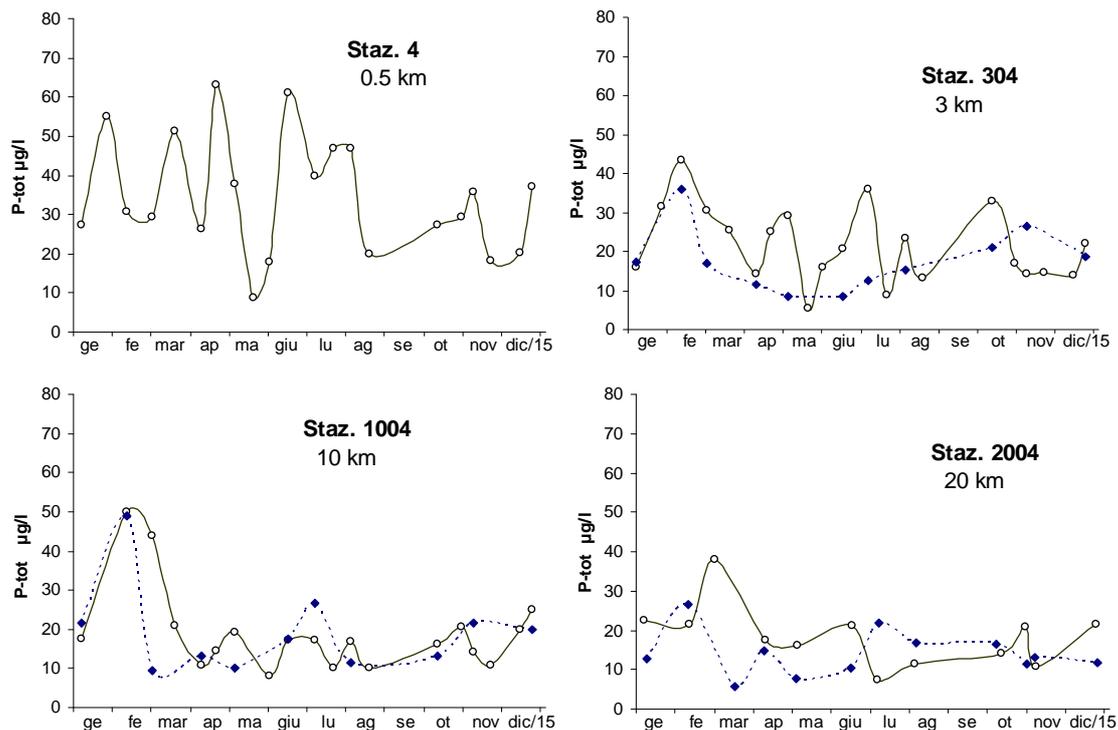


Figura 72 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

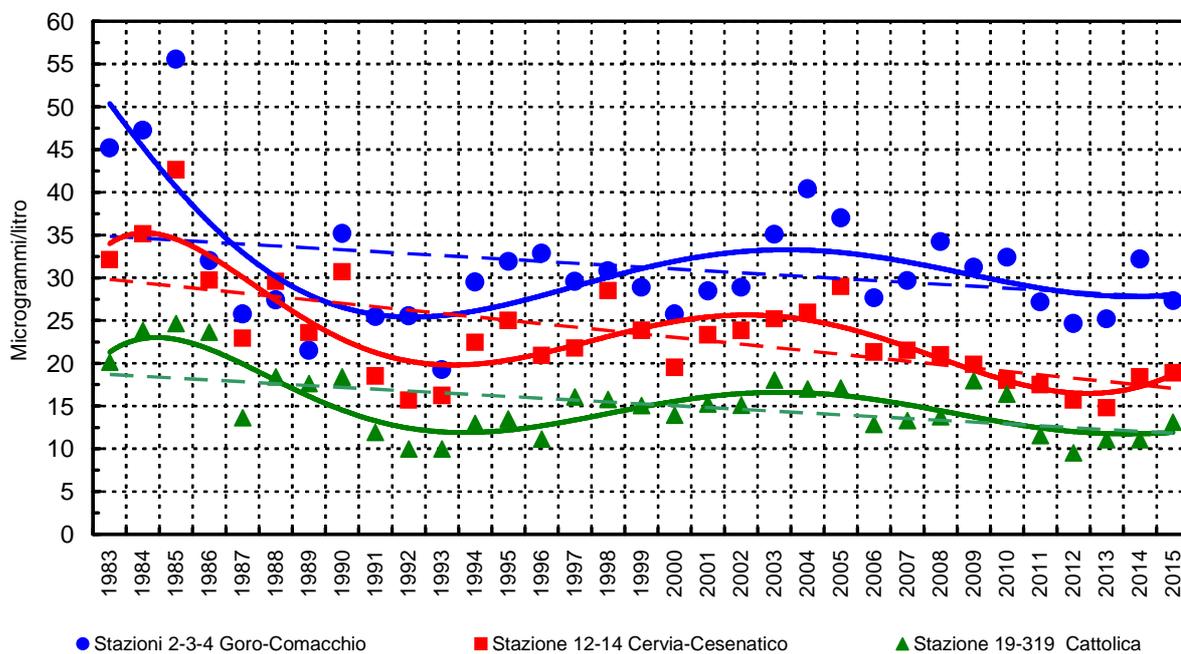


Figura 73 – Medie geometriche annuali trend evolutivo del fosforo totale in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2015)

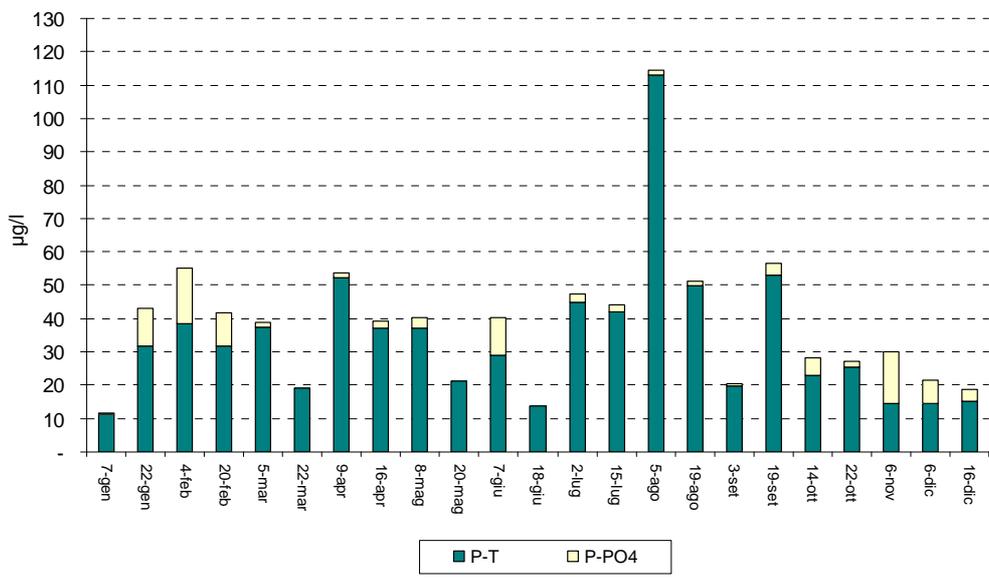


Figura 74 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo totale e dell’ortofosfato nella stazione 2 (Lido di Volano)

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

Anche nel 2015 le concentrazioni di silice reattiva misurate nelle acque marine in superficie mantiene un andamento analogo con quello degli altri nutrienti. Un netto trend negativo nord sud si evidenzia elaborando le medie annuali sia in costa che al largo ad eccezione della stazione 2: questa stazione essendo direttamente influenzata dagli apporti diretti del Po presenta spesso valori elevati (Figura 75).

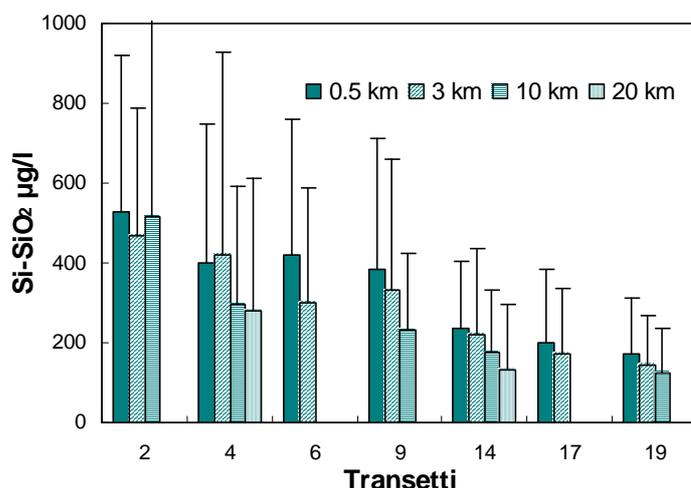


Figura 75 – Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Il confronto delle concentrazioni rilevate durante l'anno tra stazioni posizionate più a nord e quelle più a sud lungo la fascia costiera, sottolinea la forte variabilità del parametro nella prima rispetto alla seconda. Infatti tutte le stazioni centro-meridionali mostrano gradienti in diminuzione costa-largo con concentrazioni più elevate nelle stazioni costiere. Nelle stazioni più meridionali i valori rimangono più contenuti, più omogenei (deviazioni standard basse) (Figura 76).

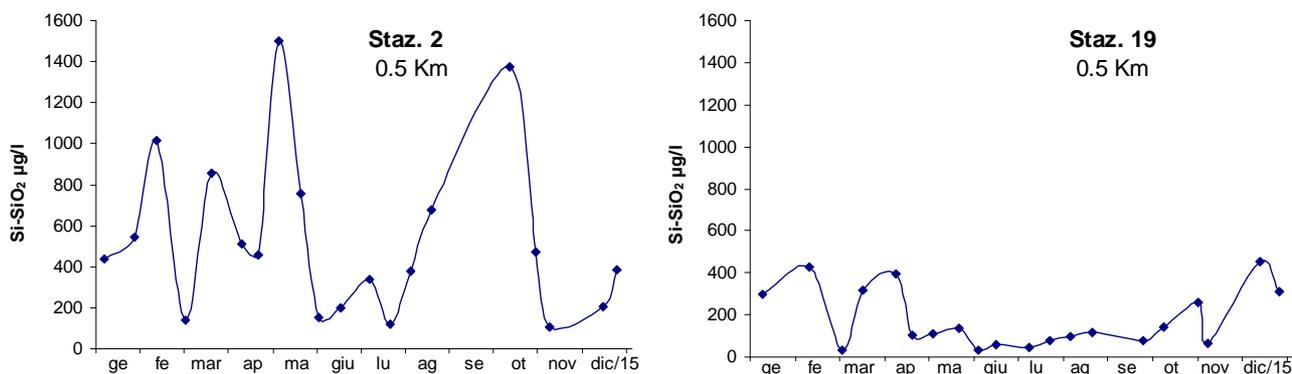


Figura 76 – Andamento temporale della silice reattiva nelle stazioni a 0.5 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Cattolica

Il valore più elevato del 2015 è stato rilevato nella stazione a 3 km davanti a Porto Garibaldi il 5 maggio pari a 2226 $\mu\text{g/l}$.

Le mappe di Figura 77 fotografano la distribuzione delle medie stagionali della silice reattiva nelle acque di superficie da costa fino a 10 km al largo. In inverno in particolare si conferma la presenza di maggiori concentrazione soprattutto nell'area settentrionale sia in costa che al largo. Nella stazione 1002 il 3 marzo si è registrata la massima concentrazione pari a 2167 $\mu\text{g/l}$.

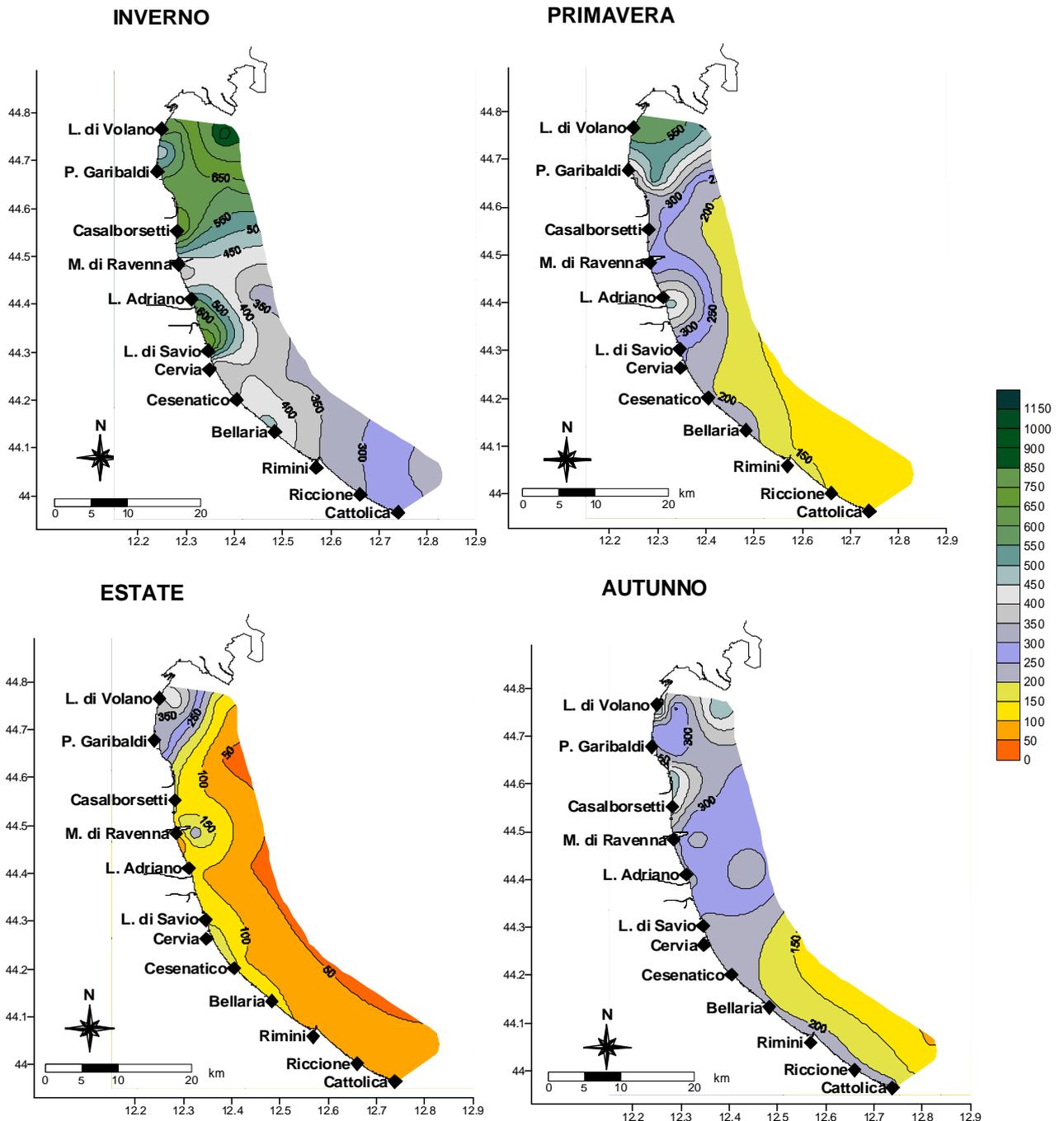


Figura 77 – Mappe di distribuzione della silice reattiva ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa fino a 10 km al largo (medie stagionali)

4.3.2.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 78) posizionate rispettivamente nella zona più settentrionale (stazioni 2 e 302 di L. di Volano), centrale (stazioni 14 e 314 di Cesenatico) e meridionale (stazioni 19 e 319 di Cattolica), evidenzia 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 nelle stazioni a 3 km in particolare. L'andamento variabile del rapporto N/P è più marcato nelle stazioni settentrionali e tende a ridursi in quelle meridionali.

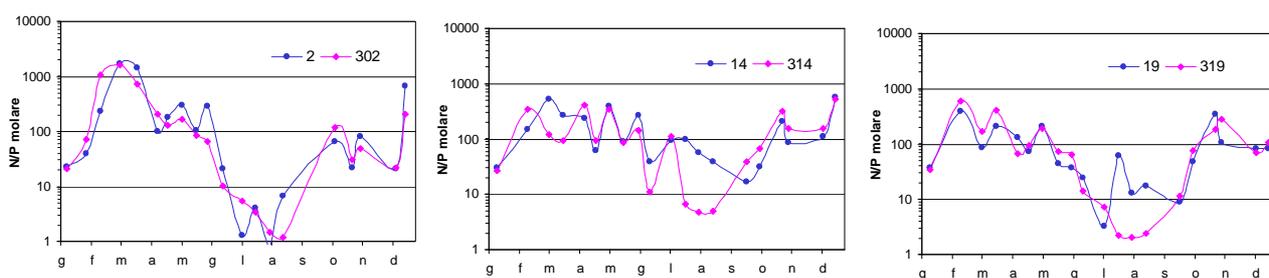


Figura 78 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu perle stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per quanto riguarda il rapporto N/P si è voluto rappresentare il trend evolutivo dei valori nelle tre aree costiere considerando il lungo periodo 1982-2015. Il calcolo delle medie geometriche annuali nel 2015 ha evidenziato rispetto agli ultimi 2 anni un aumento minimo nell'area centrale, una tendenza alla diminuzione in quella più settentrionale mentre a sud della costa l'andamento rimane pressoché simile (Figura 79).

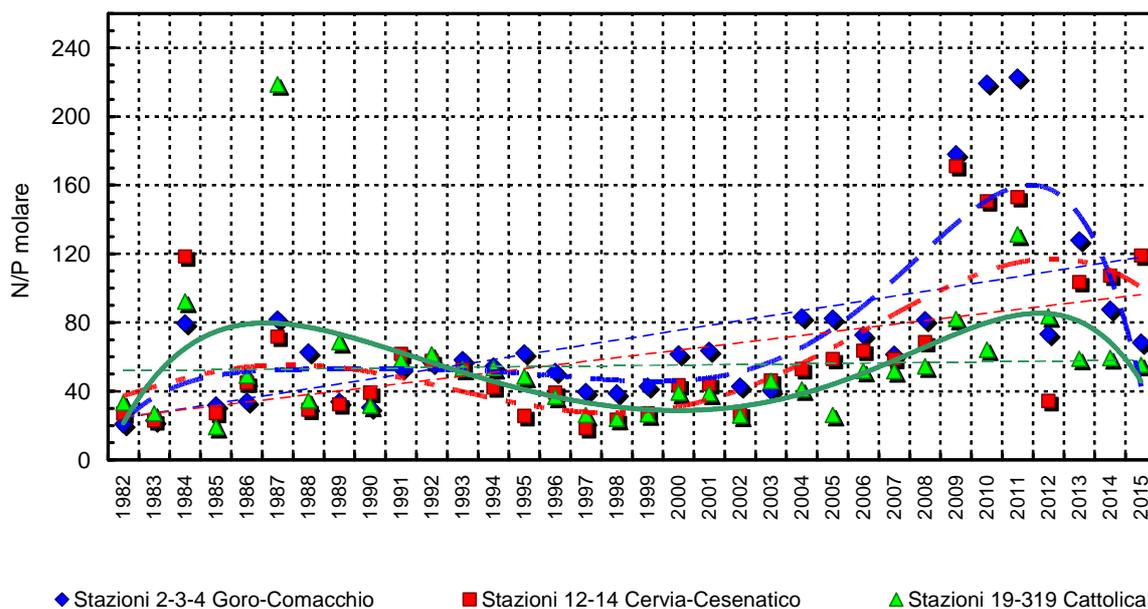


Figura 79 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2015)

4.4 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

4.4.1 Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX)

Per la classificazione dello stato ambientale delle acque marino-costiere l'Indice Trofico TRIX, unitamente alla relativa scala trofica, è considerato un elemento importante per definire e classificare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero, ripreso anche dalla normativa D.260/10 recante i criteri di classificazione dello stato dei corpi idrici.

La scala trofica consente di impostare il sistema di classificazione di riferimento e di esprimere un giudizio di qualità, che scaturisce da condizioni riferite ai livelli di produttività ed agli effetti ambientali.

L'introduzione dell'Indice Trofico TRIX e dell'Indice di Torbidità TRBIX consente l'abbandono della categorizzazione trofica tradizionale e rende possibile la misura di livelli trofici in termini rigorosamente oggettivi.

L'Indice 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:

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

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 trophic 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.

L'andamento medio nel 2015 del TRIX analizzato per le stazioni a 0.5 e 3 km lungo la costa registra valori superiori a 5, valore limite di classe TRIX Buono/Sufficiente (linea nera) da Lido di Volano fino a Cesenatico mentre nell'area più meridionale da Rimini a Cattolica i valori sono inferiori attestando una qualità ambientale migliore.

In generale il TRIX mostra un netto trend in diminuzione nord sud e anche da costa a largo.

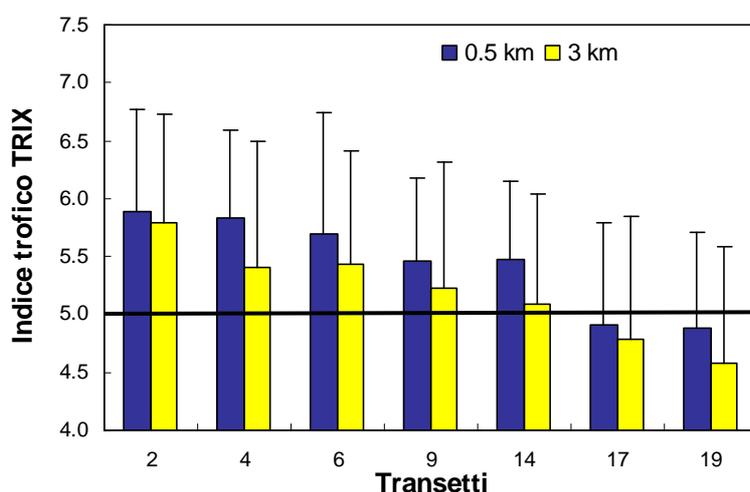


Figura 80 – Medie annuali del TRIX nel 2015 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, nel 2015 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 5.1 (Figura 81). Tali valori identificano per entrambi i corpi idrici una condizione della qualità ambientale che non raggiunge lo stato “Buono” anche se di poco soprattutto per il CD2, 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.

Analizzando i dati medi per stagione da costa fino 10 km al largo (Figura 82) i valori di TRIX risultano superiori a 5, corrispondenti ad una condizione “Sufficiente”, in inverno e autunno. Questa condizione trofica si è mantenuta in primavera nell’area più settentrionale sia in costa che al largo e nell’area più centrale fino a 3 km.

In estate migliora in generale lo stato trofico in tutte le stazioni raggiungendo una qualità ambientale “Buona” in concomitanza anche ai bassi apporti di acque dolci.

In autunno permane una condizione “Buona” solo l’area più al largo dell’area meridionale presenta un abbassamento dell’indice di qualità ambientale da “Buono” a “Sufficiente”.

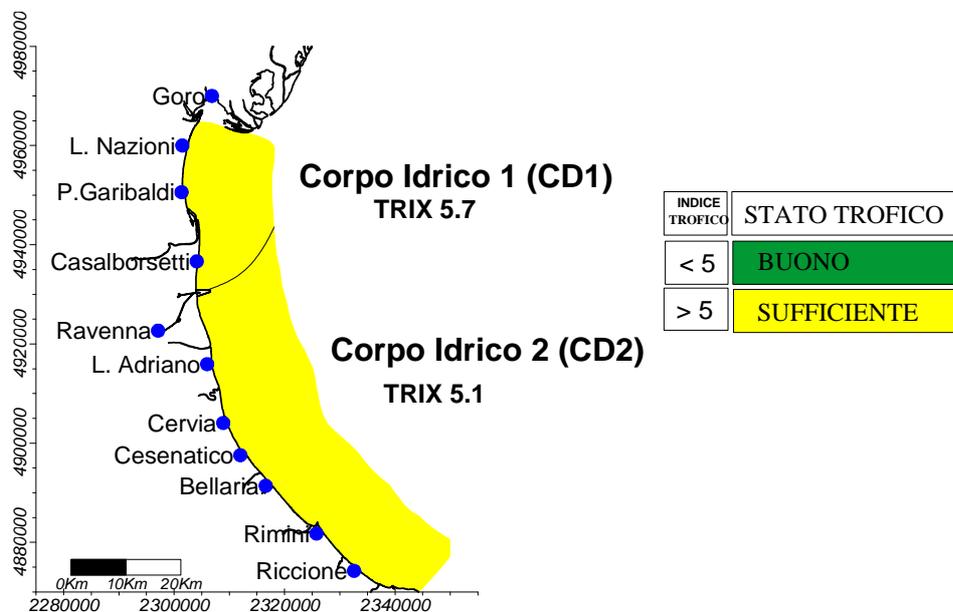


Figura 81 – Valori medi annuali 2015 di TRIX nei due corpi idrici

Confronto medie TRIX 1996-2015

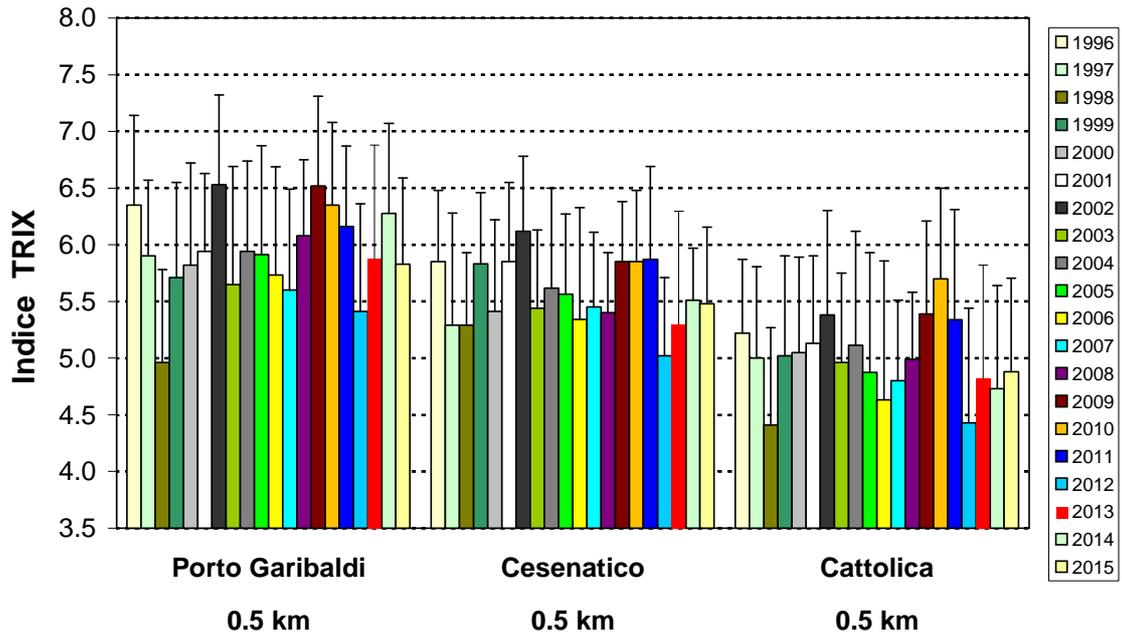


Figura 82 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2015 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

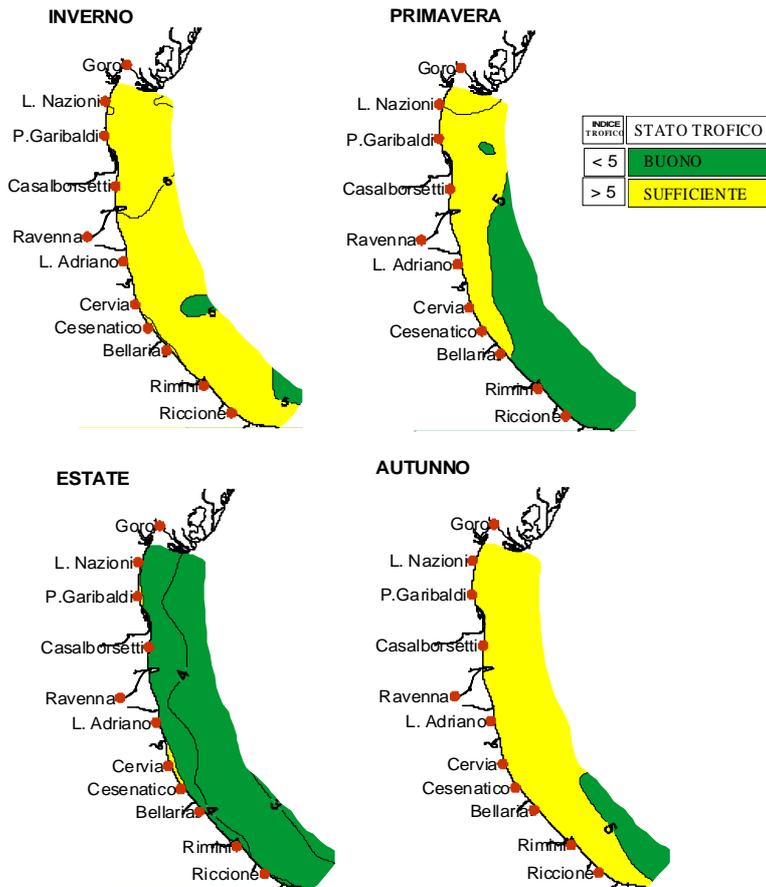


Figura 83 – Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

4.4.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

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

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

La trasparenza dell'acqua misurata con disco di Secchi costituisce un importante parametro nella definizione delle caratteristiche di qualità delle acque costiere 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.

In Figura 84 si sono analizzati gli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX nella stazione settentrionale (4) a confronto con quella meridionale (19).

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

Nel corso del 2015 il superamento del valore 2 è simile nelle due stazioni anche se a Porto Garibaldi è molto netto nei primi due mesi invernali; valori alti confermano come la componente fitoplanctonica abbia contribuito in minima parte alla condizione di produttività del sistema. Situazione opposta a giugno sempre nella stazione più settentrionali la situazione con valori di TRBIX prossimi allo zero.

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 84 attraverso l'utilizzo di uno scatter plot calcolato utilizzando i dati del TRIX verso il TRBIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km all'interno del CD1 e del CD2; il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di TRIX e TRBIX rispettivamente.

La localizzazione della combinazione dei valori all'interno di ciascun quadrante viene interpretata in base alla tabella allegata alla Figura 84.

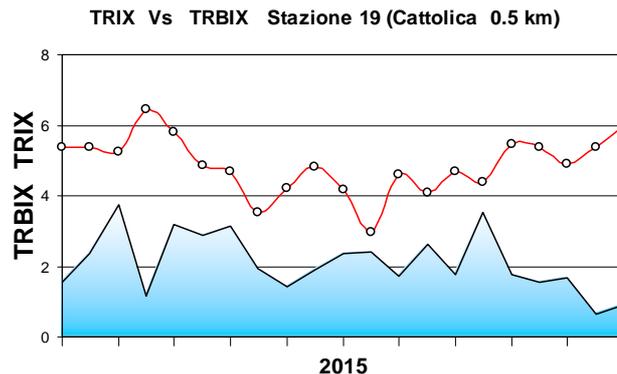
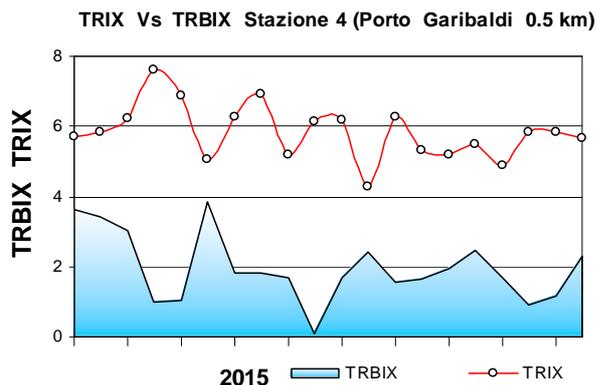
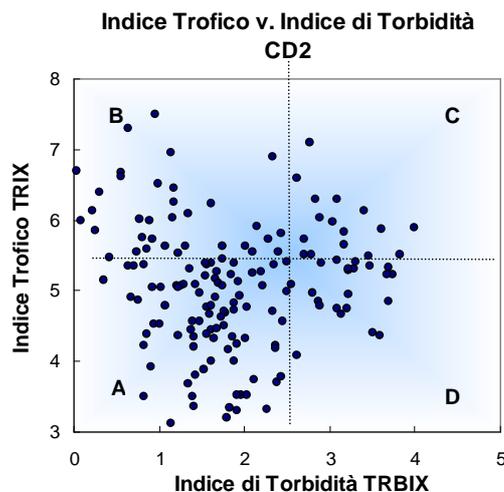
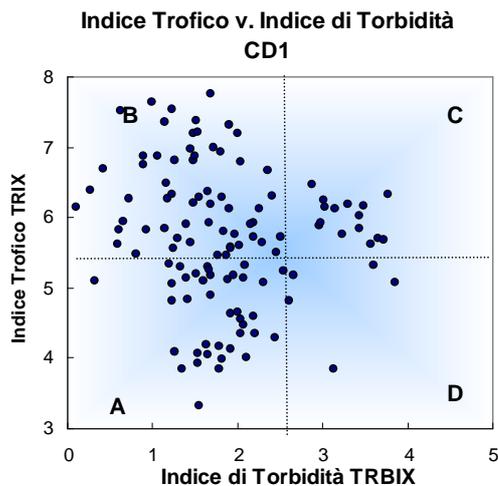


Figura 84 – Confronto tra l’andamento dell’indice trofico TRIX e l’indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

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 distribuisce nel quadrante B e a seguire nel quadrante A che identificano, in termini di TRBIX, acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale e valori di trasparenza più o meno ridotta. Nell’area compresa tra Lido Adriano e Cattolica, CD2, i dati si distribuiscono in particolare nel quadrante A a sottolineare come la componente minerale risulti predominante su quella fitoplanctonica e come le acque presentino spesso una trasparenza elevata.



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



Figura 85 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadrati e relativa tabella di interpretazione

5 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE

La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (art. 91, D.Lgs 152/06) in quanto soggetta a fenomeni di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati 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 DM 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 DM 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 86 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio effettuata nel 2015 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 2015 è stata svolta in conformità a quanto previsto in tab. 3.7 del DM 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_ETRS89 fuso 32	Lon_ETRS89 fuso 32	Distanza costa (Km)	Prof (m)
2	Lido di Volano	CD1	Padano	4961763.238	757882.260	0.5	3.9
302	Lido di Volano	CD1	Padano	4961719.579	760388.963	3	6.7
4	Porto Garibaldi	CD1	Padano	4950505.149	758214.100	0.5	3.7
SFBC4	Porto Garibaldi	CD1	Padano	4950549.298	758404.497	1	3.8
304	Porto Garibaldi	CD1	Padano	4950615.542	760679.242	3	9.1
BIOTA1	Porto Garibaldi	CD1	Padano	4954970.09	761050.881	4.3	10.5
6	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	4938605.031	761386.573	0.5	5.2
306	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	4939083.479	763857.269	3	10.2
308	Marina di Ravenna	CD2	Appennino settentrionale	4930737.022	764101.260	3	8.1
9	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	4921820.87	764830.451	0.5	5.4
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	4922127.438	764749.257	1	6
309	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	4922354.262	767265.292	3	9.4
BIOTA2	Foce Bevano	CD2	Appennino settentrionale	4920792.024	766340.098	1.95	7.5
14	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	4901056.078	771826.786	0.5	3.1
SFBC14	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	4901235.014	772277.659	1	3
314	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	4902149.571	774037.947	3	8.3
BIOTA3	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	4901845.485	776859.420	4.9	9.5
17	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	4886745.082	786995.037	0.5	4.3
317	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	4888943.406	788150.232	3	9.9
19	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	4875519.162	800094.751	0.5	4.1
SFBC19	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	4875063.612	800210.425	2	3.5
319	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	4877575.705	801504.241	3	11
BIOTA4	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	4877699.172	800060.182	2.7	10.5



Figura 86 – 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 2015

		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 DM260/10*	Tab. 3/B DM260/10	Tab. 1/A DM260/10*	Tab. 2/A DM260/10	Tab. 3/A DM260/10	
Frequenza di indagine	Quindicinale o Bimestrale	Semestrale	Quindicinale	In continuo Semestrale	Mensile	Semestrale	Mensile	Semestrale	Annuale	Annuale	
Codice stazione di indagine	2										
	302										
	4										
	SFBC4										
	304										
	Tecno (Allevamento "Tecnopesca")										
	6	Bimestrale									
	306	Bimestrale									
	308										
	9										
	SFBC9										
	309										
	AngeCl (Piattaforma Angela 1-4 Cl)										
	14										
	SFBC14										
	314										
	Copra (Allevamento "Coprpalmo")										
	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 (Bacillariophyta)
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Dinoficee (Dinophyta)
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Altro fitoplancton;

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". Viene inoltre preso in considerazione sotto la voce "Altro fitoplancton" il fitoplancton marino (fitoflagellati e non) appartenente ai phyla Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa, Haptophyta, Heterokontophyta, Ochrophyta, e alcuni taxa appartenenti a Protozoa incertae sedis. L'"Altro fitoplancton" è composto principalmente da

organismi appartenenti alla classe dimensionale del nano-fitoplancton (2-20µm) spesso può rappresentare una frazione elevata della popolazione microalgale totale e 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 2015 è stato caratterizzato da apporti superiori del 30% rispetto alla media del periodo storico solo nel periodo invernale mentre nella restante parte dell'anno i valori sono inferiori alla media storica con minimi estivi ed autunnali.

Il dato di fitoplancton (cell/l) reagisce bene alle portate del periodo tardo invernale e primaverile con abbondanze elevate (in particolare di Diatomee). La restante parte dell'anno è caratterizzata da andamenti discontinui e valori medi nel complesso non elevati ed inferiori a quelli registrati nel 2014.

La biomassa a carico del micro-fitoplancton (20-200µm) è dominata durante tutto l'anno da Diatomee (Bacillariophyta). Analizzando gli andamenti annuali di questo gruppo nelle

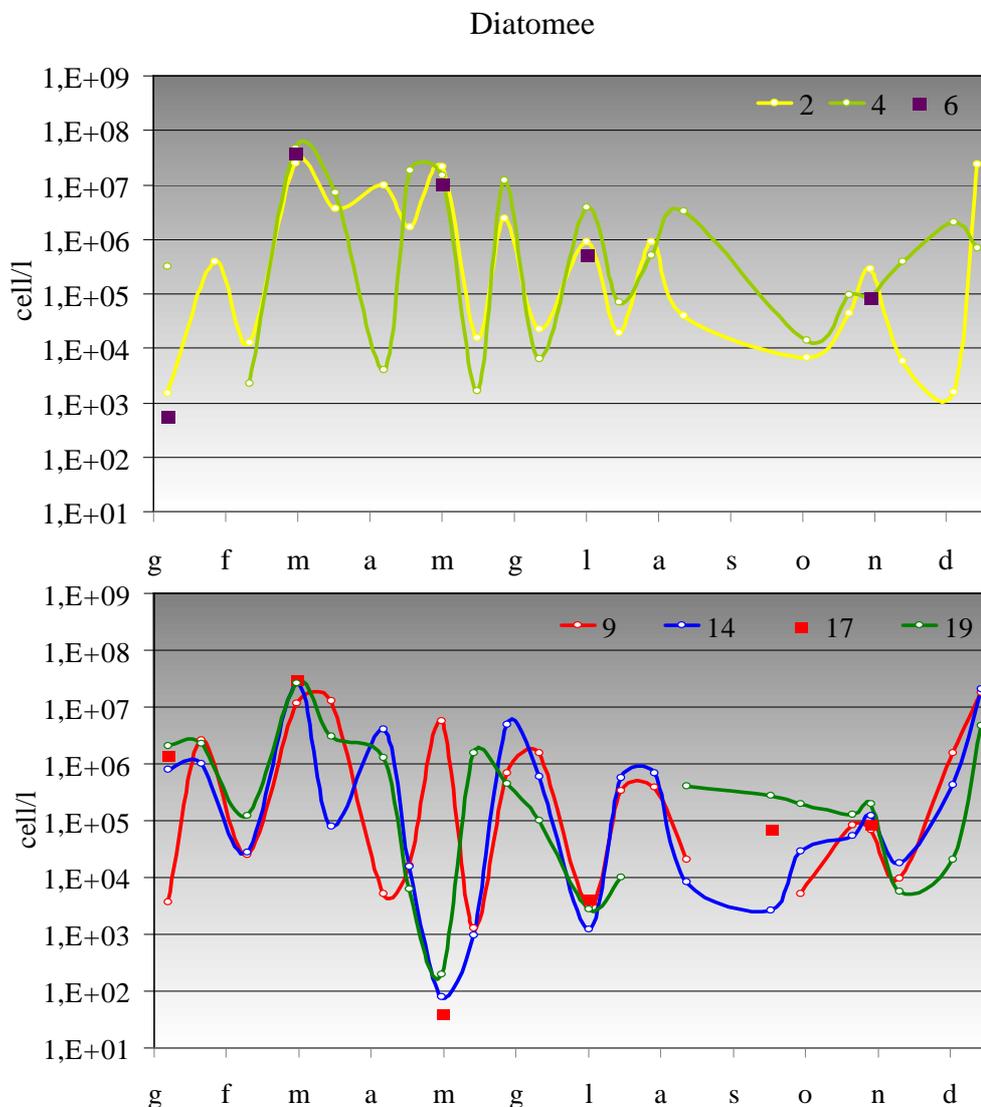


Figura 87 – Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

stazioni sottocosta (Figura 87), si nota quanto segue: sia in CD1 che in CD2 i valori si mantengono elevati da febbraio a maggio; alta variabilità da maggio ad agosto e progressiva diminuzione fino a novembre dove si assiste ad un aumento a fine anno.

In Figura 88 si riportano le medie annuali per stazione a 0,5 km e 3 km. Le stazioni a 3 km presentano valori di poco maggiori rispetto a quelli rilevati sottocosta fatta eccezione per il transetto 6 dove la situazione si inverte.

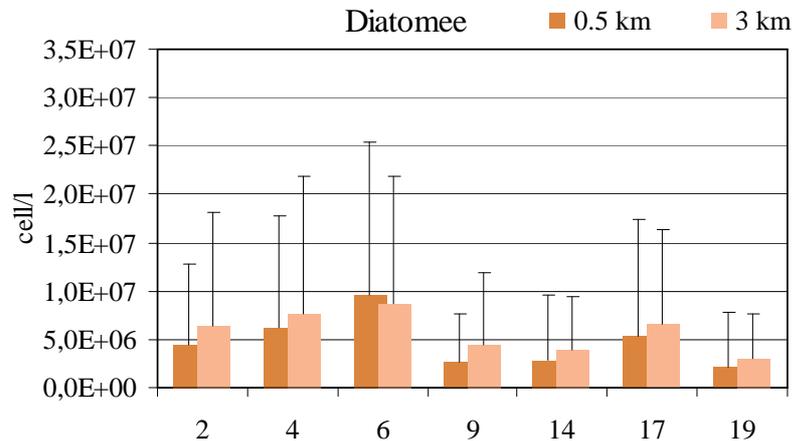


Figura 88 – Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 89 vengono riportate le medie stagionali per corpo idrico. CD1 presenta i valori più elevati in assoluto con il massimo in inverno.

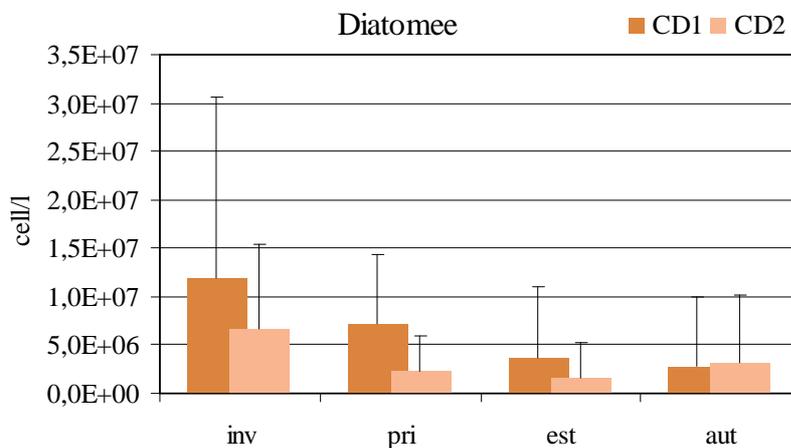


Figura 89 – Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

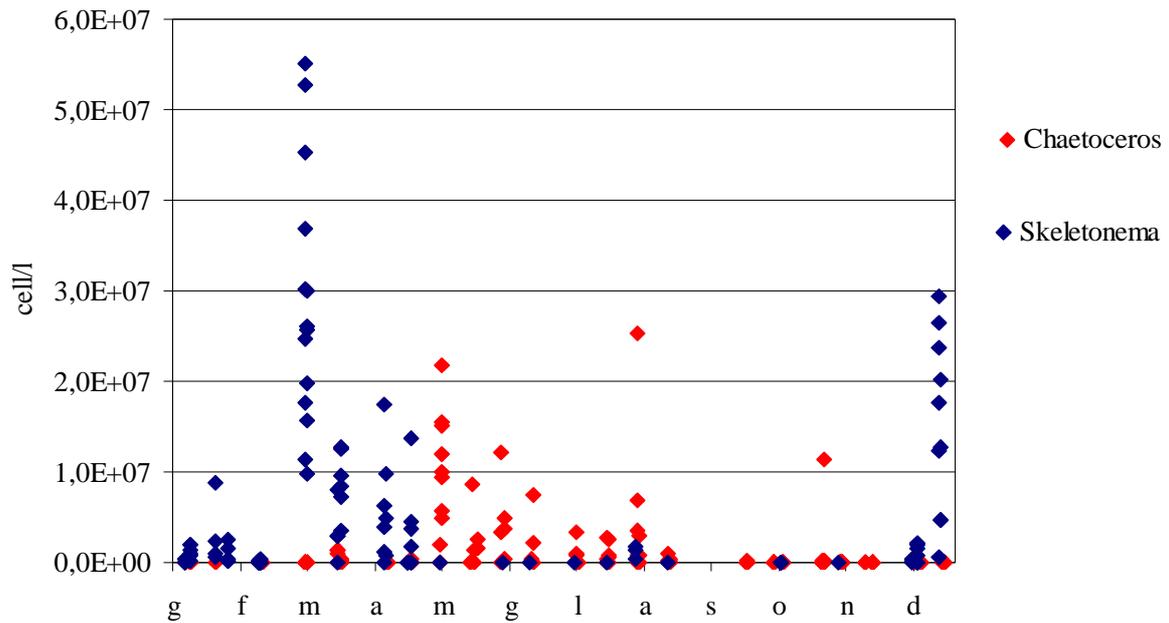


Figura 90 – Distribuzione annuale delle abbondanze dei generi *Skeletonema* sp. e *Chaetoceros* sp.

In Figura 90 si riportano le distribuzioni annuali delle abbondanze dei due taxa appartenenti alle Diatomee dominanti, *Chaetoceros* spp. e *Skeletonema* spp.. I taxa più rappresentativi in termini di frequenza di rilevamento (Figura 91) sono rispettivamente *Skeletonema* spp., *Chaetoceros* spp., *Thalassionema* spp., *Lioloma* spp./*L. pacificum*, *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex. Invece se si considera l'abbondanza media annuale (Figura 91) i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Skeletonema* spp., *Chaetoceros* spp., *Pseudo-nitzschia* spp., *Thalassiosira* spp., *Leptocylindrus minimus*, *Cylindrotheca* spp. e *Dactyliosolen fragilissimus*.

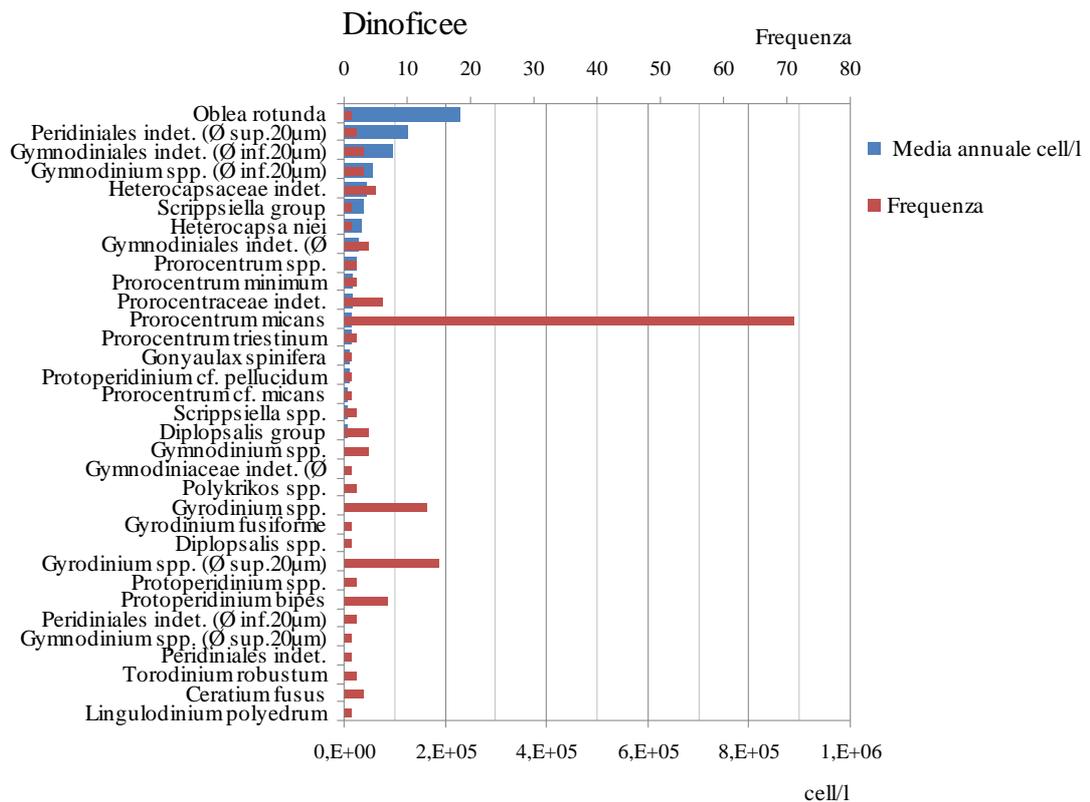
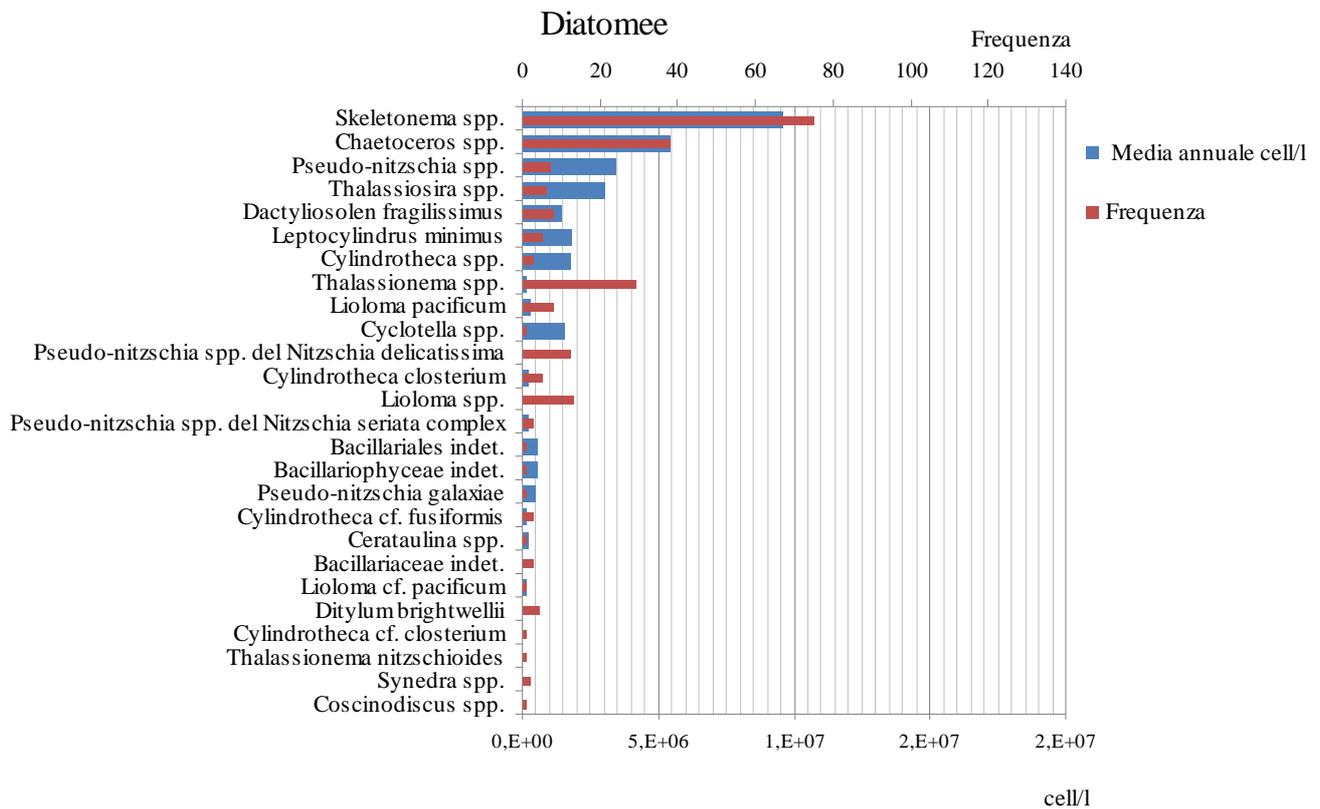


Figura 91 – Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (anno 2015)

Per quanto riguarda la classe delle Dinofitee (Dinophyta), i taxa più rappresentativi (Figura 91) in ordine di frequenza sono rispettivamente *Prorocentrum micans*, *Gyrodinium* spp., *Protoperdinium bipes*. Invece se si considera l'abbondanza media annuale (Figura 91) i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Oblea rotunda*, *Gymnodiniales* indet., *Gymnodinium* spp.

Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze nelle stazioni sottocosta della classe delle Dinofitee (Figura 92), i valori massimi si rilevano tra aprile e settembre e nel mese di novembre.

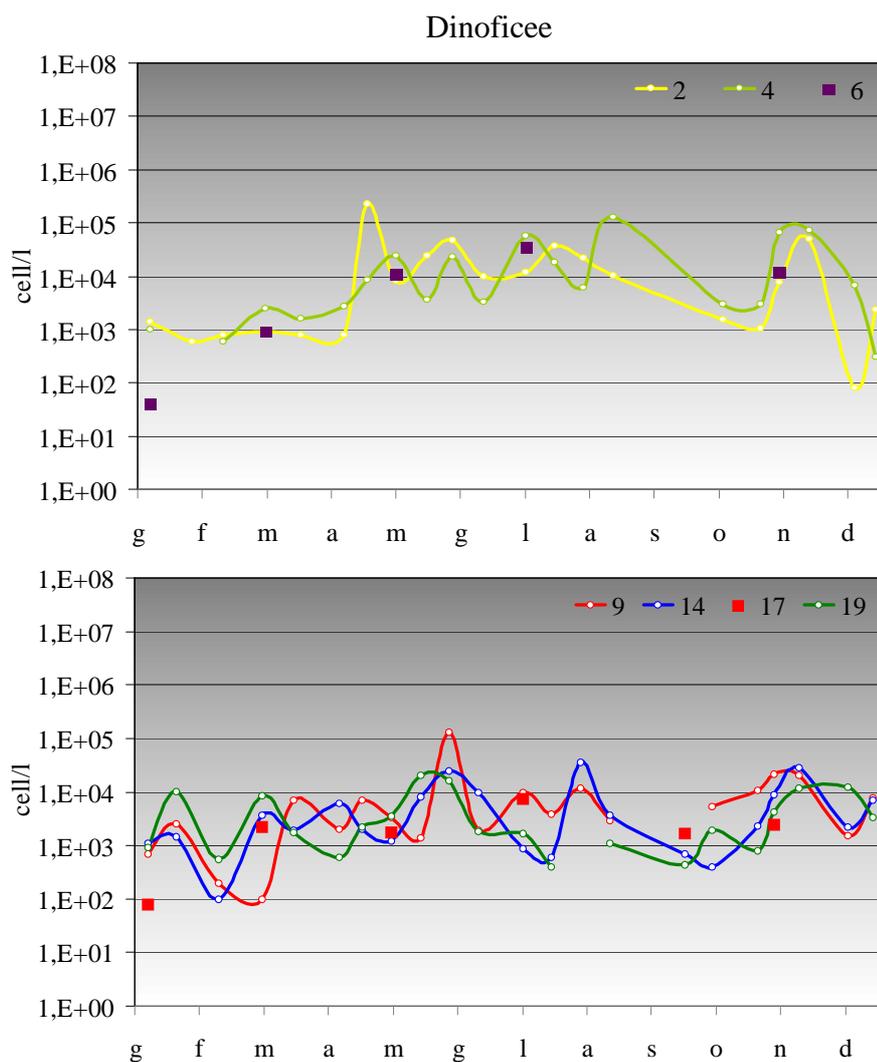


Figura 92 – Andamento annuale delle abbondanze delle Dinofitee nelle stazioni sottocosta

Le abbondanze rimangono comunque sempre basse e non si segnalano per l'anno in esame eventi di maree colorate consistenti e protratte nel tempo riconducibili a fioriture di Dinofitee ed in particolare a specie produttrici di tossine. I taxa per i quali si sono registrate le abbondanze più elevate limitatamente ad un campionamento sono stati *Oblea rotunda* (21/04/2015 st.2 $2,3 \times 10^5$ cell/l) e *Prorocentrum micans* (19/11/2015 st.302 $1,3 \times 10^5$ cell/l).

In Figura 93 si riportano le medie annuali delle abbondanze nelle stazioni a 0,5 e 3 km che delineano un gradiente negativo da nord a sud. I valori maggiori si registrano nelle stazioni più settentrionali dell'area di monitoraggio (st. 2, st. 4).

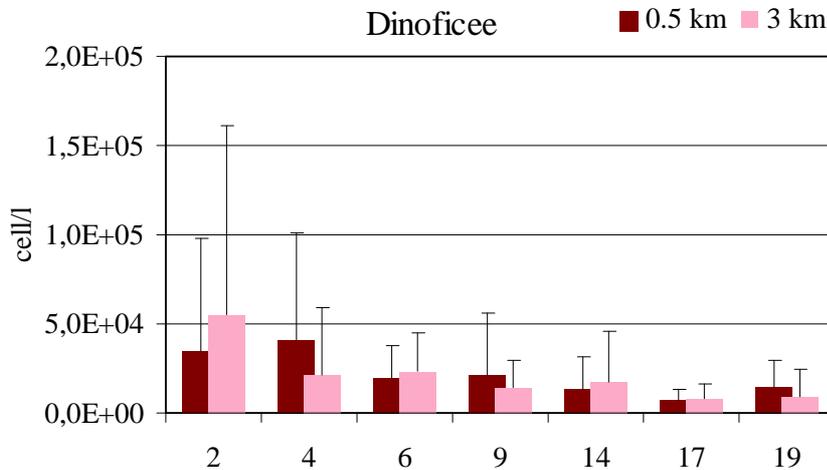


Figura 93 – Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

Le medie stagionali per corpo idrico (Figura 94) sono più elevate in primavera ed estate in particolare in CD1.

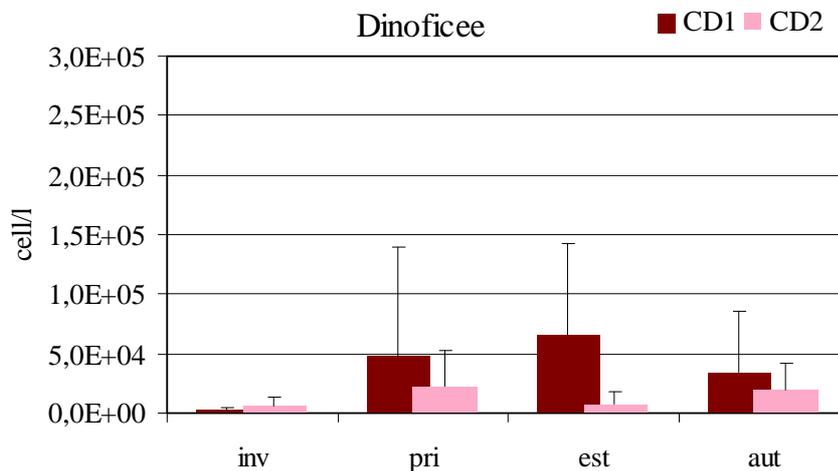


Figura 94 – Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

L'altro fitoplancton (in particolare fitoflagellati del nano-fitoplancton) può rispondere bene ed in tempi brevi agli input di nutrienti da terra in concomitanza di apporti cospicui di acqua dolce in mare. In Figura 95 si rappresentano gli andamenti delle abbondanze rilevate nelle singole stazioni sottocosta. Il corpo idrico CD1 risente maggiormente della presenza di questa componente fitoplanctonica con massimi di abbondanza in primavera ed in estate rispettivamente nelle stazioni 4, 2 e 6. Le abbondanze registrate in CD2 sono inferiori e gli andamenti manifestano una variabilità più accentuata.

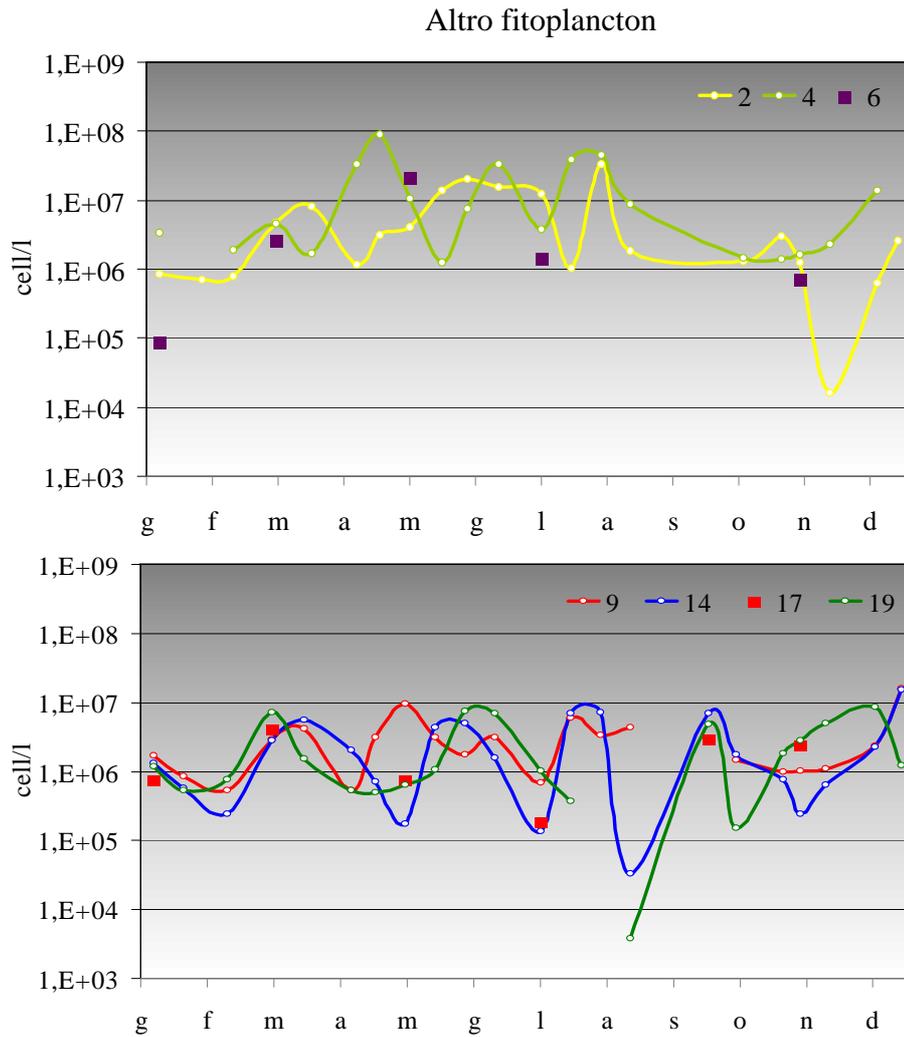


Figura 95 – Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

In Figura 96 si illustrano le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km che evidenziano un gradiente negativo da nord a sud con l'unica eccezione delle stazioni 4 e 309. La stazione 4 si discosta in maniera marcata dalle altre registrando il valore medio annuale più alto.

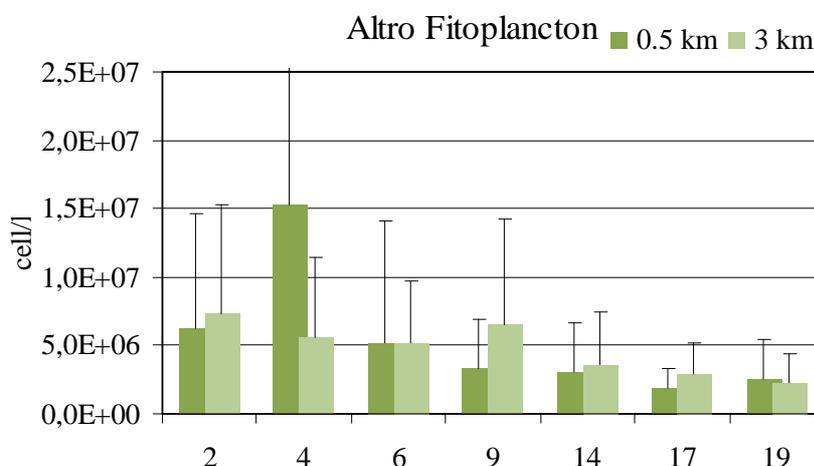


Figura 96 – Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

Analizzando le abbondanze stagionali (Figura 97) si osserva come questo gruppo sia prevalente in primavera ed in estate in CD1; al contrario il corpo idrico CD2 invece è caratterizzato da variazioni stagionali meno marcate e abbondanze inferiori.

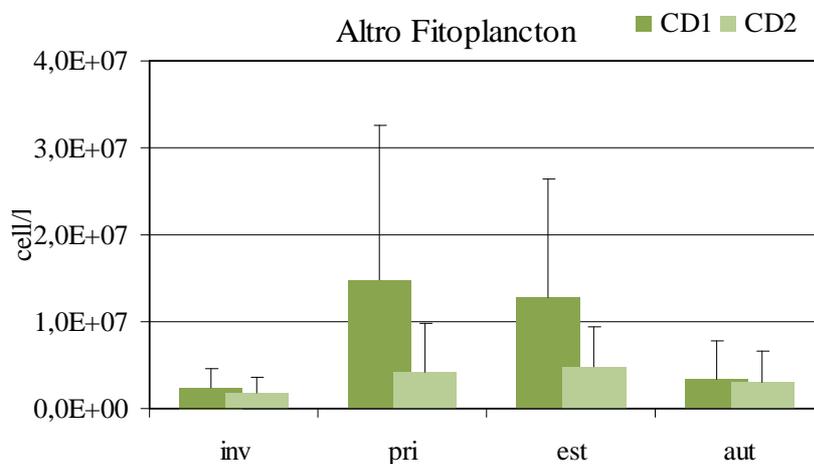


Figura 97 – Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

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 quella di tutti i taxa identificati nel 2015.

Tabella 6 – Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2015

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyta	<i>Cerataulina</i> spp.	H.Peragallo ex F.Schütt, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> cf. <i>fusififormis</i>	Reimann & J.C.Lewin
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyta	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Lioloma</i> spp.	Hasle, 1997
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	n. Lundholm & Ø. Moestrup, 2002
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky
Bacillariophyta	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Dinophyta	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyta	Diplopsalis group	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Glenodinium</i> spp.	Ehrenberg, 1836
Dinophyta	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyta	Gymnodiniaceae indet. (Ø inf.20µm)	Lankester, 1885
Dinophyta	Gymnodinales indet. (Ø inf.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	Gymnodinales indet. (Ø sup.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp. (Ø inf.20µm)	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa niei</i>	(Loeblich III) Morrill & Loeblich III, 1981
Dinophyta	Heterocapsaceae indet.	(vuoto)
Dinophyta	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	Peridinales indet.	Haeckel, 1894
Dinophyta	Peridinales indet. (Ø inf.20µm)	Haeckel, 1894
Dinophyta	Peridinales indet. (Ø sup.20µm)	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Polykrikos</i> spp.	Bütschli, 1873
Dinophyta	Prorocentraceae indet.	F.Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum minimum</i>	(Pavillard) J. Schiller, 1933
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918

Phylum	Taxon	Autore
Dinophyta	<i>Protooperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protooperidinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Protooperidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyta	Scrippsiella group	(vuoto)
Dinophyta	<i>Scrippsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921

Tabella 7 – Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2015

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Achnanthes</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Amphiprora</i> spp.	Ehrenberg, 1843
Bacillariophyta	<i>Amphora</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Asterionella</i> cf. <i>formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionella</i> cf. <i>gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionella gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Asterionella</i> spp.	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyta	<i>Asteromphalus cleveanus</i>	Grunow in A.Schmidt 1876
Bacillariophyta	<i>Asteromphalus</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i> cf. <i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Bacillariophyta	<i>Bacillaria</i> spp.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	J.Pavillard, 1916
Bacillariophyta	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyta	<i>Cerataulina</i> spp.	H.Peragallo ex F.Schütt, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	Brightwell, 1856
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros teres</i>	Cleve in Aurivillius, 1896
Bacillariophyta	<i>Cocconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae indet.	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> cf. <i>granii</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus granii</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> cf. <i>fusiformis</i>	Reimann & J.C.Lewin
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyta	<i>Cymbella</i> spp.	C. Agardh, 1830
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen blavyanus</i>	(H.Peragallo) Hasle, 1975
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen</i> spp.	Castracane, 1886
Bacillariophyta	<i>Diploneis</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Bacillariophyta	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyta	<i>Eucampia</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869
Bacillariophyta	<i>Fragilaria</i> spp.	Lyngbye, 1819
Bacillariophyta	Fragilariaceae indet.	Greville, 1833
Bacillariophyta	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Bacillariophyta	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Gyrosigma</i> spp.	Hassal, 1845
Bacillariophyta	<i>Haslea</i> spp.	Simonsen, 1974
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus</i> spp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Lauderia borealis</i>	Gran, 1900
Bacillariophyta	<i>Lauderia</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Licmophora</i> spp.	C. Agardh, 1827
Bacillariophyta	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Lioloma</i> spp.	Hasle, 1997
Bacillariophyta	<i>Lithodesmium</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Melosira</i> spp.	C. Agardh, 1824
Bacillariophyta	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyta	Naviculaceae indet.	Kützing, 1844
Bacillariophyta	Naviculales indet.	Bessey
Bacillariophyta	<i>Nitzschia longissima</i>	(Brébisson) Ralfs, 1861
Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Bacillariophyta	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Plagiotropis</i> spp.	Pfitzer, 1871
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma</i> spp.	W. Smith, 1852
Bacillariophyta	Pleurosigmataceae indet.	Mereschowsky, 1903
Bacillariophyta	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	n. Lundholm & Ø. Moestrup, 2002
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Brightwell, 1858
Bacillariophyta	Rhizosoleniaceae indet.	De Toni, 1890
Bacillariophyta	<i>Rhoicosphenia</i> spp.	Grunow, 1860
Bacillariophyta	<i>Scoliopleura</i> spp.	A.Grunow, 1860
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyta	<i>Tabellaria</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschowsky
Bacillariophyta	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira gravida</i>	Cleve, 1896
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyta	Thalassiosirales indet.	Glezer & Makarova 1986
Bacillariophyta	<i>Ulnaria</i> spp.	(Kützing) P.Compère, 2001
Charophyta	<i>Closterium</i> spp.	Nitzsch ex Ralfs, 1848
Charophyta	<i>Mougeotia</i> spp.	C. Agardh, 1824

Phylum	Specie	Autore
Charophyta	<i>Staurostrum</i> spp.	Meyen ex Ralfs, 1848
Chlorophyta	<i>Actinastrum</i> spp.	Lagerheim, 1882
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus</i> spp.	Corda, 1838
Chlorophyta	Chlorodendrophyceae indet.	Massjuk, 2006
Chlorophyta	Chlorophyceae indet.	Wille in Warming, 1884
Chlorophyta	Chlorophyta indet. (Ø inf.20µm)	Reichenbach, 1834
Chlorophyta	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Chlorophyta	<i>Crucigenia</i> spp.	Morren, 1830
Chlorophyta	<i>Desmodesmus</i> cf. <i>opoliensis</i>	(P.G.Richter) E.Hegewald 2000
Chlorophyta	<i>Desmodesmus</i> spp.	(Lagerheim) S.S.An, T.Fiedl & E.Hegewald
Chlorophyta	<i>Micractinium</i> spp.	Fresenius
Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Monoraphidium</i> spp.	Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Oltmannsiellopsis</i> spp.	M.Chihara & I.Inouye in Chihara et al., 1986
Chlorophyta	<i>Pediastrum duplex</i>	Meyen 1829
Chlorophyta	<i>Pediastrum simplex</i>	Meyen 1829
Chlorophyta	<i>Pediastrum</i> spp.	Meyen, 1829
Chlorophyta	<i>Pterosperma cristatum</i>	Schiller, 1925
Chlorophyta	<i>Pterosperma</i> spp.	Pouchet, 1893
Chlorophyta	Pyramimonadales indet.	Chadefaud 1950
Chlorophyta	<i>Pyramimonas</i> spp.	Schmarda, 1849
Chlorophyta	Scenedesmaceae indet.	Oltmanns, 1904
Chlorophyta	<i>Scenedesmus</i> cf. <i>obliquus</i>	(Turpin) Kützing, 1833
Chlorophyta	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	P.G.Richter 1895
Chlorophyta	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	(Turpin) Brebisson, 1835
Chlorophyta	<i>Scenedesmus</i> spp.	Meyen, 1829
Chlorophyta	<i>Schroederia setigera</i>	(Schröder) Lemmermann 1898
Chlorophyta	<i>Selenastrum</i> spp.	Reinsch, 1867
Chlorophyta	<i>Sphaerocystis</i> spp.	R. Chodat, 1897
Chlorophyta	<i>Tetrastrum</i> spp.	Chodat, 1895
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i>	Ehrenberg, 1832
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Cryptophyta	Cryptophyceae indet.	F.E.Fritsch, 1927
Cryptophyta	Cryptophyceae indet. (Ø inf.20µm)	F.E.Fritsch, 1927
Cyanobacteria	Cyanophyceae indet.	Schaffner, 1909
Cyanobacteria	<i>Merismopedia</i> spp.	Meyen, 1839
Cyanobacteria	Nostocales indet.	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria</i> spp.	Vaucher ex Gomont, 1892
Cyanobacteria	Oscillatoriales indet.	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	Pseudanabaenaceae indet.	K.Anagnostidis & J.Komárek , 1988
Cyanobacteria	Spirulinaceae indet.	(Gomont) L.Hoffmann, J.Komárek & J.Ka, 2014
Cyanobacteria	Synechococcales indet.	L.Hoffmann, J.Komárek & J.Kastovsky 2005
Dinophyta	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> cf. <i>insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G.

Phylum	Specie	Autore
		Baden, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium cf. minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Alexandrium cf. pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyta	<i>Alexandrium insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Amphidinium cf. crassum</i>	Lohmann, 1908
Dinophyta	<i>Amphidinium</i> spp.	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Azadinium</i> spp.	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinophyta	Azadinium-Heterocapsa group	(vuoto)
Dinophyta	<i>Blepharocysta</i> spp.	Ehrenberg, 1873
Dinophyta	<i>Ceratium azoricum</i>	Cleve 1900
Dinophyta	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium cf. inflatum</i>	(Kofoid) E. G. Jørgensen, 1911
Dinophyta	<i>Ceratium cf. pentagonum</i>	Gourret, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium cf. trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyta	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Ceratium horridum</i>	(Cleve) Gran, 1902
Dinophyta	<i>Ceratium lineatum</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1899
Dinophyta	<i>Ceratium macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyta	<i>Ceratium</i> spp.	Schrank, 1793
Dinophyta	<i>Ceratium strictum</i>	(kofoid) E. G. Jørgensen, 1906
Dinophyta	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyta	<i>Ceratoperidinium falcatum</i>	(Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas, 2013
Dinophyta	cf. <i>Amphidinium</i>	É.Claperède & J.Lachmann, 1859
Dinophyta	cf. <i>Nematodinium</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Cochlodinium</i> spp.	Schütt, 1896
Dinophyta	<i>Corythodinium cf. diploconus</i>	(Stein) F.J.R.Taylor 1976
Dinophyta	<i>Corythodinium</i> spp.	Loeblich Jr. & Loeblich III, 1966
Dinophyta	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyta	<i>Dinophysis cf. acuta</i>	Ehrenberg, 1839
Dinophyta	<i>Dinophysis cf. hastata</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Dinophysis cf. parva</i>	Schiller 1928
Dinophyta	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyta	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyta	<i>Dinophysis rotundata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Dinophysis</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Dinophyta	Diplopsalis group	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Diplopsalis</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Glenodinium cf. foliaceum</i>	F. Stein, 1883
Dinophyta	<i>Glenodinium</i> spp.	Ehrenberg, 1836

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Goniodoma polyedricum</i>	(pouchet) J. Jørgensen, 1899
Dinophyta	Gonyaulacaceae indet.	Lindemann, 1928
Dinophyta	<i>Gonyaulax cf. digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax cf. monacantha</i>	Pavillard, 1916
Dinophyta	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gonyaulax</i> spp.	Diesing, 1866
Dinophyta	Gymnodiniaceae indet. (Ø inf.20µm)	Lankester, 1885
Dinophyta	Gymnodiniaceae indet. (Ø sup.20µm)	Lankester, 1885
Dinophyta	Gymnodiniales indet. (Ø inf.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	Gymnodiniales indet. (Ø sup.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodinium impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp. (Ø inf.20µm)	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium cf. falcatum</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium lachryma</i>	(Meunier) Kofoid & Swezy 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium nasutum</i>	(Wulff) Schiller 1933
Dinophyta	<i>Gyrodinium pepo</i>	(Schütt) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium spirale</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp. (Ø inf.20µm)	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa cf. pacifica</i>	Kofoid 1907
Dinophyta	<i>Heterocapsa niei</i>	(Loeblich III) Morrill & Loeblich III, 1981
Dinophyta	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Heterocapsa triquetra</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	Heterocapsaceae indet.	(vuoto)
Dinophyta	<i>Karenia</i> spp.	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyta	Kareniaceae indet.	Bergholtz, Daugbjerg, Moestrup & Fernández, 2005
Dinophyta	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Katodinium</i> spp.	B.Fott, 1957
Dinophyta	<i>Kofoidinium</i> spp.	Pavillard, 1929
Dinophyta	<i>Kofoidinium velleloides</i>	Pavillard, 1929
Dinophyta	<i>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinophyta	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyta	<i>Mesoporos perforatus</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Mesoporos</i> spp.	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Micracanthodinium claytonii</i>	(R.W.Holmes) Dodge 1982
Dinophyta	<i>Micracanthodinium setiferum</i>	(Lohmann) Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Micracanthodinium</i> spp.	Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Nematodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Oblea</i> spp.	Balech ex Loeblich jr. & Loeblich III, 1966
Dinophyta	<i>Oxyphysis</i> spp.	Kofoid, 1926
Dinophyta	<i>Oxyrrhis marina</i>	Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>crassum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>longum</i>	Schiller 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>parvum</i>	Schiller 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>scolopax</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum laticeps</i>	Schiller 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Peridiniaceae</i> indet. (\emptyset inf.20 μ m)	Ehrenberg, 1831
Dinophyta	<i>Peridiniaceae</i> indet. (\emptyset sup.20 μ m)	Ehrenberg, 1831
Dinophyta	Peridinales indet.	Haeckel, 1894
Dinophyta	Peridinales indet. (\emptyset inf.20 μ m)	Haeckel, 1894
Dinophyta	Peridinales indet. (\emptyset sup.20 μ m)	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinophyta	<i>Phalacroma rapa</i>	Jorgensen, 1923
Dinophyta	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Podolampas spinifera</i>	Okamura 1912
Dinophyta	<i>Podolampas</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Polykrikos kofoidii</i>	Chatton, 1914
Dinophyta	<i>Polykrikos</i> spp.	Bütshli, 1873
Dinophyta	<i>Preperidinium</i> spp.	Mangin, 1913
Dinophyta	<i>Pronoctiluca</i> spp.	Fabre Domergue, 1889
Dinophyta	Prorocentraceae indet.	F.Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> cf. <i>aporum</i>	(Schiller) Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum mexicanum</i>	Osorio - Tafall, 1942
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum minimum</i>	(Pavillard) J. Schiller, 1933
Dinophyta	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyta	<i>Protoceratium reticulatum</i>	(Claparède & Lachmann) Bütschli 1885
Dinophyta	Protoperidiniaceae indet.	J.P.Bujak & E.H.Davies 1998
Dinophyta	<i>Protoperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium bispinum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium breve</i>	Paulsen
Dinophyta	<i>Protoperidinium brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium brochi</i>	(Kofoid & Swezy) Balech,
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>crassipes</i>	(Kofoid) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>leonis</i>	(Pavillard) Balech 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>oviforme</i>	(Dangeard) Balech 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>subinermis</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Protopteridinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium cf. globulus</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium granii</i>	(Dangeard) Balech
Dinophyta	<i>Protopteridinium oceanicum</i>	(VanHöffen) balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Protopteridinium pyriforme</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium quinquecorne</i>	(Abé) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium spp.</i>	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Protopteridinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Pselodinium vaubanii</i>	Sournia 1972
Dinophyta	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Pyrophacus spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Scaphodinium mirabile</i>	Margalef 1963
Dinophyta	Scrippsiella group	(vuoto)
Dinophyta	<i>Scrippsiella spinifera</i>	G.Honsell & M.Cabrini, 1991
Dinophyta	<i>Scrippsiella spp.</i>	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	(Stein) Balech & Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Spatulodinium pseudonoclituca</i>	(Pouchet) J.Cachon & M.Cachon, 1968
Dinophyta	<i>Spatulodinium spp.</i>	J. Cachon & M. Cachon, 1976
Dinophyta	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Warnowia spp.</i>	Lindemann in Engler & Prantl, 1928
Euglenozoa	<i>Euglena spp.</i>	Ehrenberg, 1830
Euglenozoa	Euglenophyceae indet.	Schoenichen, 1925
Euglenozoa	<i>Eutreptia spp.</i>	Perty, 1852
Euglenozoa	Eutreptiaceae indet.	Hollande, 1942
Euglenozoa	<i>Lepocinclis acus</i>	(O.F.Müller) Marin & Melkonian, 2003
Haptophyta	<i>Chrysochromulina lanceolata</i>	Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Haptophyta	<i>Chrysochromulina spp.</i>	Lackey, 1939
Haptophyta	Coccolithophyceae indet.	Rothmaler, 1951
Heterokontophyta	Chromulinales indet.	Pascher 1910
Heterokontophyta	Chrysophyceae indet.	Pascher 1914
Heterokontophyta	<i>Dinobryon spp.</i>	Ehrenberg, 1834
Heterokontophyta	Raphidophyceae indet.	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Incertae sedis	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Incertae sedis	<i>Hermesinum spp.</i>	O. Zacharias, 1906
Incertae sedis	<i>Ebria spp.</i>	Borgert, 1861
Incertae sedis	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Ochrophyta	<i>Dictyocha cf. antarctica</i>	Lohmann, 1919

Phylum	Specie	Autore
Ochrophyta	<i>Dictyocha cf. staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Ochrophyta	<i>Dictyocha crux</i>	Ehrenberg 1840
Ochrophyta	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Ochrophyta	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Ochrophyta	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012

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 e 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	18	14	25	17	28	20	25	32
Arthropoda	5	3	15	13	2	10	17	17
Cnidaria	0	1	2	1	2	1	0	1
Echinoderma	0	0	0	2	1	0	2	1
Mollusca	13	12	19	18	19	15	18	22
Phoronida	0	0	0	0	1	0	1	1
Sipuncula	1	0	1	1	1	1	1	1
Totale	37	30	62	52	54	47	64	75

Tabella 9 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	304	309	314	319
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Melina palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)		X		X
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)				X
		<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963		X		X
		<i>Notomastus latericeus</i>	Sars, 1851				X
		<i>Notomastus sp.</i>	M.Sars, 1850		X		
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964				X
	CHAETOPTERIDAE	<i>Phyllochaetopterus socialis</i>	Claparède, 1868	X		X	X
	CIRRATULIDAE	<i>Aphelochaeta sp.</i>	Blake, 1991			X	
		<i>Cauleriella sp.</i>	Chamberlin, 1819	X			X
		<i>Cauleriella viridis</i>	(Langerhans, 1881)	X			
		Cirratulidae indet.		X		X	
		<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)	X	X		X
	EUNICIDAE	<i>Marphysa sanguinea</i>	(Montagu, 1815)				X
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)			X	X
		<i>Pherusa plumosa</i>	(Muller, 1776)			X	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)	X	X		X
		<i>Glycera capitata</i>	Oersted, 1843	X			X
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861	X			X
	GONIADIDAE	<i>Goniada maculata</i>	Orsted, 1843		X		
	LUMBRINERIDAE	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	X	X		X
		<i>Lumbrineris fragilis</i>	(O.F.Muller, 1776)				X
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834		X	X	X
	MAGELONIDAE	<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
		<i>Praxillella affinis</i>	M. Sars in G.O. Sars, 1872				X
		<i>Praxillella sp.</i>	Verril, 1881				X
	NEPHTHYDAE	<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-lund, 1949)	X			
	NEPHTHYDAE	<i>Micronephtys stammeri</i>	(Auger, 1932)	X		X	
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X		X	
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
	NEREIDIDAE	Nereididae indet.		X			X
		<i>Nereis falsa</i>	Quatrefages, 1866	X			
		<i>Nereis zonata</i>	Malmgren, 1867	X			
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X		X	X
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822		X	X	
		<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)		X		
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X
		<i>Aricidea (Aricidea) pseudoarticulata</i>	Hobson, 1972				X
<i>Aricidea fragilis</i>		Webster, 1879	X	X		X	
PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)	X				
PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865	X	X	X	X	
	<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)			X		

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	304	309	314	319	
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904			X	X	
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			X		
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)		X		X	
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962				X	
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883			X		
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870				X	
	<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926		X		X		
STERNAPSIDAE	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)		X	X		X	
SYLLIDAE	<i>Syllidae indet.</i>			X		X		
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)				X	
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	
	AMPHILOCHIDAE	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)			X	X	
	APSEUDIDAE	<i>Apsseudopsis elisae</i>	(Bacescu, 1961)				X	
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)					X
		<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867				X	
		<i>Iphinoe tenella</i>	J.O.Sars, 1878	X	X	X	X	X
		<i>Iphinoe trispinosa</i>	(Goodsir, 1843)	X		X	X	X
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X	
	COROPHIIDAE	<i>Medicorophium rotundirostre</i>	(Stephensen, 1915)	X		X	X	
	CRANGONIDAE	<i>Crangon crangon</i>	(Linnaeus, 1758)	X	X		X	
	DIASTYLIDAE	<i>Diastylis rugosa</i>	Sars, 1865		X	X	X	
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)		X		X	
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867			X	X	
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965					X
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)				X	
	LYSIANASSIDAE	<i>Lysianassa pilicornis</i>	(Heller, 1866)					X
	OEDICEROTIDAE	<i>Periculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)				X	
		<i>Pontocrates altamarinus</i>	(Bate & Westwood, 1862)			X	X	
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)				X	
	PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	cf.	X	X			X
		<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)	X		X	X	X
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)					X
		<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)			X		
	PROCESSIDAE	<i>Processa noveli noveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975				X	
	PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne longicorne</i>	(Bate, 1858)				X	
	CNIDARIA	ACTINARIA	Anthozoa indet.		X			X
EDWARDSIIDAE		<i>Edwardsia claparedii</i>	(Panceri, 1869)	X	X	X	X	
HORMATHIIDAE		<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)	X	X			
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphipholis</i> sp.		X				
		<i>Amphiuira chiajei</i>	Forbes, 1843				X	
	OPHIURIDAE	<i>Oestergrenia digitata</i>	Montagu, 1815			X		
SCHIZASTERIDAE	<i>Schizaster canaliferus</i>	(Lamarck, 1816)			X			
MOLLUSCA	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)	X				
	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	X	X	X	X	
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X	
	CARDIIDAE	<i>Acanthocardia paucicostata</i>	(Sowerby G.B.II, 1841)				X	
		<i>Acanthocardia tuberculata</i>	(Linné, 1758)				X	
		<i>Plagiocardium papillosum</i>	(Poli, 1795)				X	
	CONIDAE	<i>Bela nebula</i>	(Montagu, 1803)		X			
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)	X			X	
	LASAEDAE	<i>Hemilepton nitidum</i>	Turton, 1822				X	
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)				X	
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	X	X	X	X	
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	X	X		X	
	MURICIDAE	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)		X			
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X				X
		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	(Lamarck, 1819)	X				X
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X	X		
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X	X		X	
		<i>Tritia pygmaea</i>	(Lamarck, 1822)		X		X	
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)		X			
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X		X	
PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)	X		X	X		

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	304	309	314	319
	SEMELIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X		X	X
		<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)			X	X
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1795)			X	X
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)	X			
		<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		
<i>Politapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)	X		X	X	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X		X	X

Tabella 10 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	4	9	14	19	
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X	
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)			X	X	
	CIRRATULIDAE	<i>Caulleriella</i> sp.	Chamberlin, 1819			X		
		<i>Caulleriella viridis</i>	(Langerhans, 1881)			X		
		Cirratulidae indet.		X		X		
	EUNICIDAE	<i>Marphysa</i> sp.	Quatrefages, 1866		X			
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X		X		
		<i>Pherusa plumosa</i>	(Muller, 1776)			X	X	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)	X		X	X	
		<i>Glycera capitata</i>	Oersted, 1843	X			X	
	LUMBRINERIDAE	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)				X	
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834				X	
	MAGELONIDAE	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X		
		<i>Magelona mirabilis</i>	(Johnston, 1865)			X		
	MALDANIDAE	<i>Praxillella</i> indet.	Verril, 1881	X		X		
	NEPHTHYDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-lund, 1949)	X	X	X		
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	X	X	X	X	
	NEPHTYDAE	<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X	X	X		
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	
		<i>Nereis falsa</i>	Quatrefages, 1866		X			
	NEREIDIDAE	<i>Nereis zonata</i>	Malmgren, 1867			X		
		<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	
	ONUPHIDAE	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833			X	X	
		<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822	X	X	X		
	ORBINIIDAE	<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)		X			
		<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879		X	X	X	
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)	X			X	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865				X	
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			X		
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)	X				
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962			X		
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926	X		X		
	STERNAPSIDAE	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)				X	
	SYLLIDAE	Syllidae indet.			X			
	ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)			X	
			<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853			X	X
			<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)				X
		AMPHILOCHIDAE	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)			X	X
APSEUDIDAE		<i>Apseudes spinosus</i>	(M. Sars, 1858)			X		
		<i>Apseudopsis elisae</i>	(Bacescu, 1961)			X		
ATYLIDAE		<i>Atylus massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1975	X				
BODOTRIIDAE		<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867			X		
		<i>Iphinoe tenella</i>	J.O.Sars, 1878	X		X	X	
		<i>Iphinoe trispinosa</i>	(Goodsir, 1843)		X			
CAPRELLIDAE		<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)		X	X	X	
COROPHIIDAE		<i>Medicorophium rotundirostre</i>	(Stephensen, 1915)			X		
DIASTYLIDAE		<i>Diastylis rugosa</i>	Sars, 1865	X		X	X	
GRAPSIDAE		<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)		X		X	
LEUCOTHOIDAE		<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965				X	
		<i>Lepidepcreum</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X	

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	4	9	14	19	
		<i>longicorne</i>						
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)	X		X	X	
	OEDICEROTIDAE	<i>Periocolodes longimanus</i> <i>longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			X	X	
	PHOTIDAE	<i>Photis</i> cfr. <i>longicaudata</i>				X	X	
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)			X		
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne</i> <i>longicorne</i>	(Bate, 1858)	X		X	X		
CNIDARIA	ACTINARIA	Anthozoa indet.			X	X	X	
	EDWARDSIIDAE	<i>Edwardsia claparedii</i>	(Panceri, 1869)	X			X	
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)			X		
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843				X	
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863				X	
MOLLUSCA	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)		X	X	X	
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X	
	CARDIIDAE	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	(Linné, 1758)					X
		<i>Corbula gibba</i>	(Olivier, 1792)	X	X	X	X	X
	CORBULIDAE	<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)	X		X		
		<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X		X		
	LUCINIDAE	<i>Loripes orbiculatus</i>	Poli, 1791			X		
		<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X		
	MACTRIDAE	<i>Maetra stultorum</i>	(Linné, 1758)			X		
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	X	X	X	X	X
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	X	X		X	
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X				
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X		X		
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)			X	X	X
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X	X		
	NATICIDAE	<i>Euspira nitida</i>	(Donovan, 1804)				X	
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)				X	
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)					X
		<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X		X		
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X			X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)					X
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)					X
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1795)			X		
<i>Tellina fabula</i>		(Gmelin, 1791)		X	X	X	X	
<i>Tellina nitida</i>		(Poli, 1795)	X	X	X	X	X	
VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X	X	
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)		X	X	X	X	
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)		X	X	X	X	
SIPUNCULA	ASPIDOSIPHONIDAE	<i>Aspidosiphon muelleri muelleri</i>	Diesing, 1851			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 2015.

L'anno 2015 ha mostrato in generale una buona variabilità.

Nella biocenosi delle VTC (Tabella 8) la stazione 319 ha mostrato il maggior numero di specie (75) mentre la stazione 309 il minor numero (47).

Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 8) la stazione 14 presenta il maggior numero di specie (62 specie) invece, la stazione 9 possiede il minor numero di specie (30 specie).

Nel Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Aphelochaeta* sp., *Aricidea assimilis*, *Aricidea fragilis*, *Aricidea pseudoarticulata*, *Capitella capitata*, *Caulleriella* sp., *Caulleriella viridis*, Cirratulidae indet. *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Glycera alba*, *Glycera capitata*, *Glycera tridactyla*, *Goniada maculata*, *Heteromastus filiformis*, *Lumbrineris latreillei*, *Lumbrineris gracilis*, *Magelona johnstoni*, *Magelona mirabilis*, *Maldane sarsi*, *Marphysa sanguinea*, *Marphysa* sp., *Melinna palmata*, *Micronephtys sphaerocirrata*, *Micronephtys stammeri*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, Nereididae indet., *Nereis falsa*, *Nereis zonata*, *Notomastus aberans* *Notomastus latericeus*, *Onuphis eremita*, *Orbinia sertulata*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa monilifera*, *Pherusa plumosa* *Phyllochaetopterus*

socialis, *Phylo foetida*, *Phyllodoce lineata*, *Poecilochaetus serpens*, *Polydora ciliata*, *Praxilella affinis*, *Praxilella* sp., *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio multibranchiata*, *Pseudoleiocardia fauveli*, *Sigalion mathildae*, *Sternaspis scutata*, Syllidae indet.

Il polichete *Owenia fusiformis* è risultato essere il più abbondante nella comunità delle SFBC nella st. 14 in primavera. Nella comunità delle VTC, *Melinna palmata* ha raggiunto in maggio nella stazione 319 la massima abbondanza. I policheti più frequenti sono risultati per entrambe le biocenosi: *Nephtys hombergi*, *Owenia fusiformis*, *Melinna palmata*, *Diopatra neapolitana*, *Aricidea assimilis*.

Nel Phylum degli **ARTHROPODA** classe Crustacea sono stati rinvenuti i seguenti taxa: *Ampelisca diadema*, *Ampelisca brevicornis*, *Apolochus neapolitanus*, *Aapseudes elisae*, *Aapseudes spinosus*, *Atylus massiliensis*, *Bodotria scorpioides*, *Brachynotus gemellari*, *Crangon crangon*, *Diastylis rugosa*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe serrata*, *Iphinoe tenella*, *Iphinoe trispinosa*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus vernalis*, *Liocarcinus depurator*, *Lysianassa pilicornis*, *Medicorophium rotundirostre*, *Microprotopus maculatus*, *Orchomenella nana*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus*, *Photis* cfr. *longicaudata*, *Pontocrates altamarinus*, *Pontocrates arenarius*, *Processa nouveli nouveli*, *Pseudocuma longicorne longicorne*.

Pariambus typicus è risultato essere il più abbondante nella comunità delle VTC (stazione 314 in maggio) mentre in quella delle SFBC è risultato essere *Aapseudopsis elisae* nella staz. 14 in novembre.

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 rinvenivano 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. 19 delle SFBC e nelle st. 304 e 309 delle VTC. il taxon *Edwardsia claparedii* è stato ritrovato in tutte le stazioni delle VTC e nelle st. 4, 19 delle SFBC; Il taxon Anthozoa indet. è stato ritrovato nella staz. 9, 14, 19 delle SFBC e nelle stazioni 309 e 319 delle VTC.

Nel Phylum degli **ECHINODERMA** sono state ritrovati 5 taxa *Amphiura chiajei*, *Amphipholis* sp., *Oestergrenia digitata*, *Ophiura grubei*, *Schizaster canaliferus*.

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

Nel Phylum dei **MOLLUSCHI** sono stati ritrovati i seguenti taxa: *Acanthocardia paucicostata*, *Acanthocardia tuberculata*, *Acteon tornatilis*, *Abra alba*, *Abra nitida*, *Abra prismatica*, *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Bela nebula*, *Bolinus brandaris*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Euspira macilenta*, *Hemilepton nitidum*, *Lentidium mediterraneum*, *Lucinella divaricata*, *Kurtiella bidentata*, *Mactra stultorum*, *Musculista senhousia*, *Mytilus galloprovincialis*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius pygmaeus*, *Nucula nitidosa*, *Pharus legumen*, *Phaxas adriaticus*, *Plagiocardium papillosum*, *Politapes rhomboides*, *Spisula subtruncata*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*.

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. Il Mollusco più abbondante nelle SFBC è stato il bivalve *Spisula subtruncatula* nella st. 4 in maggio e nelle VTC il bivalve *Corbula gibba* nella st. 304 in novembre.

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla* nelle st. 4, 14, 19 e st. 304, 314, 319.

Nel Phylum dei **SIPUNCULA** il taxon *Golfingia* sp. è stato ritrovato solo nella st. 4 e 19 delle SFBC.

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 estuari 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 98 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 99 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	0.98	24	0.22
9	PRI	2.71	10	1.76
14	PRI	4.12	37	1.93
19	PRI	4.04	29	1.37
4	AUT	2.42	24	0.59
9	AUT	3.73	27	1.87
14	AUT	3.49	50	1.79
19	AUT	3.66	41	2.32
304	PRI	2.75	29	0.71
309	PRI	4.04	33	2.41
314	PRI	2.61	26	1.49
319	PRI	2.77	46	2.47
304	AUT	3.28	49	3.14
309	AUT	2.5	26	3.14
314	AUT	4.17	53	1.79
319	AUT	3.64	58	1.94

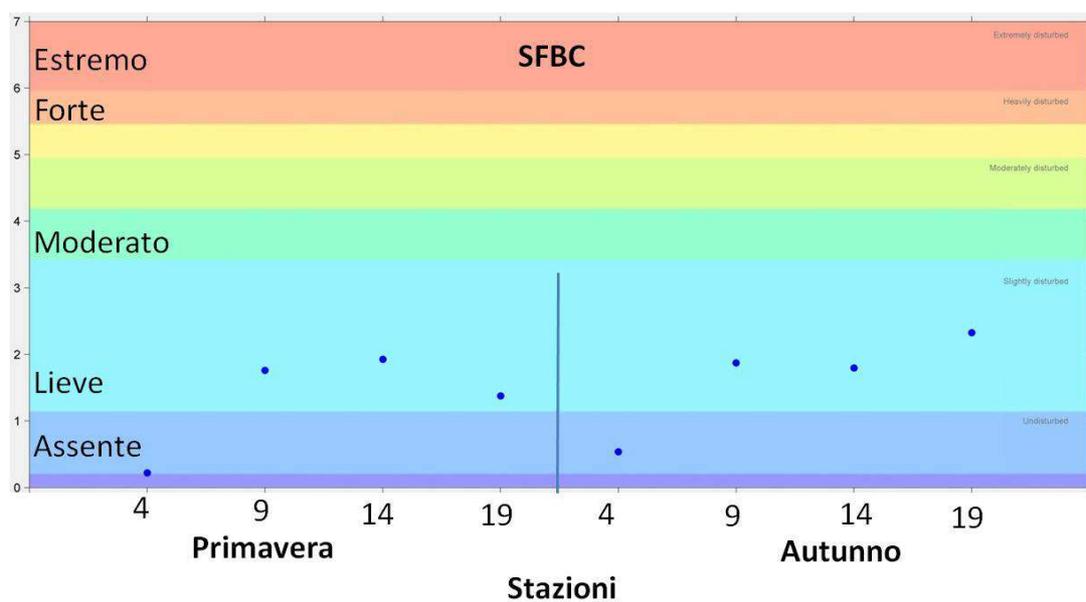


Figura 98 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (P= Primavera, A= Autunno)

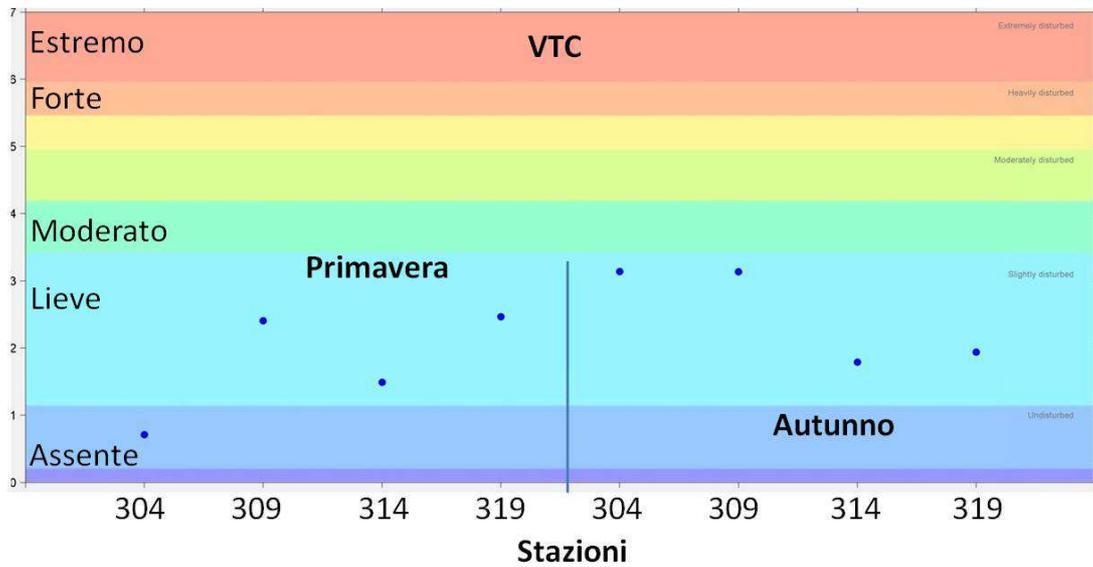


Figura 99 – Valori dell’indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l’analisi multivariata (*Multi Dimensional Scaling* MDS) (Figura 100) 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 quella della st. 14 rispetto a quella che assume in primavera.

Per le biocenosi delle VTC, l’analisi multivariata (Figura 101) evidenzia una separazione delle stazioni tra le due stagioni. Le stazioni appaiono plottate in modo speculare con distanze maggiori per le stazioni 309 e 304.

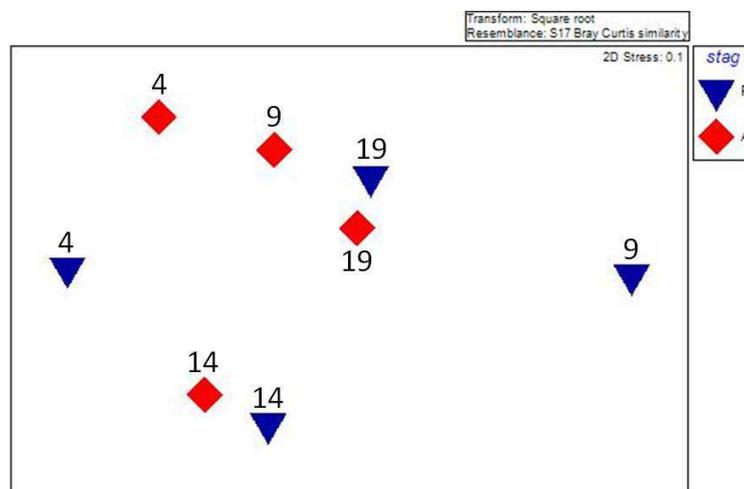


Figura 100 – MDS Biocenosi delle SFBC

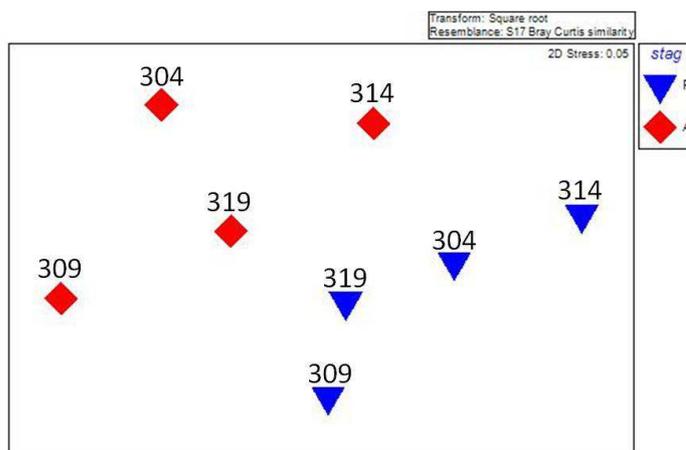


Figura 101 – MDS Biocenosi delle VTC

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 86). 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.M.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 4.4.1, 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 DM 260/10, è di 5.4 condizione di stato che identifica uno stato 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 2015																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.33	17.21	27.44	8.11	2.05	8.97	401.52	13.46	26.82	883.14	33.34	5.15	529.71	255.26	31.54	5.89	1.93
Errore standard	0.04	1.56	1.34	0.51	0.21	1.47	98.78	1.81	7.57	125.59	2.94	1.07	84.77	101.76	6.57	0.19	0.17
Mediana	8.30	16.15	27.05	8.52	1.80	6.00	272.46	13.59	14.30	645.67	33.74	3.54	457.69	64.78	25.73	5.95	1.87
Moda	8.47				1.80	6.00	0.70		1.15			0.22					
Deviazione standard	0.17	7.15	6.16	2.33	0.97	6.75	452.65	8.31	34.68	575.53	13.46	4.92	388.47	466.32	30.09	0.88	0.77
Varianza campionaria	0.03	51.12	37.92	5.43	0.95	45.52	204890.27	69.11	1202.99	331239.24	181.07	24.22	150908.38	217453.64	905.14	0.77	0.60
Curtosi	0.99	-1.11	-0.76	2.20	-0.03	-0.01	2.06	-1.15	3.55	3.13	0.65	-0.01	1.19	5.55	12.03	0.27	0.36
Asimmetria	0.32	0.30	-0.34	-0.82	0.94	1.06	1.53	-0.13	1.81	1.73	0.59	1.13	1.25	2.50	3.21	-0.74	0.67
Intervallo	0.70	22.23	22.32	11.17	3.30	23.19	1689.34	26.44	135.03	2280.25	54.93	15.92	1389.90	1690.84	139.48	3.22	2.91
Minimo	8.01	6.98	14.60	1.67	0.80	1.81	0.70	0.30	0.50	347.10	12.57	0.22	107.68	0.82	8.89	3.98	0.66
Massimo	8.71	29.21	36.93	12.84	4.10	25.00	1690.04	26.74	135.53	2627.35	67.50	16.14	1497.58	1691.66	148.37	7.20	3.57
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.25	2.80	1.06	0.44	3.07	206.04	3.78	15.79	261.98	6.13	2.24	176.83	212.27	13.69	0.40	0.35

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.35	16.31	28.59	8.30	1.96	11.60	328.88	12.25	30.45	878.15	34.83	3.41	399.37	188.11	26.08	5.83	1.90
Errore standard	0.03	1.42	1.08	0.48	0.22	2.65	108.20	2.13	8.56	138.62	3.26	0.77	76.40	61.54	2.84	0.17	0.21
Mediana	8.32	15.42	29.60	8.39	1.80	7.80	179.62	8.94	19.53	643.11	30.82	2.31	313.46	90.22	21.88	5.82	1.68
Moda	8.38				1.00		0.70					0.22					
Deviazione standard	0.15	6.51	4.95	2.22	1.03	12.16	495.83	9.78	39.21	635.23	14.92	3.52	350.12	282.00	12.99	0.76	0.98
Varianza campionaria	0.02	42.44	24.46	4.92	1.06	147.89	245845.37	95.68	1537.39	403512.15	222.56	12.42	122587.06	79522.36	168.80	0.57	0.95
Curtosi	2.08	-1.22	0.90	3.66	-0.89	8.44	13.39	1.93	4.55	6.42	-0.59	5.12	6.44	11.61	0.68	0.67	-0.12
Asimmetria	0.65	0.29	-0.93	0.36	0.51	2.73	3.38	1.43	2.18	2.29	0.37	2.10	2.24	3.16	1.00	0.38	0.48
Intervallo	0.69	19.85	19.97	11.73	3.60	52.91	2297.54	38.14	152.10	2757.63	54.35	14.76	1574.64	1269.08	49.67	3.34	3.76
Minimo	8.01	7.32	15.69	2.89	0.50	2.59	0.70	1.30	0.21	306.15	8.84	0.22	26.32	7.17	10.09	4.29	0.09
Massimo	8.70	27.17	35.66	14.62	4.10	55.50	2298.24	39.44	152.31	3063.78	63.19	14.98	1600.96	1276.25	59.76	7.63	3.86
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	2.97	2.25	1.01	0.47	5.54	225.70	4.45	17.85	289.15	6.79	1.60	159.37	128.36	5.91	0.35	0.44

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 2015																	
	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	8.39	17.13	27.81	8.81	2.32	8.83	370.91	12.64	20.58	777.33	28.60	4.01	467.46	224.51	31.12	5.79	1.77
Errore standard	0.03	1.59	1.11	0.47	0.28	1.50	84.12	1.84	5.15	107.09	2.25	0.74	70.24	89.13	5.60	0.21	0.17
Mediana	8.35	15.95	28.40	8.48	1.90	6.50	228.98	13.03	9.31	617.46	27.09	3.87	396.94	72.69	23.83	5.76	1.67
Moda					1.80		0.70		0.21								
Deviazione standard	0.15	7.31	5.09	2.15	1.31	6.86	385.47	8.44	23.62	490.76	10.31	3.38	321.87	408.44	25.64	0.95	0.80
Varianza campionaria	0.02	53.39	25.95	4.64	1.70	46.99	148583.98	71.26	558.00	240840.73	106.37	11.43	103603.47	166822.31	657.52	0.90	0.64
Curtosi	1.14	-1.21	0.94	3.42	7.95	1.38	0.09	-0.27	2.04	4.39	-1.03	4.01	-0.26	6.49	8.86	-0.42	1.72
Asimmetria	1.19	0.25	-0.69	1.44	2.40	1.46	1.03	0.19	1.56	1.96	-0.21	1.69	0.81	2.60	2.74	0.23	0.10
Intervallo	0.56	22.45	22.25	10.05	6.00	24.52	1266.04	30.17	86.83	2054.34	35.94	14.22	1142.53	1594.17	113.75	3.57	3.67
Minimo	8.18	6.58	14.57	5.31	1.00	2.08	0.70	0.16	0.21	294.61	9.76	0.56	71.12	1.19	11.04	4.19	0.04
Massimo	8.75	29.04	36.82	15.36	7.00	26.60	1266.74	30.33	87.04	2348.95	45.70	14.78	1213.65	1595.36	124.78	7.75	3.71
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.33	2.32	0.98	0.59	3.12	175.46	3.84	10.75	223.39	4.69	1.54	146.52	185.92	11.67	0.43	0.36

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	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	8.42	16.24	28.32	9.05	2.58	8.29	348.34	11.73	12.17	717.31	21.58	3.50	419.93	224.66	33.74	5.40	1.81
Errore standard	0.03	1.56	0.99	0.47	0.31	2.15	85.29	1.87	4.40	102.19	2.11	0.89	111.08	58.57	3.06	0.24	0.14
Mediana	8.39	14.60	28.74	9.09	1.90	5.30	263.47	11.31	5.80	612.31	20.51	1.87	219.79	101.58	33.97	5.48	1.79
Moda					1.90		0.70		0.21				0.22				
Deviazione standard	0.13	7.14	4.55	2.14	1.41	9.85	390.84	8.55	20.16	468.30	9.68	4.09	509.01	268.39	14.02	1.09	0.65
Varianza campionaria	0.02	51.01	20.68	4.59	1.98	97.10	152755.17	73.15	406.37	219308.49	93.61	16.71	259095.63	72031.21	196.61	1.20	0.42
Curtosi	2.66	-1.30	0.25	5.98	3.88	8.00	2.94	-1.08	15.40	1.08	-0.27	2.54	7.60	0.58	-0.65	-0.22	-0.48
Asimmetria	1.50	0.34	-0.70	1.69	1.70	2.70	1.71	0.19	3.73	1.27	0.51	1.77	2.49	1.30	0.20	0.06	0.12
Intervallo	0.56	21.05	17.48	10.38	6.00	42.80	1516.25	26.88	94.36	1680.21	37.91	14.61	2217.59	877.39	47.48	4.21	2.42
Minimo	8.26	6.54	17.23	5.88	1.00	0.60	0.70	0.12	0.21	222.59	5.56	0.22	8.55	0.88	12.25	3.32	0.61
Massimo	8.82	27.59	34.70	16.26	7.00	43.40	1516.95	27.00	94.57	1902.80	43.47	14.83	2226.14	878.27	59.73	7.53	3.02
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.25	2.07	0.98	0.64	4.49	177.91	3.89	9.18	213.17	4.40	1.86	231.70	122.17	6.38	0.50	0.29

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

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	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	8.35	15.99	28.86	8.74	2.56	7.98	423.32	13.46	37.18	812.58	24.77	4.97	421.80	221.67	35.90	5.70	1.78
Errore standard	0.03	1.49	1.12	0.53	0.29	1.70	102.69	2.30	9.40	115.49	2.98	1.89	73.54	55.37	6.01	0.23	0.21
Mediana	8.33	14.57	31.19	8.65	2.10	5.00	249.37	11.37	22.28	552.09	20.07	1.44	323.62	110.35	29.88	5.63	1.65
Moda	8.33				1.00	2.40	0.70				15.01	0.22					
Deviazione standard	0.15	6.81	5.13	2.45	1.33	7.78	470.60	10.56	43.10	529.25	13.65	8.68	337.00	253.72	27.53	1.04	0.96
Varianza campionaria	0.02	46.35	26.36	5.99	1.78	60.58	221459.69	111.55	1857.49	280100.81	186.20	75.41	113570.07	64373.15	758.13	1.08	0.93
Curtosi	0.61	-1.01	-0.57	1.03	2.32	1.85	0.59	0.56	3.13	-1.17	0.60	6.53	-0.31	3.75	10.07	-0.55	-0.27
Asimmetria	-0.26	0.40	-0.64	0.31	1.22	1.67	1.25	1.06	1.83	0.70	1.14	2.57	0.79	1.85	3.01	-0.02	0.65
Intervallo	0.62	21.05	17.21	10.91	5.50	26.40	1549.86	35.98	165.70	1536.16	49.10	34.10	1188.00	1012.97	125.05	3.67	3.44
Minimo	8.00	7.25	18.30	3.56	1.00	1.90	0.70	0.13	1.17	203.43	8.40	0.22	22.66	2.76	13.23	3.86	0.33
Massimo	8.62	28.30	35.51	14.47	6.50	28.30	1550.56	36.11	166.87	1739.59	57.50	34.32	1210.66	1015.73	138.28	7.52	3.77
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.10	2.34	1.11	0.61	3.54	214.21	4.81	19.62	240.91	6.21	3.95	153.40	115.49	12.53	0.47	0.44

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	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	8.40	16.20	29.11	8.89	2.86	9.14	267.58	9.61	18.78	654.90	22.10	4.02	298.85	178.40	32.54	5.44	1.59
Errore standard	0.03	1.54	0.88	0.45	0.36	2.28	62.96	1.38	5.95	73.28	2.13	1.15	62.68	47.99	3.81	0.21	0.20
Mediana	8.35	14.40	30.77	8.87	2.10	5.26	192.86	11.39	9.58	580.04	19.00	1.64	212.19	101.41	28.59	5.33	1.45
Moda	8.39				1.90	0.70						0.47					
Deviazione standard	0.12	7.04	4.05	2.08	1.66	10.44	288.50	6.32	27.27	335.80	9.74	5.28	287.24	219.91	17.46	0.98	0.93
Varianza campionaria	0.02	49.57	16.40	4.31	2.77	108.97	83234.60	39.93	743.76	112759.30	94.84	27.92	82504.02	48360.37	304.80	0.96	0.86
Curtosi	2.60	-1.23	-1.36	5.72	5.88	4.83	4.12	-1.19	8.35	-0.53	3.27	1.53	1.21	1.54	1.61	-0.63	0.05
Asimmetria	1.56	0.37	-0.25	1.72	2.05	2.28	1.91	-0.17	2.73	0.68	1.33	1.69	1.40	1.61	1.29	0.14	0.55
Intervallo	0.51	20.42	12.26	9.91	7.40	39.40	1161.80	19.54	116.60	1082.75	46.27	16.81	1000.12	706.07	68.52	3.52	3.64
Minimo	8.24	6.98	22.67	5.91	1.10	1.20	0.70	0.23	0.21	253.95	5.30	0.22	35.46	0.79	7.87	3.84	-0.03
Massimo	8.76	27.40	34.93	15.82	8.50	40.60	1162.50	19.77	116.81	1336.70	51.57	17.03	1035.58	706.87	76.38	7.36	3.61
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.20	1.84	0.94	0.76	4.75	131.33	2.88	12.41	152.85	4.43	2.41	130.75	100.10	7.95	0.45	0.42

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 2015																	
	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	15.89	29.94	8.43	2.52	6.69	295.70	8.96	20.39	705.20	20.34	2.54	385.64	215.91	37.46	5.46	1.89
Errore standard	0.02	1.53	0.76	0.41	0.30	1.03	54.42	1.25	4.23	91.28	1.93	0.62	71.03	47.01	6.12	0.16	0.19
Mediana	8.31	14.37	30.47	8.38	2.50	5.30	239.54	8.18	12.04	642.39	18.97	1.42	279.00	123.77	29.52	5.41	1.66
Moda					1.10	3.00	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.07	7.01	3.50	1.86	1.38	4.72	249.36	5.72	19.37	418.32	8.85	2.82	325.49	215.42	28.05	0.72	0.87
Varianza campionaria	0.01	49.18	12.22	3.46	1.91	22.32	62182.12	32.69	375.17	174989.23	78.36	7.95	105940.57	46405.08	787.05	0.52	0.76
Curtosi	-0.03	-1.06	-0.88	-0.60	-0.98	6.75	0.05	1.86	2.29	2.36	1.58	4.90	1.15	0.33	13.75	0.49	-0.87
Asimmetria	0.95	0.44	-0.18	-0.05	0.44	2.26	0.98	1.17	1.58	1.53	1.34	2.16	1.32	1.22	3.45	0.34	0.00
Intervallo	0.24	21.29	11.32	6.34	4.30	22.30	827.40	23.11	73.53	1550.74	32.95	11.45	1146.48	684.92	133.33	3.09	3.23
Minimo	8.25	6.85	23.89	5.39	0.70	0.70	0.70	0.55	1.81	248.98	10.46	0.22	21.72	6.51	16.15	4.01	0.23
Massimo	8.49	28.14	35.21	11.73	5.00	23.00	828.10	23.66	75.34	1799.72	43.41	11.67	1168.20	691.43	149.48	7.10	3.46
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.03	3.19	1.59	0.85	0.63	2.15	113.51	2.60	8.82	190.42	4.03	1.28	148.16	98.06	12.77	0.33	0.40

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	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	8.30	16.50	31.26	7.90	2.42	6.57	204.94	9.26	32.83	538.32	19.60	2.45	234.74	191.80	28.90	5.48	2.08
Errore standard	0.03	1.52	0.78	0.46	0.26	1.76	41.39	1.02	4.84	41.45	1.31	0.60	36.91	41.65	2.34	0.15	0.23
Mediana	8.27	15.26	31.60	7.94	2.80	4.06	177.63	8.67	28.31	530.82	19.13	1.80	215.07	99.36	28.00	5.56	1.89
Moda				7.94	2.90	3.90						0.22					
Deviazione standard	0.14	6.96	3.59	2.12	1.18	8.08	189.67	4.69	22.20	189.95	6.02	2.74	169.15	190.89	10.71	0.68	1.03
Varianza campionaria	0.02	48.40	12.88	4.50	1.40	65.31	35975.27	22.04	492.90	36082.48	36.26	7.50	28611.28	36437.19	114.67	0.46	1.07
Curtosi	3.57	-1.31	0.15	1.02	-1.36	9.44	3.23	-0.63	0.16	-0.73	-0.02	4.75	0.26	0.64	2.29	1.86	-0.72
Asimmetria	1.60	0.23	-0.68	0.71	-0.29	3.08	1.54	0.65	0.88	0.54	0.39	2.05	0.90	1.30	1.08	-0.49	0.34
Intervallo	0.62	20.58	13.91	8.61	3.40	34.30	780.12	14.95	82.60	637.55	23.25	11.10	640.23	630.32	46.81	3.25	3.69
Minimo	8.12	6.69	22.42	4.88	0.60	1.50	7.95	2.94	1.11	265.64	9.01	0.22	13.82	16.50	13.04	3.70	0.30
Massimo	8.74	27.27	36.33	13.49	4.00	35.80	788.07	17.89	83.71	903.19	32.26	11.32	654.05	646.82	59.84	6.96	3.99
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.17	1.63	0.97	0.54	3.68	86.34	2.14	10.11	86.47	2.74	1.25	77.00	86.89	4.87	0.31	0.47

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

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	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	8.39	16.26	29.82	8.94	3.16	6.60	265.32	8.79	14.04	562.60	16.82	2.31	332.51	189.91	33.69	5.23	1.63
Errore standard	0.02	1.59	0.75	0.48	0.32	1.70	50.46	1.29	5.21	60.69	1.32	0.61	71.22	39.24	2.87	0.24	0.17
Mediana	8.37	14.54	29.26	8.69	3.00	4.40	224.11	8.48	4.88	530.16	17.18	1.23	221.69	144.90	30.88	5.51	1.79
Moda					3.00	1.90	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.10	7.29	3.43	2.20	1.45	7.80	231.25	5.92	23.89	278.10	6.03	2.80	326.38	179.81	13.16	1.08	0.77
Varianza campionaria	0.01	53.19	11.80	4.85	2.10	60.78	53474.36	35.04	570.67	77337.19	36.37	7.81	106520.84	32332.95	173.19	1.16	0.59
Curiosi	1.97	-1.17	-0.34	0.11	1.08	13.70	0.23	-1.06	7.13	-0.99	-0.54	4.33	1.79	0.07	3.31	-0.71	-0.30
Asimmetria	1.40	0.38	0.01	0.45	0.95	3.44	0.87	0.03	2.76	0.35	-0.19	2.16	1.47	0.93	1.61	-0.52	-0.22
Intervallo	0.40	23.26	12.95	8.33	5.90	37.50	781.04	17.68	92.09	921.62	22.09	10.61	1206.67	618.27	55.46	3.70	3.06
Minimo	8.27	5.90	22.51	5.78	1.10	0.20	0.70	0.35	1.15	162.44	5.26	0.22	26.83	2.62	18.58	3.20	0.03
Massimo	8.67	29.16	35.46	14.11	7.00	37.70	781.74	18.03	93.24	1084.06	27.35	10.83	1233.50	620.88	74.04	6.90	3.09
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.32	1.56	1.00	0.66	3.55	105.26	2.69	10.87	126.59	2.75	1.27	148.56	81.85	5.99	0.49	0.35

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.36	16.95	31.38	8.29	3.32	7.63	156.87	7.66	15.84	504.50	15.98	1.65	218.47	161.43	33.53	5.09	1.65
Errore standard	0.03	1.55	0.87	0.44	0.39	2.57	28.37	1.38	3.95	52.78	1.70	0.47	47.55	33.57	3.53	0.21	0.21
Mediana	8.31	15.28	32.71	8.14	3.20	4.37	193.61	6.06	7.71	460.81	14.75	1.36	142.74	111.50	29.21	5.31	1.52
Moda					0.90	0.90	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.15	7.10	3.98	2.04	1.79	11.79	130.02	6.31	18.09	241.85	7.78	2.14	217.90	153.82	16.17	0.95	0.97
Varianza campionaria	0.02	50.39	15.88	4.15	3.19	138.94	16906.44	39.85	327.24	58492.04	60.48	4.56	47482.14	23659.32	261.59	0.90	0.94
Curiosi	6.37	-1.40	1.42	3.33	-0.84	13.56	0.34	2.05	3.45	-0.42	9.00	12.19	2.93	-0.05	7.58	2.21	-0.65
Asimmetria	2.20	0.23	-1.07	1.21	0.20	3.57	0.61	1.27	1.82	0.81	2.56	3.17	1.57	0.98	2.41	-0.34	0.55
Intervallo	0.65	21.00	16.24	8.86	5.90	53.50	475.39	25.69	71.60	749.83	38.09	9.76	875.32	524.05	74.29	4.72	3.21
Minimo	8.22	7.32	20.31	5.70	0.90	0.90	0.70	0.14	0.21	245.60	6.37	0.22	5.58	4.77	16.62	2.58	0.26
Massimo	8.86	28.32	36.55	14.56	6.80	54.40	476.09	25.83	71.81	995.43	44.46	9.98	880.90	528.82	90.91	7.31	3.47
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.23	1.81	0.93	0.81	5.37	59.19	2.87	8.23	110.09	3.54	0.97	99.19	70.02	7.36	0.43	0.44

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.34	16.87	32.17	8.24	3.07	5.52	174.90	7.23	16.04	473.29	16.41	2.25	198.50	166.24	31.28	4.91	1.97
Errore standard	0.03	1.53	0.69	0.44	0.32	1.79	39.34	1.30	2.32	39.86	1.47	0.58	40.66	47.33	2.30	0.19	0.22
Mediana	8.32	15.47	32.03	8.10	3.40	3.20	131.08	5.58	13.13	413.51	15.97	1.25	101.84	110.00	29.06	5.05	1.93
Moda	8.28				5.00							0.22					
Deviazione standard	0.13	7.00	3.15	2.01	1.49	8.22	180.29	5.96	10.63	182.68	6.76	2.65	186.34	216.90	10.55	0.88	0.99
Varianza campionaria	0.02	48.94	9.91	4.03	2.21	67.54	32506.26	35.52	112.95	33371.11	45.66	7.01	34721.35	47046.94	111.33	0.77	0.99
Curtosi	4.03	-1.26	-0.56	0.29	-1.15	10.07	1.43	1.61	0.23	-0.90	-0.36	6.81	-0.56	5.08	-1.09	0.14	-0.79
Asimmetria	1.61	0.25	-0.46	0.49	-0.21	3.12	1.29	1.39	0.82	0.43	0.25	2.43	1.00	2.22	0.02	0.28	0.45
Intervallo	0.59	21.49	11.32	7.70	4.60	35.40	664.59	21.15	39.85	595.13	24.61	11.21	574.54	857.63	33.27	3.34	3.15
Minimo	8.16	7.00	25.28	5.42	0.70	0.50	1.51	0.62	2.22	221.43	5.79	0.22	20.94	4.18	13.60	3.34	0.55
Massimo	8.75	28.49	36.60	13.12	5.30	35.90	666.10	21.77	42.07	816.56	30.40	11.43	595.48	861.81	46.87	6.67	3.70
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.18	1.43	0.91	0.68	3.74	82.07	2.71	4.84	83.15	3.08	1.21	84.82	98.73	4.80	0.40	0.45

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.32	16.79	32.66	8.09	3.25	3.95	160.02	6.98	15.82	442.77	15.67	2.31	170.99	103.55	28.81	4.88	2.01
Errore standard	0.03	1.47	0.63	0.39	0.33	0.92	30.13	0.98	2.76	36.68	1.01	0.26	30.58	23.05	1.85	0.18	0.20
Mediana	8.30	16.14	32.79	8.00	3.20	2.70	106.71	5.79	11.12	399.88	17.13	2.18	110.11	71.85	28.75	4.84	1.76
Moda					5.00	1.30	0.70					2.16					
Deviazione standard	0.12	6.74	2.88	1.81	1.51	4.23	138.07	4.50	12.64	168.07	4.63	1.21	140.13	105.65	8.50	0.83	0.90
Varianza campionaria	0.01	45.37	8.32	3.28	2.28	17.89	19064.52	20.23	159.78	28247.48	21.43	1.47	19635.29	11162.03	72.19	0.68	0.81
Curtosi	2.70	-1.33	-0.59	-0.27	-1.05	3.21	-0.66	-0.03	2.12	-0.92	-0.23	2.44	-0.68	1.92	-1.49	0.43	-0.64
Asimmetria	1.39	0.23	-0.46	0.31	-0.08	1.94	0.72	0.88	1.56	0.52	0.24	1.19	0.88	1.56	0.06	-0.40	0.32
Intervallo	0.50	19.69	10.55	6.73	4.90	15.30	444.00	16.20	49.64	545.08	16.83	5.34	424.35	381.61	24.88	3.51	3.16
Minimo	8.17	7.55	26.32	5.49	0.90	0.10	0.70	0.76	1.60	226.46	8.09	0.49	30.26	3.20	16.05	2.95	0.58
Massimo	8.67	27.23	36.86	12.22	5.80	15.40	444.70	16.96	51.24	771.54	24.92	5.83	454.61	384.81	40.93	6.46	3.74
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.07	1.31	0.82	0.69	1.93	62.85	2.05	5.75	76.50	2.11	0.55	63.78	48.09	3.87	0.38	0.41

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

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.37	17.04	31.93	8.46	3.98	6.71	170.86	7.38	12.26	444.05	13.30	1.76	173.68	211.01	34.06	4.78	1.69
Errore standard	0.04	1.54	0.77	0.52	0.55	2.77	36.30	1.51	2.70	47.90	1.09	0.43	35.09	57.95	2.48	0.23	0.21
Mediana	8.34	15.23	32.36	8.14	3.70	3.10	130.54	5.48	7.73	399.34	14.11	1.29	114.79	85.53	30.69	4.77	1.56
Moda				5.75	1.00	3.10	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.17	7.07	3.52	2.40	2.53	12.71	166.35	6.93	12.37	219.51	5.01	1.96	160.81	265.54	11.39	1.06	0.98
Varianza campionaria	0.03	49.95	12.41	5.76	6.40	161.49	27672.70	48.01	152.92	48184.80	25.09	3.83	25858.50	70511.05	129.66	1.12	0.97
Curtosi	10.00	-1.35	-0.63	3.92	-0.06	13.55	-0.44	4.72	2.37	1.49	-1.34	9.69	0.03	2.76	-1.04	1.08	-0.58
Asimmetria	2.79	0.22	-0.58	1.46	0.75	3.59	0.76	1.89	1.65	1.14	0.05	2.86	1.11	1.74	0.42	0.64	0.04
Intervallo	0.85	21.41	12.04	10.42	9.00	56.90	525.62	29.52	46.80	890.75	14.95	8.82	511.27	982.74	38.27	4.57	3.52
Minimo	8.16	7.07	24.90	5.61	1.00	0.20	0.70	0.42	0.21	165.96	6.23	0.22	16.81	0.87	16.42	2.94	-0.29
Massimo	9.01	28.48	36.94	16.03	10.00	57.10	526.32	29.94	47.01	1056.71	21.18	9.04	528.08	983.61	54.68	7.51	3.22
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.22	1.60	1.09	1.15	5.78	75.72	3.15	5.63	99.92	2.28	0.89	73.20	120.87	5.18	0.48	0.45

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2015																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.35	17.06	32.80	8.18	4.78	3.99	134.31	5.89	12.13	409.57	12.09	1.70	145.32	133.15	34.94	4.58	1.60
Errore standard	0.02	1.50	0.57	0.39	0.64	1.07	28.58	1.07	2.68	33.72	0.84	0.36	26.79	34.15	2.38	0.22	0.21
Mediana	8.31	15.34	33.05	8.46	4.00	2.70	106.60	5.17	8.89	385.01	12.58	1.32	86.85	73.42	34.15	4.79	1.47
Moda	8.30			8.65	3.80		0.70					0.22					
Deviazione standard	0.11	6.89	2.61	1.79	2.93	4.92	130.99	4.92	12.26	154.52	3.87	1.64	122.77	156.49	10.93	1.00	0.95
Varianza campionaria	0.01	47.42	6.79	3.19	8.59	24.23	17158.81	24.20	150.30	23876.35	14.99	2.69	15073.48	24488.23	119.41	1.00	0.90
Curtosi	5.91	-1.41	-0.90	0.41	0.17	5.53	0.94	0.55	3.40	-0.07	-1.38	9.36	-0.67	2.58	-0.55	-0.09	0.37
Asimmetria	1.97	0.26	-0.28	0.35	0.79	2.43	1.01	0.98	1.69	0.59	-0.10	2.80	0.80	1.67	0.54	-0.27	0.66
Intervallo	0.50	19.74	8.77	7.11	11.10	18.60	484.13	16.65	49.69	598.20	12.11	7.53	387.95	589.08	37.02	4.05	3.61
Minimo	8.20	7.83	28.02	5.48	0.90	0.20	0.70	0.24	0.58	171.70	6.36	0.22	15.60	2.07	18.75	2.47	0.08
Massimo	8.70	27.57	36.79	12.59	12.00	18.80	484.83	16.89	50.27	769.90	18.47	7.75	403.55	591.15	55.77	6.51	3.68
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.13	1.19	0.81	1.33	2.24	59.63	2.24	5.58	70.34	1.76	0.75	55.89	71.23	4.97	0.45	0.43

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

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

Granulometria

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa e in 4 stazioni denominate SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a circa 1-2 km di distanza dalla costa (vedi Figura 102 e Figura 103). La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 5).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che (Figura 102):

- nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalborsetti) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa;
- 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;

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni SFBC evidenzia che () prevale la componente sabbiosa in tutte le stazioni.

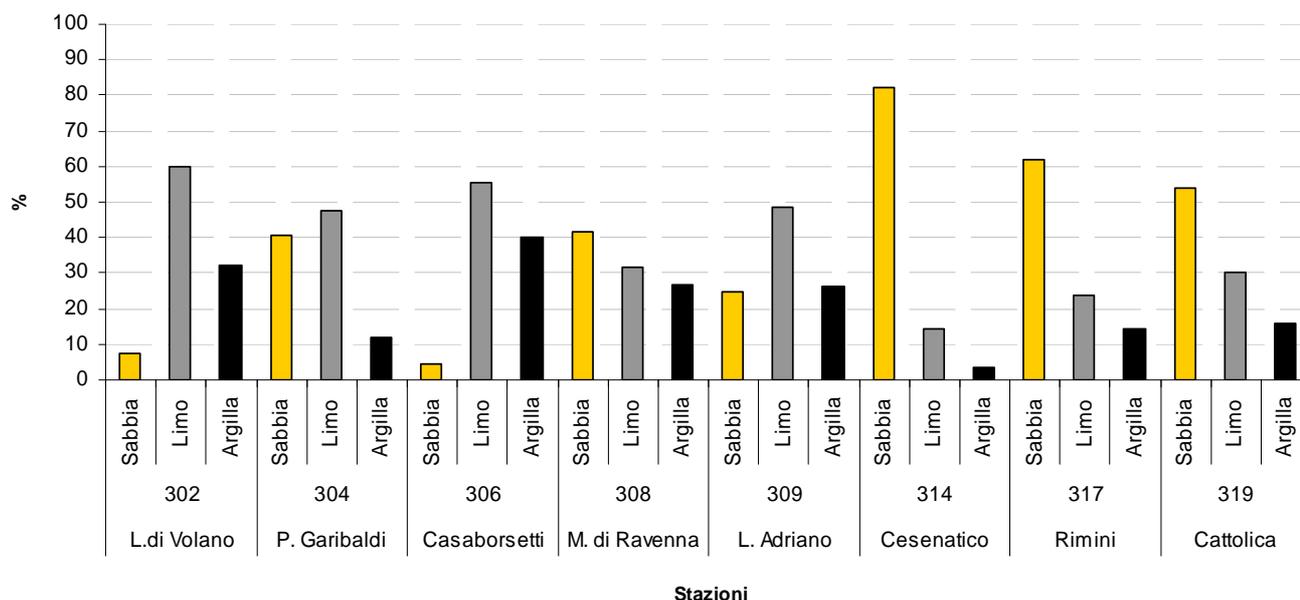


Figura 102 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

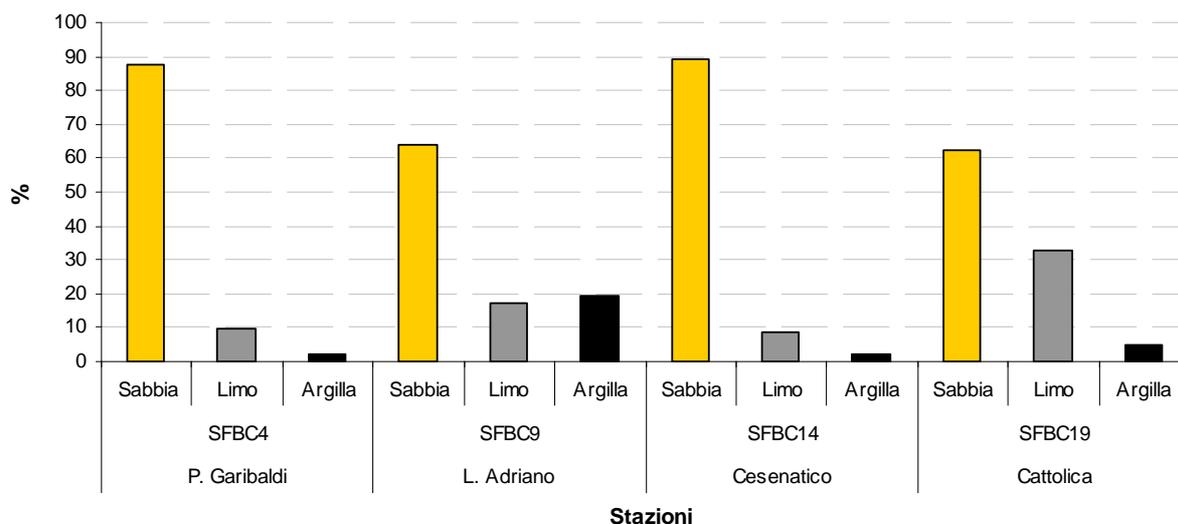


Figura 103 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

Carbonio Organico Totale (TOC)

Di seguito si riportano le percentuali medie/anno di Carbonio Organico Totale (TOC) 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 Figura 104 e Figura 105). La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 5).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra 0.2 e 1.3%.

Le percentuali maggiori di TOC si rilevano nelle stazioni di L. di Volano, Rimini, Casalborsetti e M. di Ravenna per quelle a 3 km di distanza dalla costa e Cattolica per le stazioni SFBC. Le percentuali minori di TOC sono presenti nelle stazioni in cui la frazione sabbia è presente in percentuale maggiore.

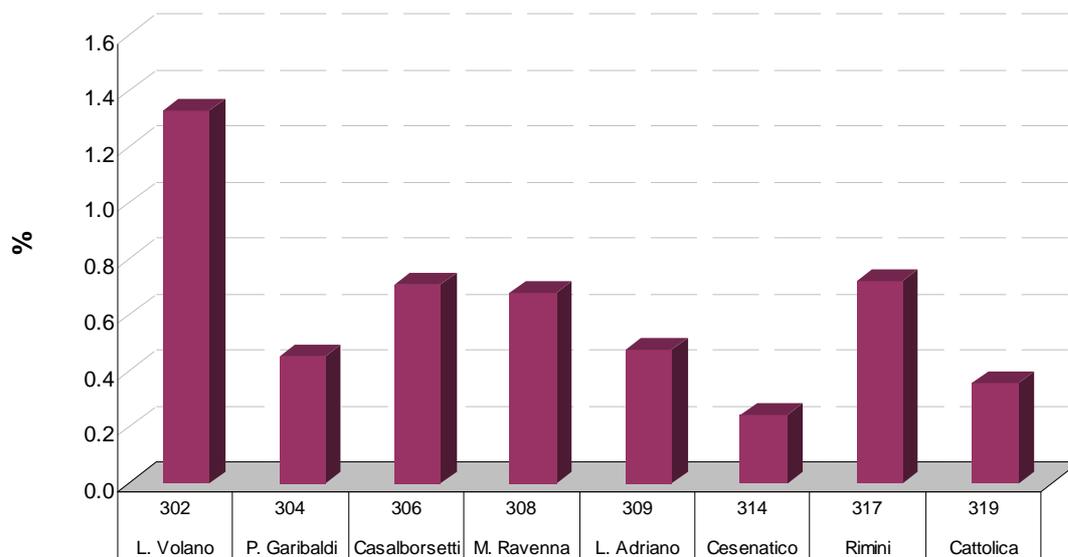


Figura 104 - Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa

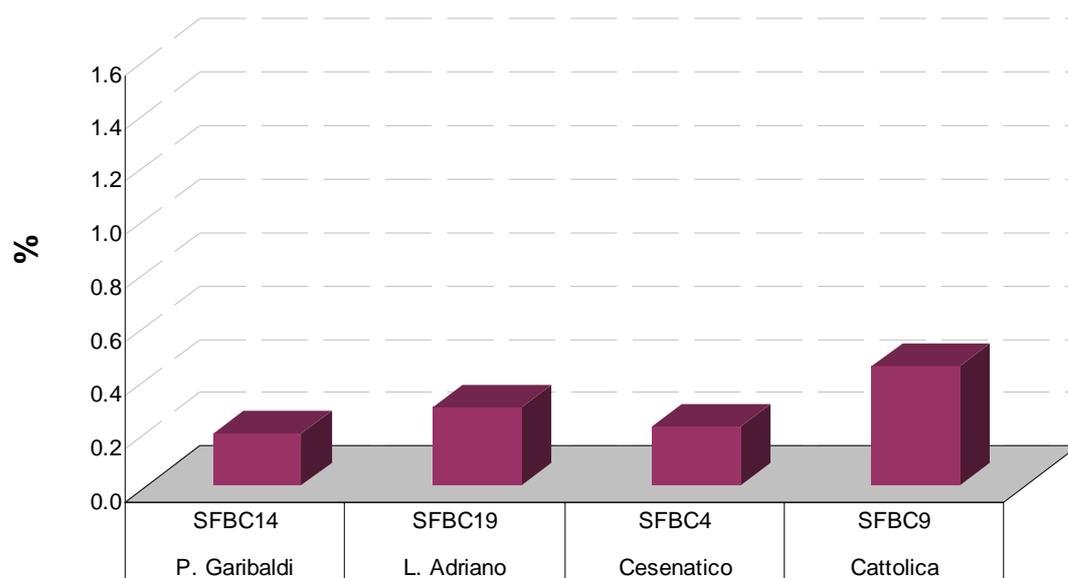


Figura 105 - Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

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 (Elementi di Qualità Biologica). Il DM 260/10, prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B DM 260/10) e nella matrice sedimento (tab. 3/B del DM 260/10).

5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Sono ricercate in mare solo le sostanze che superato gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) a chiusura di bacino dei fiumi che sfociano in Adriatico. Le sostanze di cui alla tab. 1/B del DM 260/10 ricercate nell'acqua nel 2015 sono: azoxistrobin, cloridazon, matalaxil, metolaclor, oxadiazon, boscalid, propizamide e tiametoxan.

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca di tali sostanze sono 8 ubicate a 0.5 km e una a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è mensile (vedi Tabella 5).

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'attività di monitoraggio svolta nel 2015, è emerso che un'alta percentuale dei valori di concentrazione è inferiore ai limiti di quantificazione strumentale (LdQ) e la media annuale relativa al 2015 degli inquinanti specifici ricercati in ciascuna stazione è inferiore agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) indicati in tab. 1/B del DM 260/10.

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 106 si riporta la media annuale della concentrazione dei metalli determinati sul sedimento.

Nel 2015 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 DM 260/10 (50 mg/kg). 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 medi/anno dell'arsenico e del cromo VI non superano i relativi SQA (rispettivamente 12 mg/kg e 2 mg/kg).

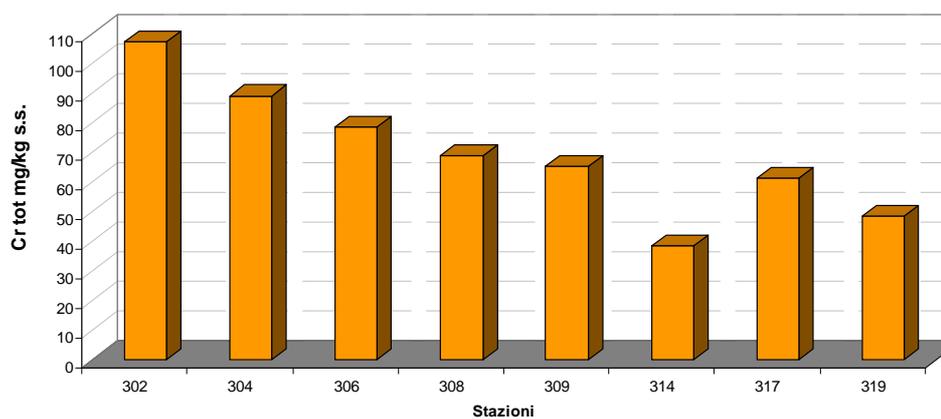
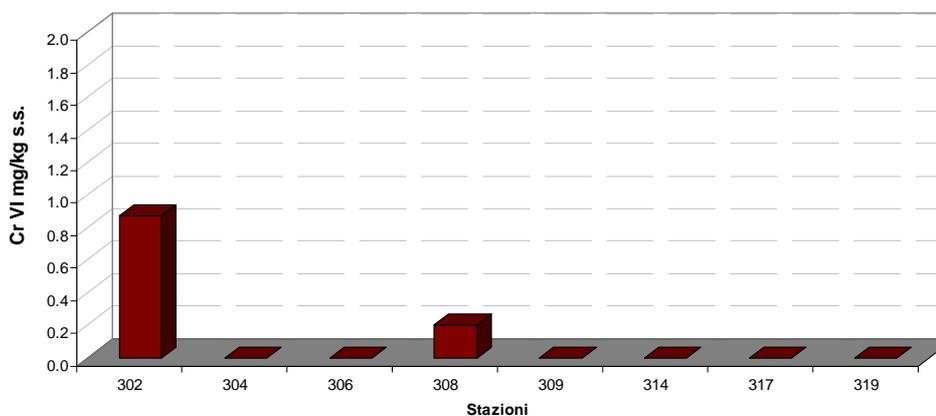
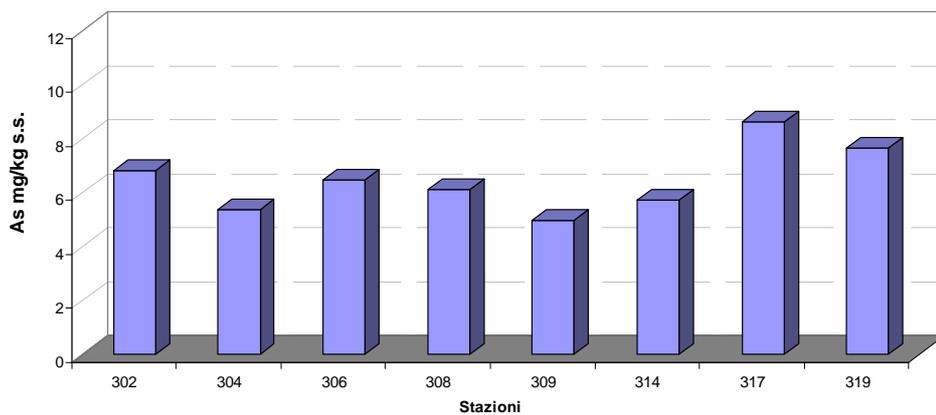


Figura 106 – Medie annuali delle concentrazioni di arsenico, cromo VI e cromo tot

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

Nella Figura 107 si riportano le medie annuali della somma delle concentrazioni degli IPA e dei PCB determinati sul sedimento nelle stazioni delle acque marino costiere nel 2015.

Per gli IPA e per i PCB non si evidenziano valori medi/anno che superano i rispettivi SQA di cui alla tab. 3/B del DM 260/10 (somma IPA = 800 $\mu\text{g}/\text{kg ss}$; somma PCB = 8 $\mu\text{g}/\text{kg ss}$).

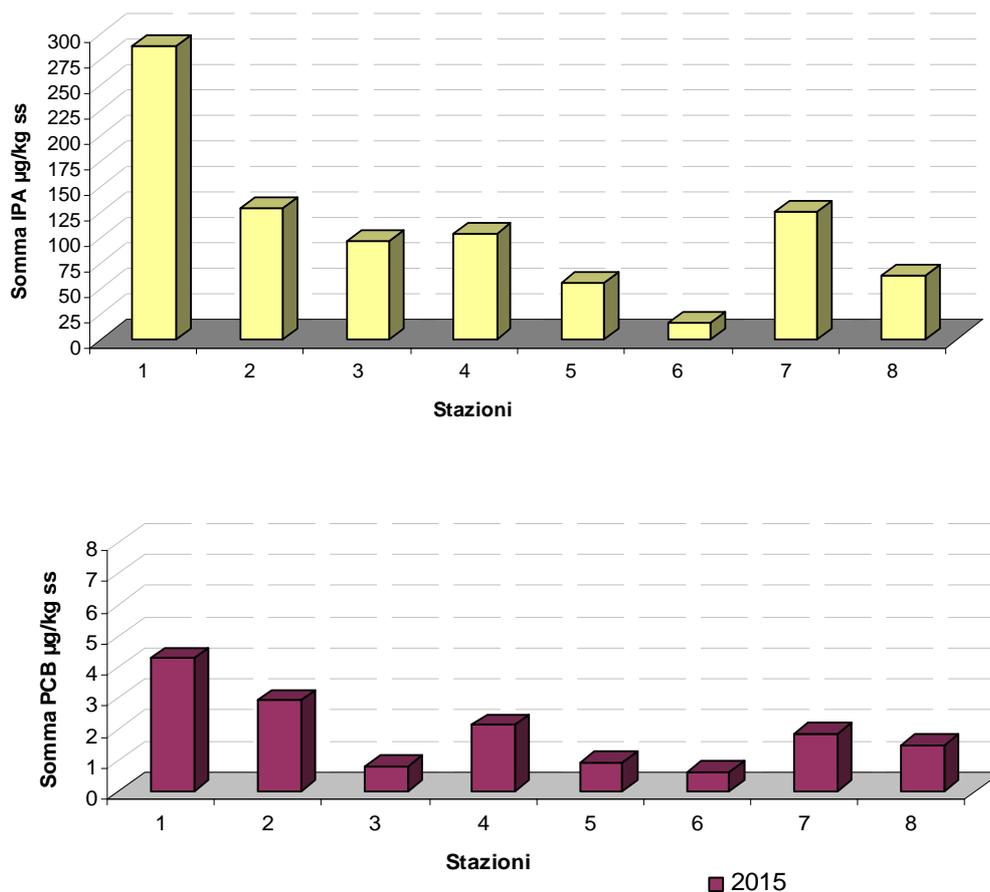


Figura 107 – Medie annuali della somma delle concentrazioni di IPA e PCB determinati sui sedimenti marini ($\mu\text{g}/\text{kg ss}$)

Diossine, Furani e PCB diossin like

Per le Diossine (CDD), i Furani (CDF) e i PCB diossin like, il DM 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 108 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. Nel 2015 si osserva che la stazione 308 supera lo standard di qualità ambientale ma non il SQA+20% ammesso dal DM 260/10. Anche se il valore medio/anno del TE nella stazione 308 risulta conforme rispetto a quanto previsto al DM 260/10, merita comunque attenzione per gli anni successivi.

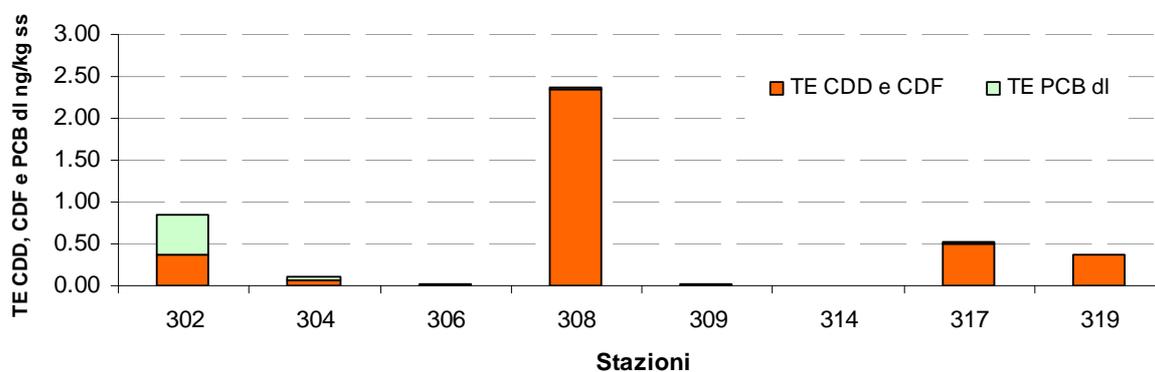


Figura 108 – Media annuale della somma del TE di CDD, CDF e PCB diossin like determinati sui sedimenti marini

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 DM 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

Le sostanze inquinanti appartenenti all'elenco di priorità ricercate nell'acqua sono quelle di cui alla tab. 1/A del DM 260/10.

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti sono sempre 8 ubicate a 0.5 km e una a 3 km di distanza dalla costa.

Nel 2015, i valori medi e i valori massimi di concentrazione delle sostanze ricercate, sono risultate conformi rispetto ai relativi Standard di Qualità Ambientali (SQA) riportati nella tab. 1/A del DM 260/10.

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 DM 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 ricercati sul sedimento.

Metalli: cadmio, nichel, piombo, mercurio

Nella Figura 109 si riporta la media annuale relativa al 2015 della concentrazione di alcuni metalli ricercati sul sedimento. Osservando la figura, si nota che valori medi/anno di concentrazione del cadmio, mercurio e del piombo sono inferiori al relativo SQA definito dal DM 260/10 (0.3 mg/kg per il cadmio e mercurio e 30 mg/kg per il piombo).

Il nichel presenta valori medi/anno di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal DM 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.

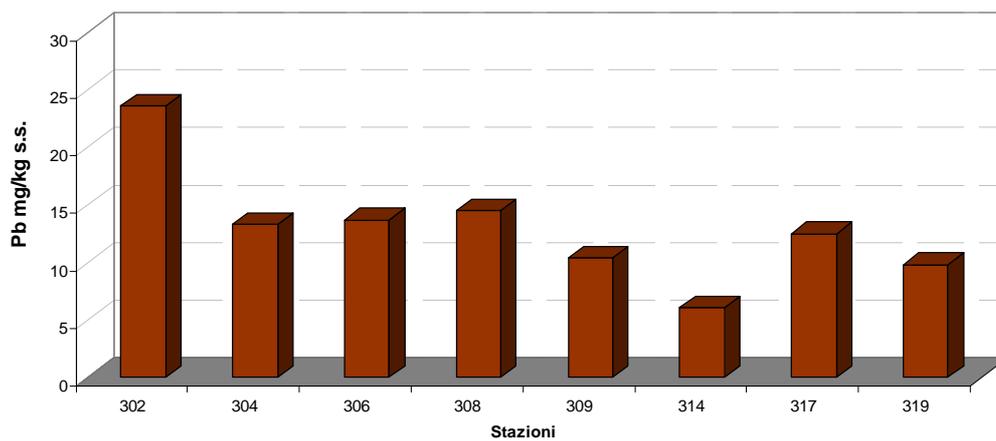
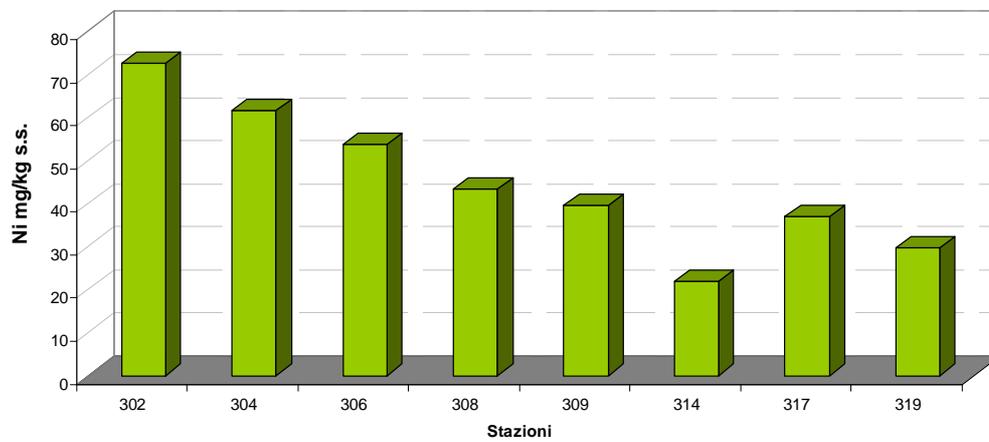
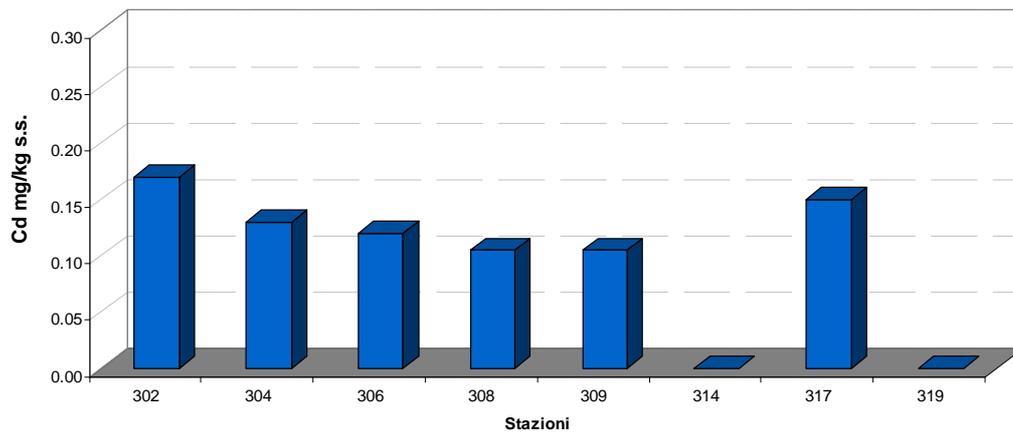


Figura 109 – Medie annuali del cadmio, nichel e piombo determinati sul sedimento

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): alcuni parametri significativi

Nella Figura 110 si riportano le medie annuali delle concentrazioni degli IPA, di cui alla tab. 2/A del DM 260/10, determinati sui sedimenti marini prelevati nel 2015 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 del relativo Standard di Qualità Ambientale (SQA) definito dal DM 260/10.

Non si riscontrano valori medi/anno che superano gli SQA di cui alla tab. 2/A del DM 260/10.

Pesticidi

Nella tab. 2/A del DM 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 2015, i valori di concentrazione dei pesticidi sono spesso inferiori al limite di quantificazione con l'eccezione di tre parametri che sono la somma del DDD, DDE e DDT.

Nella stazione 302 di Lido di Volano si è verificato un lieve superamento dell'SQA per la somma del DDT che comunque non ha compromesso il buono stato chimico del corpo CD1 (Goro-Ravenna).

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 DM 260/10. L'organismo di riferimento per le acque marino-costiere è il Mitile (*Mytilus galloprovincialis*, Lamark, 1819).

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti di cui alla tab. 3/A del DM 260/10 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 DM 260/10.

Inoltre, il DM 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.

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.

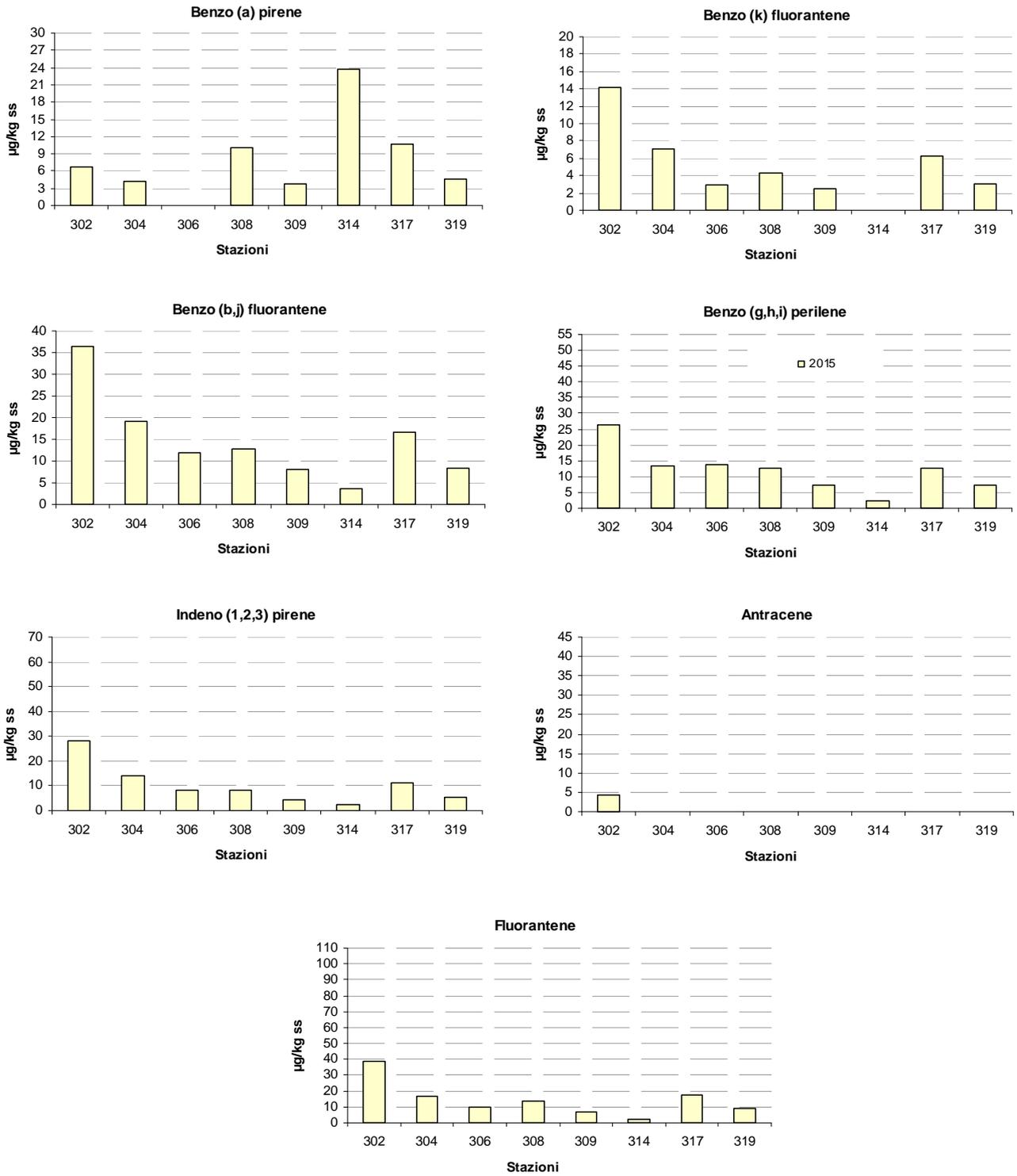


Figura 110 – Medie annuali delle concentrazioni dei Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) più significativi determinati sui sedimenti marini

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 111). 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.arpae.it/sim/?mare/boa>.

I dati relativi all'altezza dell'onda, rilevati nel 2015, sono riportati in Figura 112. 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 113 sono riportate le distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per il 2015 in due periodi dell'anno: autunno-inverno (da Settembre a Febbraio) e primavera-estate (da Marzo ad Agosto).

Nel periodo primaverile-estivo del 2015 si osservano raramente altezze significative dell'onda maggiori di 3 m, infatti i valori dell'altezza dell'onda risultano essere nella maggior parte dei casi, circa il 92%, minori di 1 metro. Il valore più elevato, pari a 3.77 m, è stato rilevato il 25 Marzo alle ore 13:00 GMT con una direzione di provenienza di 50.6°(Est - Nord Est).

Nel periodo autunno-inverno del 2015 nell'86% dei casi si hanno valori di altezza dell'onda minori di 1 m, nel circa il 14% 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 un unico intervallo temporale compreso nei primi giorni di Febbraio; il valore massimo di altezza dell'onda è raggiunto infatti alle ore 8:30 GMT del 5 Febbraio 2015 con un valore di 3.78 m ed una direzione di provenienza di 278.4° (Ovest).



Figura 111 – Boa Nausicaa posizionata in mare

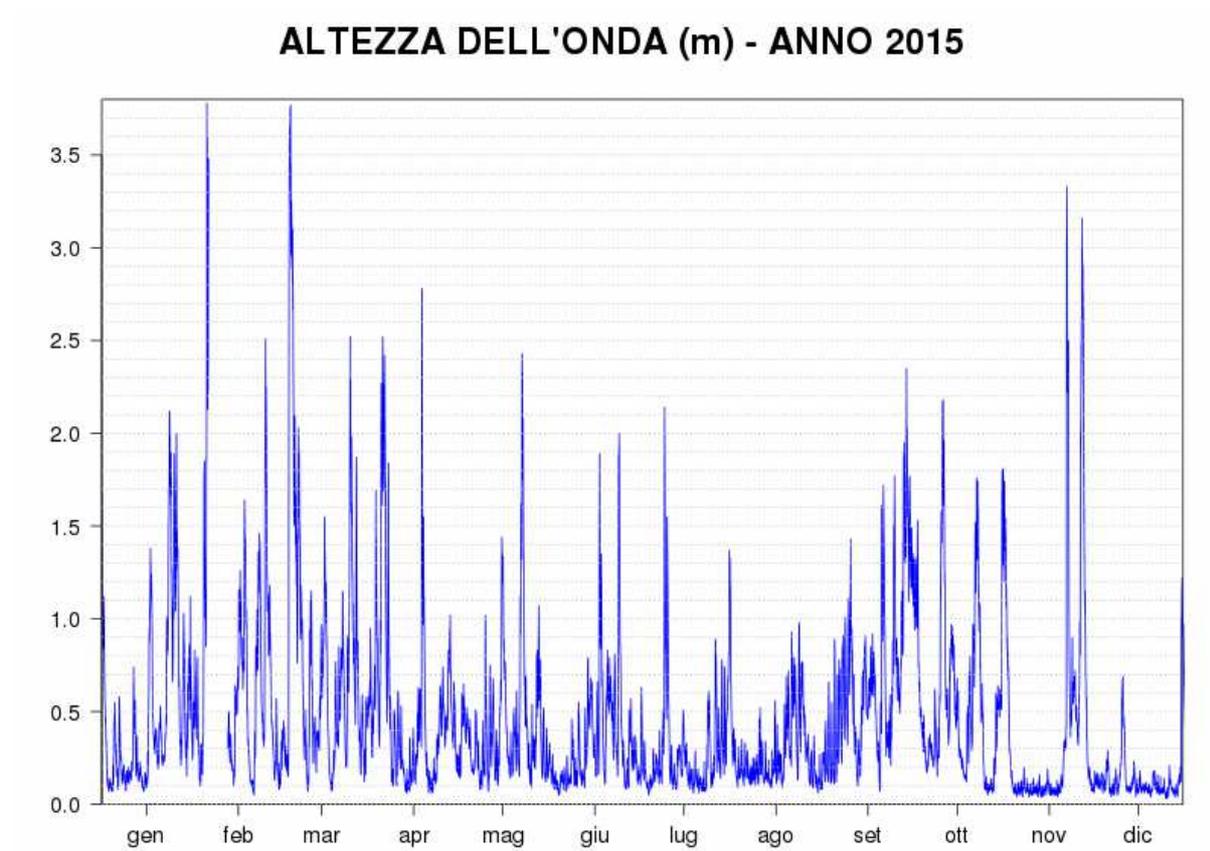


Figura 112 – Altezza delle onde (metri)

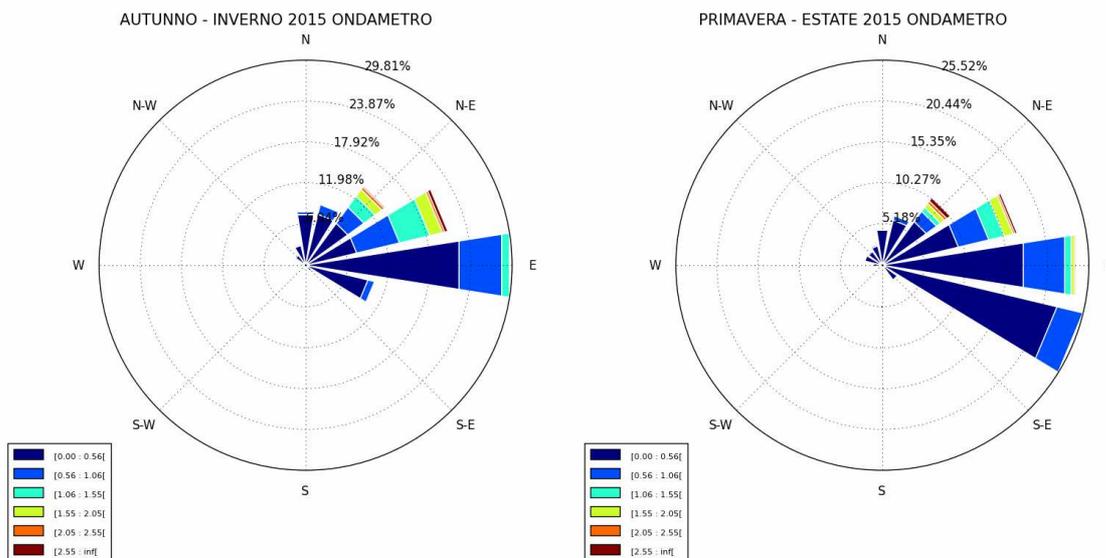


Figura 113 – Distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda (metri)

5.2.8 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM SW dell'Aanderaa (Figura 114) permette di misurare velocità e direzione della corrente ad una profondità nota della colonna d'acqua; lo strumento in questo caso è posizionato al largo di Cesenatico ad una profondità di 4 metri dalla superficie del mare (batimetria 10 m) a circa 3 km dalla costa, vicino ad una zona destinata all'allevamento di mitili ed interdetta alla pesca, alle seguenti coordinate: 44°12.743N 12°28.309E. I dati vengono registrati in una scheda di memoria contenuta all'interno dello strumento.



Figura 114 – Correntometro RCM SW (Aanderaa)

Nella Figura 115 è mostrata la velocità della corrente osservata nell'anno 2015. Si osserva che il valore massimo della corrente si è avuto il 22 Novembre 2015 alle ore 7:00 GMT con una direzione di 144° (Sud Sud-Est), mentre il secondo valore più alto si è avuto il 6 Aprile 2015 alle ore 6:45 GMT con una direzione della corrente di 135° (Sud-Est).

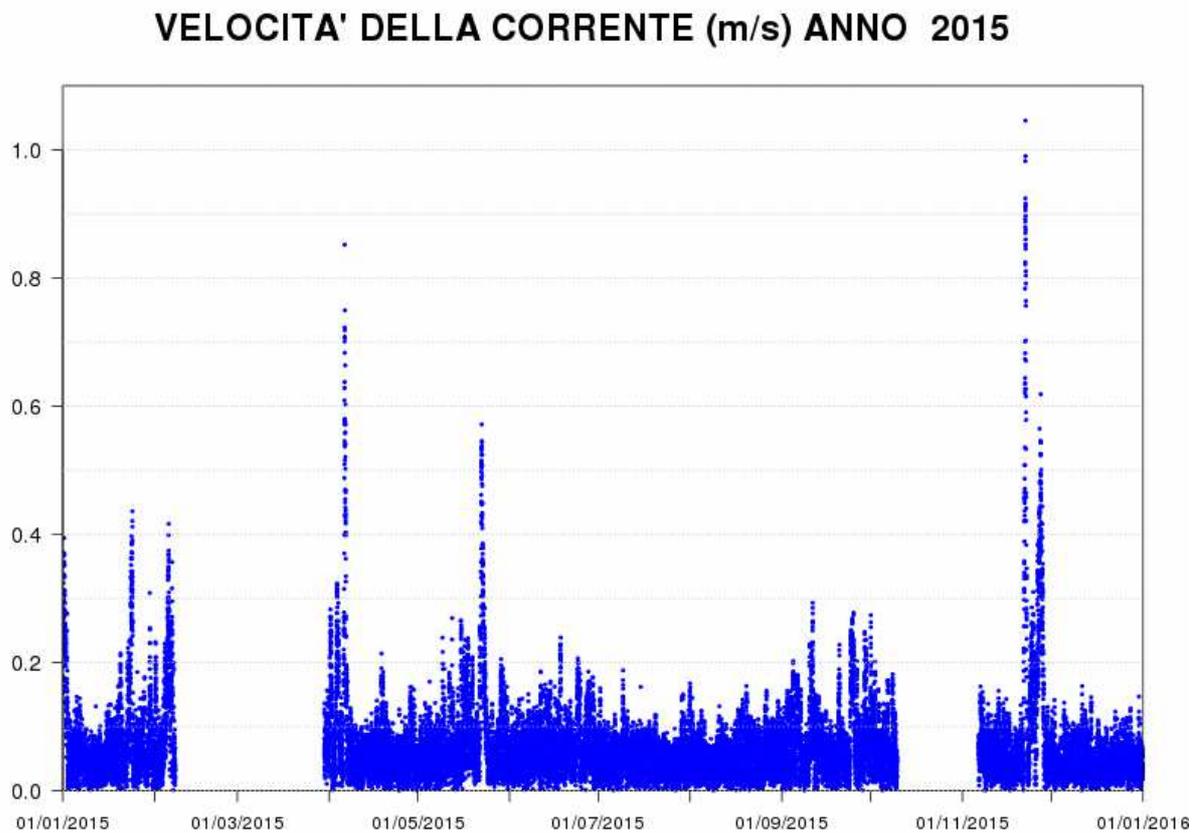


Figura 115 Intensità della corrente per l'anno 2015

Nei grafici di Figura 116 sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2015 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 20% 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 116), mentre i valori più intensi risultano essere di poco superiori a 0.5 m/s.

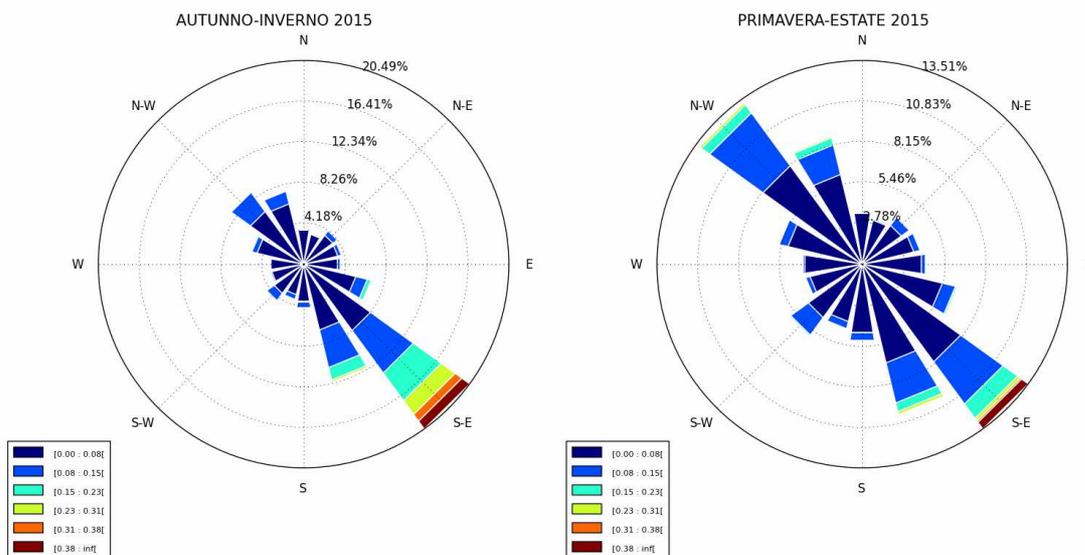


Figura 116 - Distribuzioni direzionali della corrente marina (m/s)

5.3 LO STATO ECOLOGICO

Lo stato ecologico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (triennio 2014-2016). Per l'anno 2015 si possono ipotizzare alcune osservazioni sullo stato ecologico dei corpi idrici sulla base dei risultati emersi dell'attività di monitoraggio.

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

- Elementi di Qualità Biologica (EQB) (Fitoplancton e Macrofitosfito)
- Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB (TRIX)
- Elementi chimici a sostegno degli EQB (tabb. 1/B e 3/B DM 260/10)

L'elemento con classe di giudizio più basso attribuisce lo stato ecologico al corpo idrico.

La Tabella 21 riporta per il 2015 il riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici (CD1 e CD2) del litorale emiliano romagnolo.

La Figura 117 riporta lo stato ecologico delle acque marine costiere per l'anno 2015.

Tabella 21 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico nelle acque marine costiere

2015				Elementi Biologici		Elementi fisico-chimici	Inquinanti specifici DM 260/10		STATO ECOLOGICO
Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Fitoplancton (clorofilla "a")	Macrofitosfito (M-AMBI)	TRIX	tab. 1/B	tab. 3/B	
CD1 Goro-Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono	Buono	CD1 Sufficiente
		302							
		4	Porto Garibaldi						
		SFBC 4							
		304							
		6	Casalborsetti						
306									
CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	308	Marina di Ravenna	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Elevato	Buono	CD2 Sufficiente
		9	Lido Adriano						
		SFBC 9							
		309							
		14	Cesenatico						
		SFBC 14							
		314							
		17	Rimini						
		317							
		19	Cattolica						
		SFBC 19							
319									

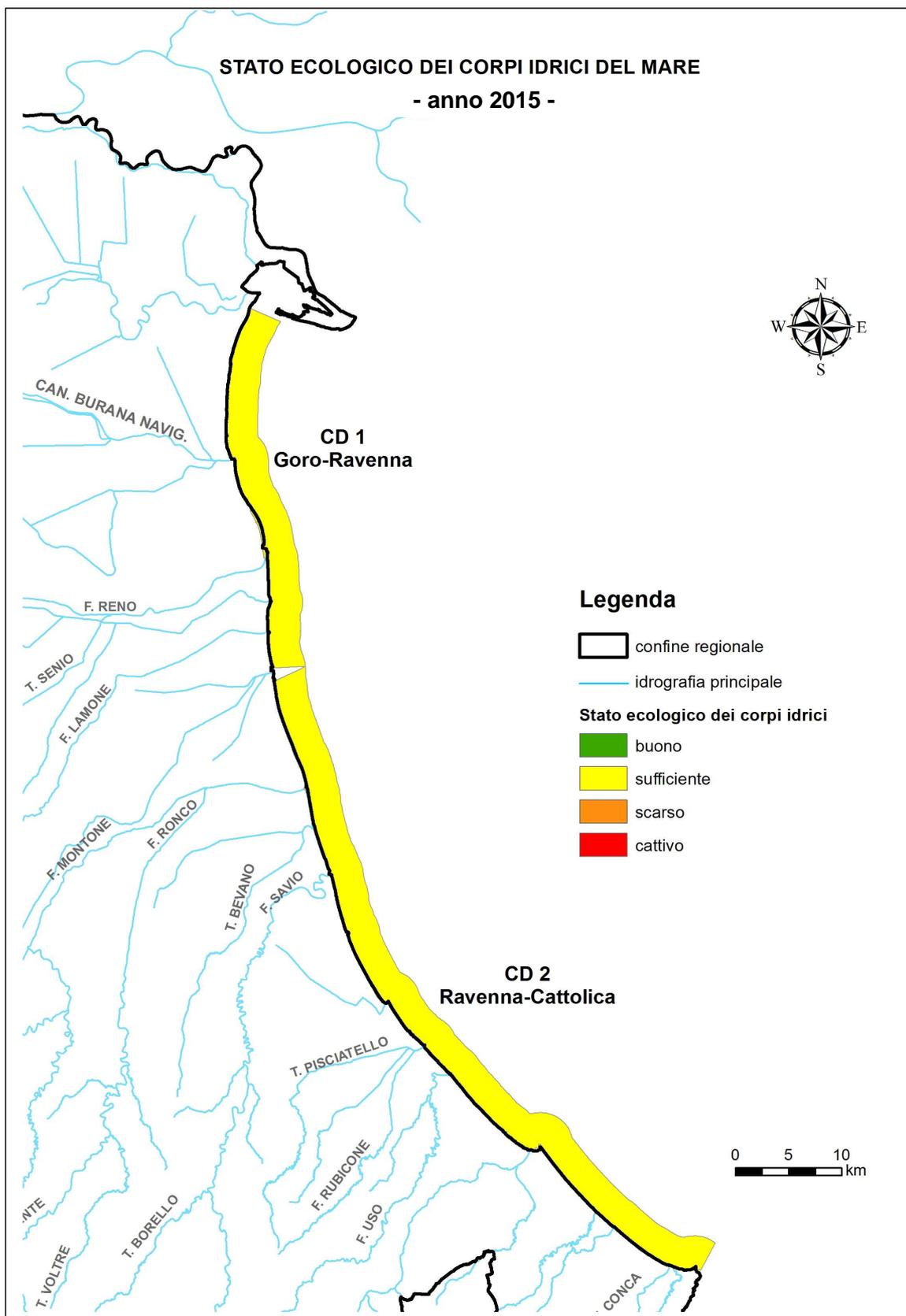


Figura 117 - Stato ecologico delle acque marino costiere: anno 2015

5.4 LO STATO CHIMICO

Lo stato chimico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (2014-2016). Per l'anno 2015 si effettua comunque una valutazione dello stato chimico dei corpi idrici che si basa sui risultati dell'attività di monitoraggio degli inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità nella matrice acqua e sedimento (tabb. 1/A e 2/A DM 260/10). Ad integrazione sono inoltre considerati anche i risultati delle indagini ecotossicologiche.

La Tabella 22 riporta un riepilogo degli elementi qualitativi utilizzati per la valutazione dello stato chimico dei corpi idrici (CD1 e CD2) del litorale emiliano romagnolo nel 2015.

La Figura 118 riporta lo stato chimico delle acque marino costiere per l'anno 2015.

Tabella 22 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato chimico nelle acque marino costiere

2015				Inquinanti specifici		Test ecotossicologici	STATO CHIMICO	
Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Tab.1/A DM 260/10	Tab. 2/A DM 260/10			
CD1 Goro- Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	Buono	Buono	Tossicità assente	CD1 Buono	
		302						
		4	Porto Garibaldi					
		304						
	CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	6					Casalborsetti
			306					
308			Marina di Ravenna					
9			Lido Adriano					
309								
14			Cesenatico					
314			Rimini					
17								
317	Cattolica							
19								
319								

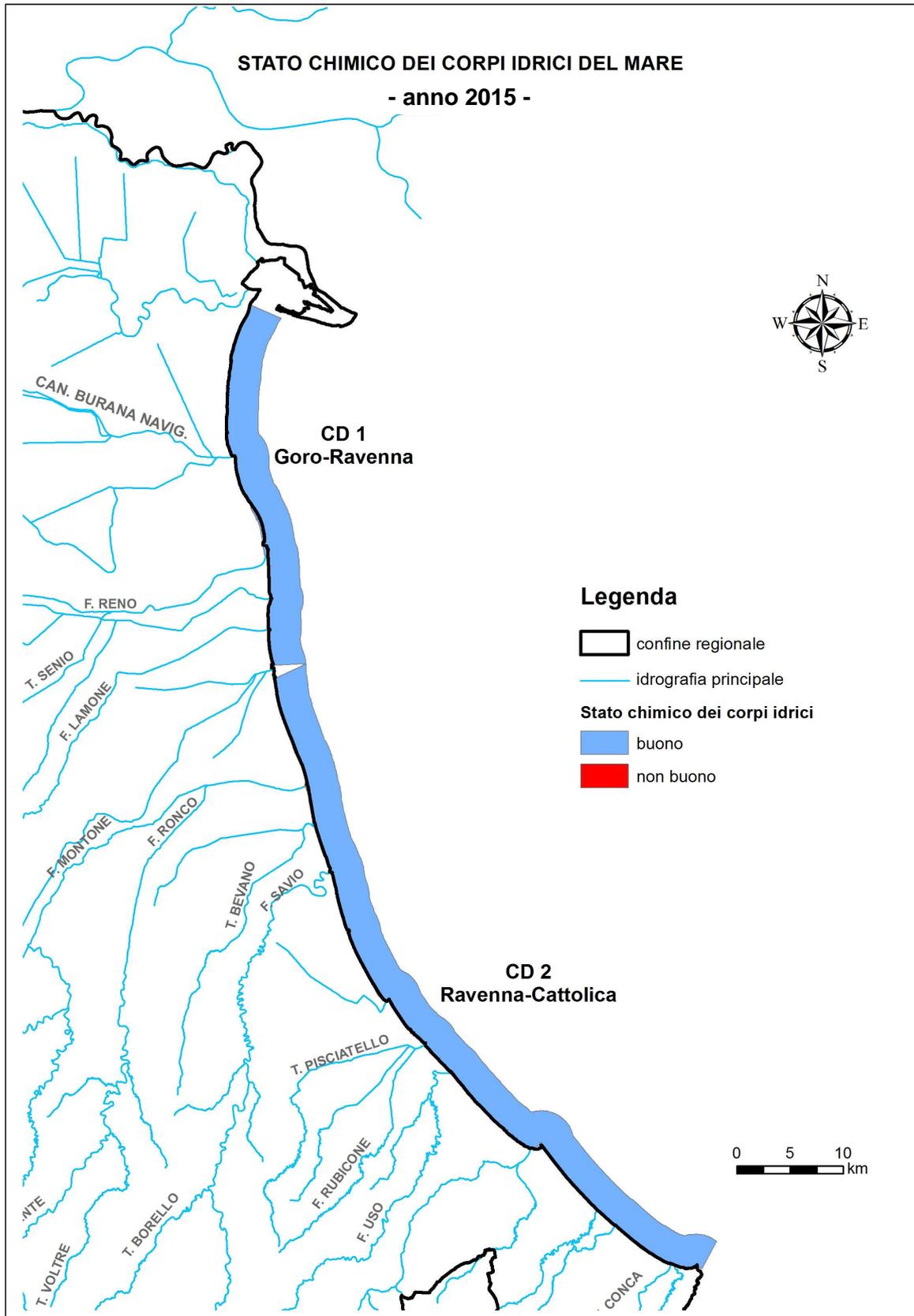


Figura 118 - Stato chimico delle acque marino costiere: anno 2015

5.5 LO STATO AMBIENTALE

Lo stato delle acque superficiali è l'espressione complessiva dello stato di un corpo idrico superficiale, determinato dal valore più basso del suo stato ecologico e chimico (art. 74, p.to 2, lett. p D.lgs 152/06).

Lo stato ambientale dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (2014-2016).

Per l'anno 2015 si effettua comunque una valutazione dello stato ambientale dei corpi idrici che si basa sui risultati dell'attività di monitoraggio che hanno permesso di effettuare una valutazione sia dello stato ecologico sia dello stato chimico.

Nel 2015 lo stato ambientale dei 2 corpi idrici CD1 e CD2 rivela una condizione SUFFICIENTE in entrambi i corpi idrici determinato dagli elementi di qualità che concorrono alle definizioni dello stato ecologico.

Tabella 23 - Stato qualità ambientale delle acque marino costiere: Anno 2015

Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO QUALITA' AMBIENTALE	
CD1 Goro-Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	CD1 SUFFICIENTE	CD1 BUONO	CD1 SUFFICIENTE	
		302					
		4	Porto Garibaldi				
		304					
	CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	6				Casalborsetti
			306				
308			Marina di Ravenna				
9			Lido Adriano				
309							
14			Cesenatico				
314			Rimini				
17							
317	Cattolica						
19							
319							

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 119).

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 119. 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.

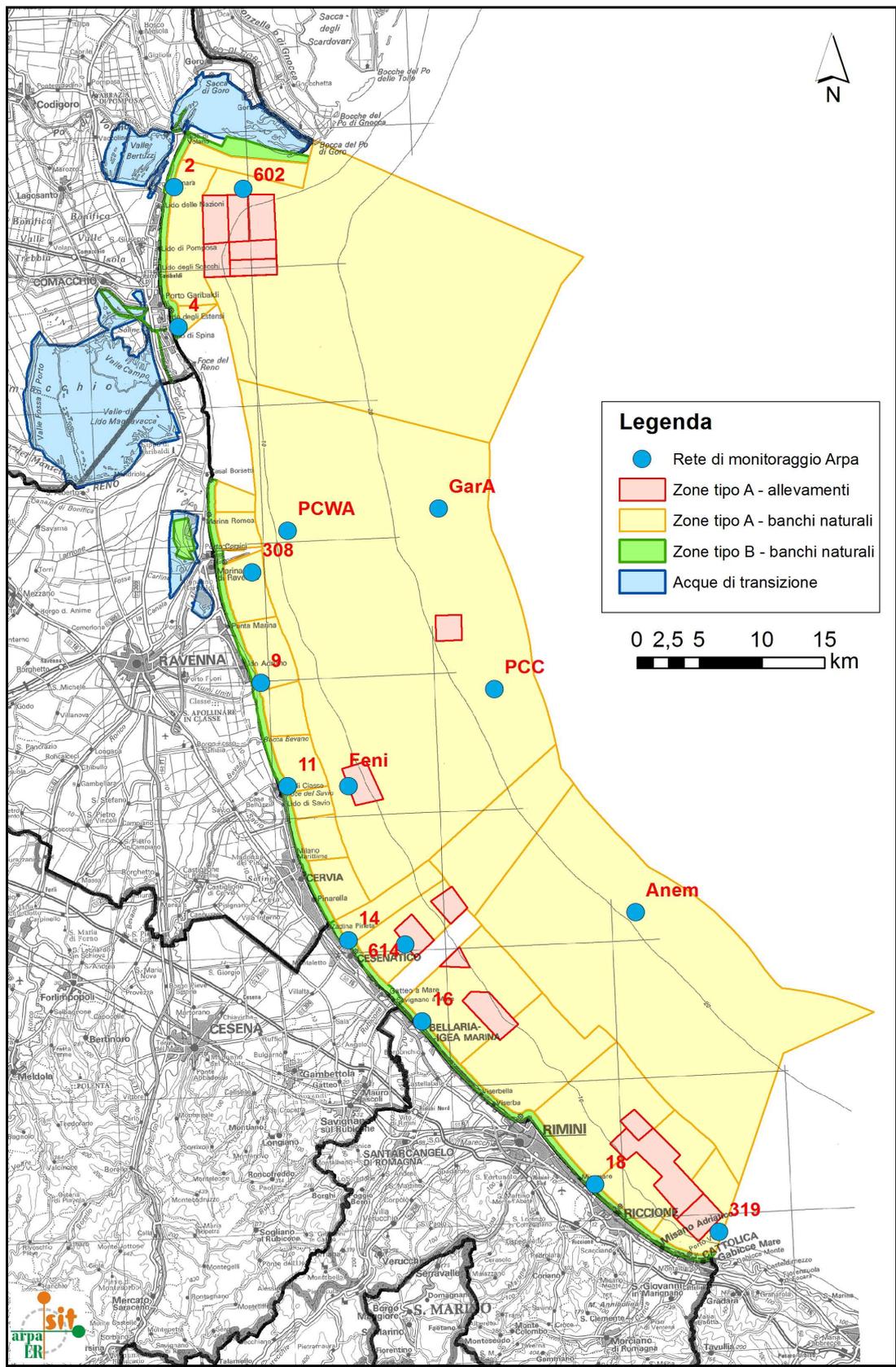


Figura 119 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (DGR 3/2/2014) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs152/06)

7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 RECUPERO MOTONAVE TURCA GOKBEL

Domenica 28 dicembre 2014, in presenza di condizioni meteomarine avverse è avvenuta una collisione a tre miglia dalla costa ravennate tra due navicargo la Motonave turca Gokbel e la Motonave Lady Aziza (bandiera del Belize, equipaggio siriano), con affondamento della Gokbel nella rada del porto di Ravenna su un fondale di 13.5 m. La Gokbel, una nave lunga 87 metri, era parzialmente carica di barite e conteneva 25 tonnellate di gasolio marino e 600 litri di olio lubrificante. Tra il personale dell'equipaggio ci sono stati 4 morti e 2 dispersi. Il complesso intervento di raddrizzamento e recupero della nave (Foto 1) è stato completato con successo il 2 agosto, previa rimozione del carburante a bordo, e realizzato con costi a totale carico dell'armatore e delle assicurazioni. Le operazioni sono state eseguite sotto il coordinamento e il controllo di un Tavolo tecnico istituito dal Ministro dell'Ambiente Gian Luca Galletti a supporto dell'Autorità marittima di Ravenna. Il Ministro a tal riguardo aveva fornito chiare e precise direttive per coordinare gli interventi di rimozione e scongiurare così per l'ecosistema costiero la minaccia di eventuale inquinamento. Tutte le operazioni sono state costantemente monitorate da personale della Guardia costiera, dal Reparto Ambientale Marino del Ministero dell'Ambiente e da Arpa Emilia Romagna. Attività di monitoraggio e controllo ambientale di Arpa (Struttura Daphne, Sezione Provinciale Ravenna) sono stati attivati subito e proseguiti fino al 18 agosto 2015, data in cui sono terminate le attività di recupero e il relitto della Motonave Gokbel ha lasciato la rada di Ravenna a rimorchio del R/re Marine Tug II diretto ad Aliaga (Turchia). Recupero avvenuto con modalità e tempi degni di nota ma soprattutto con un costo "nullo" per la collettività (raro evento a livello nazionale).



Foto 1 - Fasi di lavoro per la rimozione della motonave Gokbel (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.2 SPIAGGIAMENTI TARTARUGHE

Nel 2015 sono state recuperate lungo la costa emiliano-romagnola 444 tartarughe morte spiaggiate e 63 tartarughe vive (Figura 120) appartenenti alla specie *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) (Foto 2). Le tartarughe vive sono state ospedalizzate e successivamente liberate dalla Fondazione Cetacea Onlus di Riccione che raccoglie tutti i dati. L'elevato numero di ritrovamenti dimostra ancora una volta come nell'Adriatico centro settentrionale è presente un elevato numero di esemplari di tartarughe che per le condizioni tipiche di questo mare trovano abbondante nutrimento in acque poco profonde.

Tale problematica è al centro delle discussioni del tavolo della Rete Regionale per la conservazione e la tutela delle tartarughe marine, istituita dalla Regione Emilia-Romagna il 31 luglio 2012, tra Enti Locali e Enti che operano nel settore, al fine di attuare strategie sinergiche che possano realizzare nel modo migliore azioni di conservazione e tutela delle specie marine minacciate, valorizzando l'attività svolta costantemente sul territorio dalle Associazioni che operano, spesso su base volontaria. La moria di questi organismi protetti non è causata da fenomeni di inquinamento a seguito di sversamenti di microinquinanti in mare. Nel mese di settembre, le tartarughe si ritrovano lungo i fondali (substrato in cui normalmente le tartarughe foraggiano), nelle medesime aree in cui anche la fauna ittica si è concentrata. Con la ripresa delle attività di pesca (terminato il "fermo pesca") sono maggiormente sottoposte all'esercizio delle attività di pesca da parte dei pescherecci.

Permane quindi l'ipotesi che la causa principale sia legata all'attività di pesca esercitata con reti a strascico sia col metodo a "tartana" che con "volante": in ogni caso la cattura non voluta è da considerarsi in tutti i casi accidentale.

A suffragare tali ipotesi sono i referti degli Istituti Zooprofilattici di Forlì e Ferrara che evidenziano negli esemplari esaminati edemi, fratture degli arti, lesioni al collo. Inoltre è da tenere presente che per le particolari circolazioni presenti in Adriatico, sulla costa emiliano-romagnola avvengono molti spiaggiamenti di tartarughe, soprattutto a seguito di eventi di venti di Bora (NNW) a alla conseguente deriva delle correnti verso la costa occidentale.

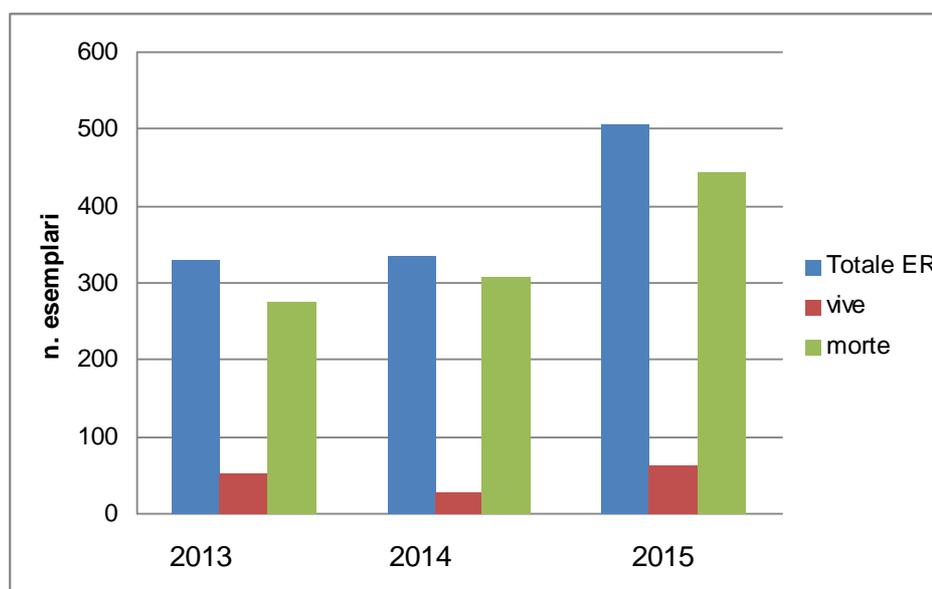


Figura 120 - Spiaggiamenti tartarughe costa emiliano-romagnola (Fonte: Fondazione Cetacea)



Foto 2 - Esemplare di *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) poco prima di un rilascio in mare (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.3 FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS

Nel mese di aprile sono state segnalate nella zona centro meridionale della costa fioriture della microalga *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy (Foto 3). Appartenente al gruppo delle Dinoflagellate, questa microalga di dimensioni vicine ad 1 mm, in fioritura forma delle chiazze più o meno estese di colore arancione che, sia in fase di degradazione che in fase di crescita, assume una conformazione simile a quella degli stadi iniziali della mucillagine. L'azione del vento e delle correnti marine contribuiscono a modificare sulla superficie marina la forma e l'estensione delle macchie. Questo organismo è in grado di produrre luminescenza al pari di altri organismi marini e terrestri: il fenomeno della bioluminescenza è logicamente meglio osservabile durante le ore notturne.



Foto 3 - *Noctiluca scintillans* fioritura in mare e nel riquadro particolare al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.4 MEDUSE

Anche nel 2015 hanno fatto la loro apparizione le meduse, organismi planctonici, gelatinosi costituiti principalmente di acqua (circa il 98%), presentano ai bordi del corpo dei tentacoli che utilizzarono prevalentemente per predazione e in alcuni casi per difesa essendo urticanti. Prevalentemente marini, scarse sono le specie di acqua dolce. La loro presenza è ciclica, legata alle stagioni, nel 2015 è stata segnalata già dai primi giorni di giugno la presenza di *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 dapprima al largo e poi in seguito anche sotto costa (Foto 4). Questa medusa non urticante è conosciuta anche con il nome di medusa quadrifoglio per gli evidenti 4 cerchi (gonadi) ben visibili sul dorso. In luglio si sono verificate anche localizzate presenze sotto costa della cubo medusa *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758, (specie urticante). Questa specie (Figura 4) è dotata di ombrella cubica trasparente (con dimensione fino a 3 cm). I tentacoli trasparenti sono quattro, lunghi dieci volte il corpo non vanno oltre i 30 cm negli esemplari più grandi.

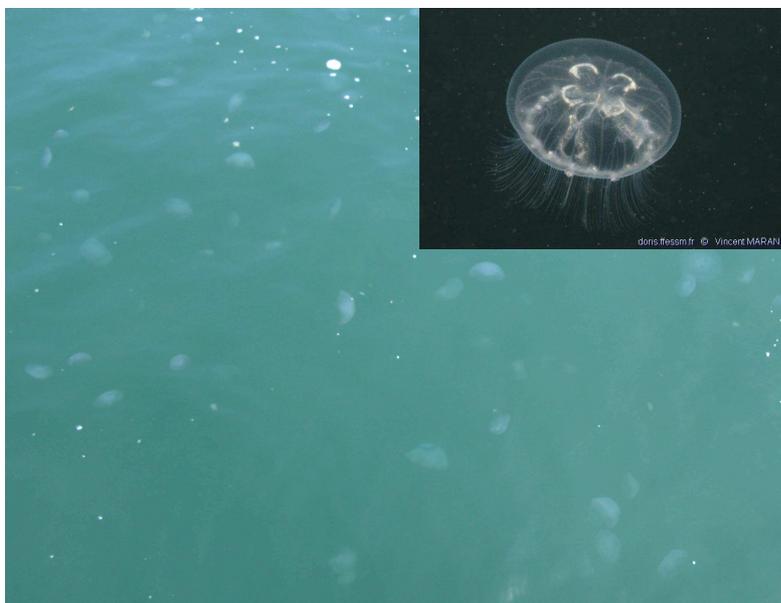


Foto 4 - Esempari di *Aurelia aurita* in sciame e *Carybdea marsupialis* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.5 PIANTE ACQUATICHE VERDI FLOTTANTI

Verso i primi giorni di novembre, nella zona settentrionale del ferrarese al largo sono state segnalate delle macchie verdi lunghe anche decine di metri. Tali chiazze erano provocate dalla presenza di una pianta acquatica tipica di acque dolci. La sua inusuale presenza in mare è stata sicuramente la conseguenza di sostenuti apporti di acque dolci di provenienza fluviale che caratterizzavano il periodo.

Conosciuta con il nome comune di lenticchia d'acqua, *Lemna minor* Linnaeus, 1753 (Foto 5) è una pianta acquatica che popola, a volte in maniera infestante, i ristagni d'acqua dolce. La pianta consiste di due piccolissime foglie ovali o tondeggianti, galleggianti sull'acqua, che misurano mediamente 2-3 mm di lunghezza, da cui si diparte inferiormente una unica piccola radice, a forma di filo, lunga circa 8 mm.

La pianta ha una elevatissima velocità di moltiplicazione vegetativa, tanto che spesso gli specchi acquei sono completamente colonizzati in superficie da un tappeto unico di decine di migliaia di piantine.



Foto 5 - Chiazze di *Lemna minor* in mare e particolare della pianta (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.6 EPISODI ANOSSICI

Lo sviluppo di fenomeni eutrofici e la concomitanza di condizioni di mare calmo, con innalzamento delle temperature delle acque, hanno favorito la formazione di aree ipossiche/anossiche (carenza/assenza di ossigeno disciolto) negli strati di fondo.

Condizioni che si sono manifestate in maniera discontinua tra luglio e agosto. Le aree ipossiche/anossiche si sono formate prevalentemente nella parte settentrionale della costa, area sensibile ai fenomeni eutrofici, e in seguito allo spostamento delle masse d'acqua da Nord verso Sud hanno coinvolto anche le restanti aree, da costa fino a oltre i 20 km al largo.

Le correnti (prevalenti da Nord verso Sud) e il variare dei venti con presenza anche di libeccio che si sono manifestate il 13-14 agosto, hanno favorito lo spiaggiamento localmente in alcune zone della costa emiliano-romagnola (costa ferrarese) di esigui quantitativi di pesce e organismi di fondo (Foto 6).

La carenza di ossigeno crea condizioni non idonee alla vita degli organismi che vivono a stretto contatto dei fondali causando stati di sofferenza, migrazione degli organismi più mobili e moria di quelli sessili (più adesi al substrato di fondo). Il verificarsi di fenomeni di anossia crea problemi anche alle attività di pesca in quanto i pesci modificano i loro areali di distribuzione allontanandosi dalle aree che presentano condizioni sfavorevoli alla loro vita.



Foto 6 - Organismi di fondo spiaggiati a seguito di eventi anossici (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

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

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: daphne@arpae.emr.it