



Assessorato Ambiente e Riqualificazione Urbana



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



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2012



Finito di stampare nel mese di ottobre 2013

Presso il Centro Stampa della Giunta Regionale

SOMMARIO

PRESENTAZIONE	1
SOMMARIO	3
SUMMARY	3
INTRODUZIONE	5
1 QUADRO NORMATIVO.....	7
2 QUADRO CONOSCITIVO	9
2.1 Il mare Adriatico: caratteristiche generali	9
2.2 La fascia costiera emiliano-romagnola	10
2.2.1 Le pressioni	10
2.2.2 La qualità delle acque marino costiere.....	12
2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	12
2.2.4 I corpi idrici	15
3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	17
3.1 Metodi di campionamento.....	17
3.1.1 Prelievo acqua.....	17
3.1.1.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	17
3.1.1.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi	17
3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	17
3.1.2 Prelievo sedimento.....	18
3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	18
3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche	18
3.1.3 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua	19
3.2 Metodi analitici	20
3.2.1 Matrice acqua.....	20
3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	20
3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi	21
3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton	21
3.2.2 Matrice sedimento.....	22
3.2.2.a Indagini chimico/fisiche	22
3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	22
3.2.2.c Indagini ecotossicologiche	23
3.2.2.d Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos.....	24
3.2.3 Matrice Biota	24
3.2.3.a Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici.....	24
3.2.4 Indagini meteo-marine	24
4 LO STATO TROFICO	25
4.1 Rete di monitoraggio	25
4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento	28
4.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo	30
4.3 Elaborazione bollettino.....	41

4.4	Monitoraggio e risultati.....	43
4.4.1	Parametri idrologici	43
4.4.1.a	Temperatura.....	43
4.4.1.b	Salinità.....	49
4.4.1.c	Ossigeno disciolto	53
4.4.1.d	Clorofilla “a“	57
4.4.2	Elementi nutritivi	62
4.4.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃)	62
4.4.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	65
4.4.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	68
4.4.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN).....	70
4.4.2.e	Azoto totale (N tot).....	72
4.4.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄).....	75
4.4.2.g	Fosforo totale (P tot).....	79
4.4.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂)	82
4.4.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile).....	85
4.5	Definizione dello Stato Trofico	87
4.5.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	87
4.5.2	Indice di Torbidità (TRBIX)	91
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	93
5.1	Rete di monitoraggio	94
5.2	Analisi dei risultati.....	97
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	97
5.2.1.a	Fitoplancton.....	97
5.2.1.b	Macrozoobenthos	111
5.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici.....	120
5.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica	120
5.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti.....	129
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità.....	131
5.2.3.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	131
5.2.3.b	Sostanze ricercate nei sedimenti.....	131
5.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	135
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	135
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel sedimento	135
5.2.4.c	Sostanze ricercate nel biota	139
5.2.5	Test ecotossicologici	139
5.2.6	Direzione e altezza onde	140
5.2.7	Direzione e velocità delle correnti marine	142
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	144
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	146
7.1	Anomalo raffreddamento acque.....	146
7.2	Proliferazione macroalghe	147
7.3	Presenza di meduse.....	148
7.4	Fioriture di Fibrocapsa japonica.....	149
7.5	Formazione di schiume.....	150

HANNO CONTRIBUITO:

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Sandro Tarlazzi
Enza Bertaccini

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Claudio Silvestri
Cristina Mazziotti

Determinazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti
Fabiola Morrone

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Sandro Tarlazzi
Enza Bertaccini

Indagini ecotossicologiche:

Cristina Mazziotti
Paola Martini
Margherita Benzi

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpa di Ferrara e Ravenna

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Patricia Santini
Stefano Serra
Cristina Mazziotti
Claudio Silvestri
Fabiola Morrone
Carla Rita Ferrari

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpa - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

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

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

PRESENTAZIONE

Proponiamo anche quest'anno la rassegna dei dati rilevati dalla Struttura Oceanografica Daphne di Arpa Emilia-Romagna nell'area antistante la nostra Regione. Il rapporto annuale 2012 sullo stato ambientale delle acque marine è un ulteriore tassello che si aggiunge al mosaico iniziato fin dalla fine degli anni '70 del secolo passato, per arricchire quel patrimonio di conoscenze sui fenomeni che si possono manifestare in tale ambiente.

Inoltre rappresenta la base di razionali strategie di intervento e di difesa al fine di mitigare ricorrenti fenomenologie che possono generare processi indesiderati per lo più riconducibili a casi acuti di eutrofizzazione.

Dai dati rilevati nel 2012, emerge una buona condizione rispetto all'eutrofia, con indicatori di qualità che possono essere considerati nella norma fisiologica considerate le caratteristiche del bacino adriatico e del più ampio sistema padano-adriatico. Le fioriture algali sono state in genere di modesta entità, compresi gli effetti collaterali riconducibili a carenza di ossigeno nelle acque di fondo con le conseguenti morie di organismi che vivono a stretto contatto dei fondali. Questa condizione positiva trova riscontro nelle ridotte quantità di apporti dall'entroterra di sali di azoto e fosforo; una condizione senz'altro correlata alle ridotte portate fluviali soprattutto dal bacino padano.

Le indagini rivolte al complessivo Stato di Qualità Ambientale, che focalizza l'attenzione sui livelli di inquinamento nelle matrici acqua, sedimenti e organismi marini, hanno ancora una volta segnalato una buona condizione.

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

Un lavoro impegnativo che pone sul tavolo delle conoscenze un corposo pacchetto di informazioni, la cui utilità travalica gli aspetti informativi rivolti al mondo della ricerca e agli organismi tecnici preposti al controllo del territorio. Un utile insieme di riferimenti che possono consentire alle Pubbliche Amministrazioni una più mirata pianificazione degli interventi da attuare e di valutarne nel tempo l'efficacia.

Se dal quadro complessivo sullo stato ambientale emerge una condizione soddisfacente, a maggior ragione si rafforza un concetto già espresso in più occasioni, quello di agire con interventi strutturali mirati ad un ulteriore contenimento di sostanze eutrofizzanti su scala di bacino padano. Questo anche nella convinzione che la coniugazione tra apporti fluviali e mare Adriatico rappresenti un *unicum* di area vasta sul quale occorre rivolgere la nostra attenzione.

Vasco Errani
Presidente della Giunta regionale
Regione Emilia-Romagna

SOMMARIO

Il 2012 è stato un anno caratterizzato da un buon stato ambientale delle acque marino-costiere. Questa condizione è stata favorita da bassi apporti fluviali, in particolare dal fiume Po: i conseguenti ridotti apporti di sostanze nutritive (in particolare sali di azoto e fosforo) dimostrano come i fenomeni eutrofici siano dipendenti da tali fattori. Solo in concomitanza con i maggiori picchi di portata del Po si sono sviluppati fenomeni eutrofici che hanno però assunto un carattere di breve durata e contenuta estensione e intensità.

Anche gli eventi ipossici-anossici nelle acque di fondo sono stati contenuti: solo circoscritte aree costiere nella zona più settentrionale hanno risentito del fenomeno a fine agosto–inizio settembre.

Maree rosse provocate dalla microalga *Fibrocapsa japonica* nell'estate 2012 sono state discontinue e circoscritte, al contrario di analoghi episodi accaduti in anni precedenti.

Tra gli eventi da segnalare si rammenta il raffreddamento eccezionale e repentino delle acque della fascia costiera nel febbraio 2012, causato dalla bora che ha interessato l'Adriatico settentrionale. Un fenomeno che ha causato problemi alle attività di pesca, con la moria di alcune specie particolarmente sensibili alle basse temperature quali mormore, ombrine, canocchie, seppie, oltre allo spiaggiamento di numerose tartarughe marine.

I controlli estivi sulla presenza della microalga tossica *Ostreopsis ovata* hanno dato riscontro negativo. Nel 2012 non sono state riscontrate presenze di materiale mucillaginoso lungo le coste dell'Emilia-Romagna, gli ultimi eventi risalgono al 2004.

SUMMARY

The year 2012 was characterized by a good environmental status of marine coastal waters. This condition was favoured by low riverine inputs in particular from Po river: the consequent reduced inputs of nutrients (in particular salts of nitrogen and phosphorus) show how the eutrophic phenomena are dependent on these factors. Eutrophic phenomena developed only in concomitance with the highest Po river flows. However, they were limited in both spatial and temporal extension.

Also hypoxic-anoxic events in the bottom were limited to northern coastal areas in late August early September. Red tides caused by microalgae *Fibrocapsa japonica* in summer 2012 have taken on a discontinued and limited, as opposed to similar events in previous years.

Among the events to be reported, we find the exceptional and sudden cooling of the waters of the coastal area in February 2012, caused by the bora which affected the northern Adriatic; this phenomenon has caused problems in the fishery, with the deaths of some species particularly sensitive to low temperatures such as striped breams, shi drums, mant shrimps, common cuttlefish, in addition to the stranding of a lot of sea turtles. As in the previous years, the summer controls on the presence of toxic microalgae *Ostreopsis ovata* have given negative feedback. In 2012 there was no presence of mucilaginous material along coast of Emilia-Romagna. The last mucilaginous events date back to 2004.

INTRODUZIONE

La Struttura Oceanografica Daphne ritiene utile documentare quanto emerso dalle attività di studio e monitoraggio effettuato in una parte significativa dell'Adriatico nord-occidentale. Ecco quindi che ripropone anche per il 2012 il presente Rapporto. La disamina dei parametri indicatori di stato ambientale, le loro tendenze nel tempo e nello spazio, gli impatti ambientali ad essi collegati rappresentano i principali *focus* presi in considerazione. Tra tutti si ricordano le anomale colorazioni delle acque, gli stati di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque di fondo, le morie di organismi bentonici. Una visione quindi molto settoriale, specialistica che ha, nel tempo, impresso alla nostra Struttura una forte caratterizzazione verso quei settori connessi ai fenomeni di eutrofizzazione e ai rapporti causa-effetto degli elementi scatenanti.

Da alcuni anni il rapporto annuale si è evoluto con altri contenuti, connessi allo stato ambientale della fascia di mare della nostra Regione, soprattutto in risposta alle normative emanate. In particolare alla normativa regionale essendo i fenomeni eutrofici il problema principale del sistema marino costiero, alla cui conoscenza e controllo la Struttura Daphne concentra maggiormente le proprie attenzioni e alla normativa nazionale sui livelli di inquinamento delle matrici acqua, sedimenti e biota con l'intento di definirne lo Stato di Qualità Ambientale attraverso una analisi integrata degli elementi biologici, idromorfologici e fisico-chimici; una visione quindi che tende ad avvicinarsi ad un approccio conoscitivo sempre più ecosistemico. Il tutto anche in ottemperanza a nuove normative emanate nei settori inerenti le acque marine che pongono nuovi criteri di valutazione dello stato ecologico con l'obiettivo, non secondario, di avviare fasi di recupero e di mitigazione di situazioni compromesse dalle pressioni antropiche.

Nel 2012 un evento che merita segnalazione è quello riconducibile agli effetti dei forti venti di bora che si sono verificati nel febbraio 2012, con un raffreddamento eccezionale delle acque dell'alto Adriatico (approfondimenti nel paragrafo Temperatura). La condivisione di dati e informazioni degli Istituti Scientifici e Agenzie per l'Ambiente hanno permesso di definire il quadro generale a livello di bacino Nord Adriatico, compresa la situazione meteorologica che ha determinato il prolungato afflusso di correnti d'aria fredda dal Nord-Est europeo (Russia continentale). Il raffreddamento delle acque è stato intenso e repentino e ha causato la moria di alcune specie particolarmente sensibili quali mormore, ombrine, canocchie, seppie e lo spiaggiamento di numerose tartarughe marine.

Le uscite giornaliere del Battello Oceanografico "Daphne II" effettuate nel 2012 sono state 99 che, pur rispettando le scadenze richieste per un idoneo controllo ambientale hanno visto una riduzione rispetto agli anni precedenti, sia per la ridotta necessità legata alle buone condizioni ambientali che per le scarse emergenze che si sono presentate.

1 QUADRO NORMATIVO

La Regione Emilia-Romagna, con la L.R.39/78, promuove le iniziative atte a ricercare le cause di degrado ambientale e ad individuare i mezzi più idonei al progressivo miglioramento della situazione relativa a fenomeni di eutrofizzazione del mare Adriatico.

La motonave "Daphne", al pari dei mezzi mobili di rilevamento dell'inquinamento e delle reti provinciali di controllo ambientale, è inserita nella struttura regionale dei sistemi di controllo previsto dalla L.R.19/75.

L'uso della motonave è finalizzato alle campagne di ricerca per lo studio dei fenomeni riguardanti l'inquinamento, l'eutrofizzazione per la parte interessante il territorio regionale, nonché per rilievi batimetrici e correntometrici e per studi comunque attinenti il rilevamento e la determinazione di parametri connessi con i predetti fenomeni.

La L.R.44/95 ha istituito l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (Arpa) dell'Emilia-Romagna e ne disciplina l'organizzazione e il funzionamento. Riorganizza inoltre le strutture preposte ai controlli ambientali e alla prevenzione collettiva.

Con l'istituzione di Arpa Emilia-Romagna, la motonave "Daphne" ne diviene parte integrante ed acquisisce finalità di ricerca per lo studio del mare Adriatico.

Una profonda riforma del sistema regionale e locale avviene con la L.R.3/99.

Nello specifico delle competenze ambientali, sono definite le funzioni assegnate alla Regione e i compiti trasferiti, delegati o comunque attribuiti alle Province e agli Enti locali.

All'art. 120 della L.R. 3/99 la competenza relativa alla "protezione dell'ambiente costiero" viene conferita alle Province che, in collaborazione con i competenti organismi statali e avvalendosi dell'Arpa, svolgono compiti di protezione e osservazione delle zone costiere e il monitoraggio sullo stato di inquinamento ed eutrofizzazione delle medesime zone.

Con il D.Lgs152/06 (che recepisce la direttiva 2000/60/CE e abroga integralmente il precedente D.Lgs152/99) vengono ridefinite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici. In particolare, per le acque marino-costiere sono previsti 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. Il D.Lgs152/06 vede la piena applicazione con l'entrata in vigore del D.56/09, nel quale vengono definiti i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs.152/06, art. 75, comma 3. Il D.56/09 all'All.1 definisce le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico e dello stato chimico inoltre, abroga e sostituisce quanto riportato nel D.M.367/03 alla tab.2 e all' All.1 del D.Lgs152/06.

Un altro decreto attuativo del D.Lgs152/06, precedente al D.56/09 , è il D.M. 131/08 recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs152/06, art. 75, comma 4. Tale decreto definisce le metodologie per l'individuazione di tipi per le diverse categorie di acque superficiali (tipizzazione), l'individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti.

Nel febbraio 2011 è stato pubblicato il D. 260/10, altro pilastro importante dell'attuazione della direttiva 2000/60/CE, che regola i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, predisposto ai sensi dell'art. 75 comma 3 del D.Lgs152/06.

La Regione Emilia-Romagna con Delibera di Giunta n. 350/10 dell'8 febbraio 2010 ha approvato le attività svolte per l'implementazione della D.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 delle attività di tipizzazione, individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio e i relativi programmi di monitoraggio.

La Direttiva 2008/56/CE (*Marine strategy*), recepita in Italia con il D.Lgs 190/10, istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per mantenere o conseguire 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 ridurre gli apporti di inquinanti 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.

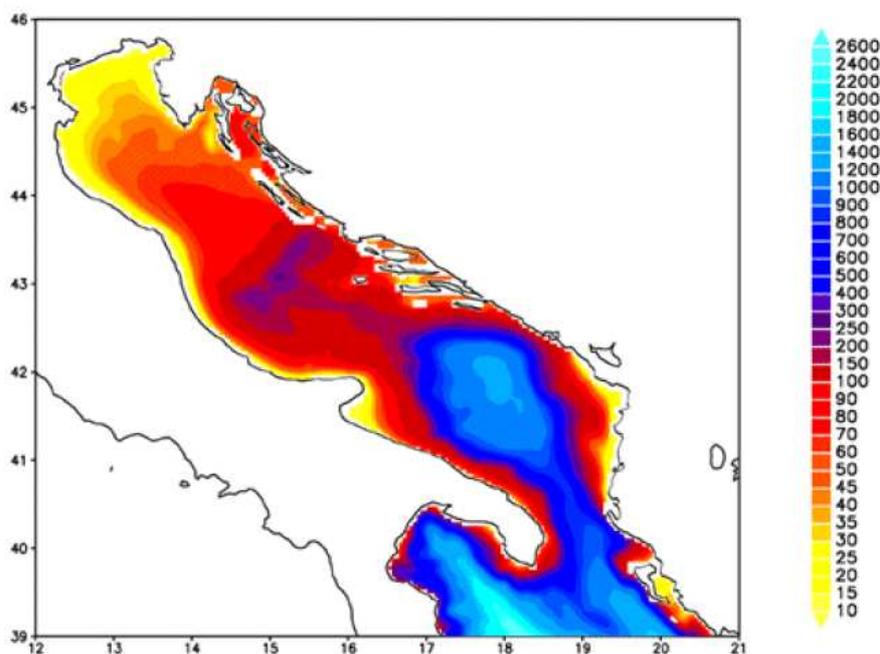


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico.

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 bentico anche su due importanti settori dell'economia regionale e nazionale quali turismo e pesca e rappresentano il problema principale dell'alterazione dello stato ambientale.

Le zone prospicienti al delta del Po e la costa emiliano romagnola, essendo investite direttamente dagli apporti del bacino idrografico padano nonché dagli apporti dei bacini costieri, sono maggiormente interessate da fenomeni di eutrofizzazione. L'influenza e l'effetto dell'apporto veicolato dal fiume Po sull'area costiera, si evidenziano considerando anche il valore di salinità che si abbassa notevolmente lungo la fascia costiera rispetto al mare aperto; inoltre la grande massa di acqua dolce immessa dal fiume Po (1500 m³/sec come media annuale nel lungo periodo e 1125 m³/sec come media annuale nel 2012), 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).

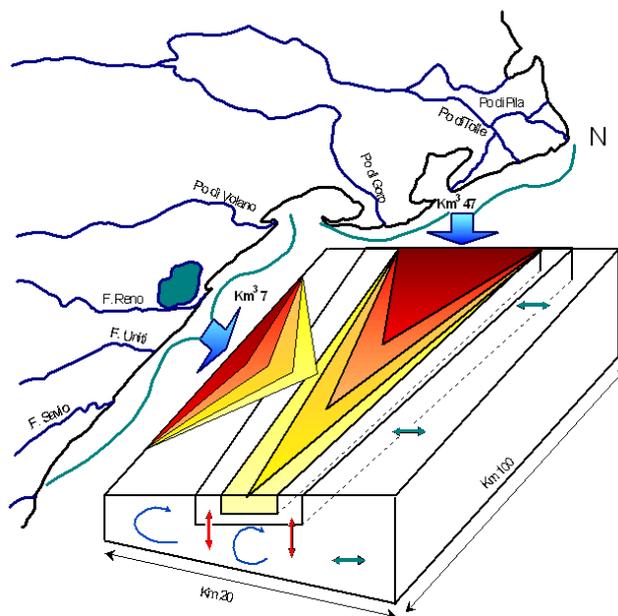


Figura 2 - Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

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).

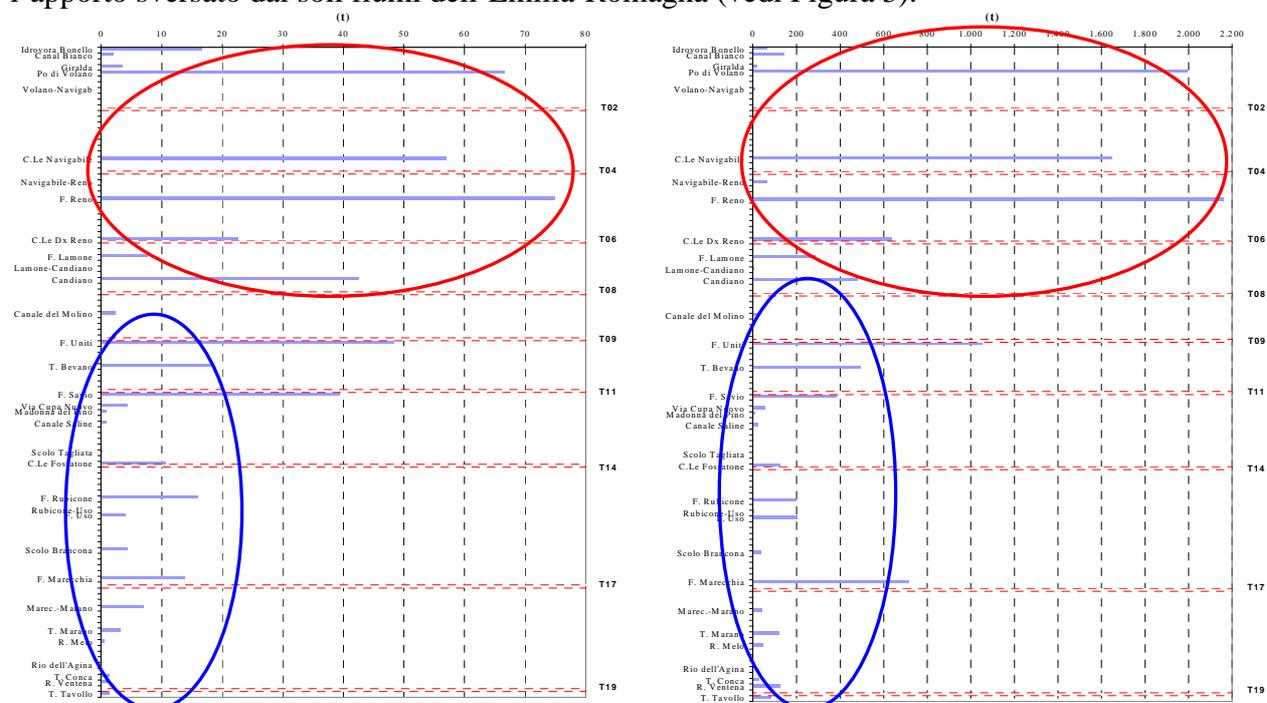


Figura 3 - Carichi di fosforo (diagramma a sinistra) e di azoto (diagramma a destra) sversati dalle varie immissioni lungo la costa-totale annuo

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.

Il D.Lgs 260/10 riporta tra i criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico, sulla base degli elementi di qualità fisico-chimica e idromorfologica a sostegno, l'Indice Trofico medio annuale (TRIX) questo, per la fascia costiera emiliano romagnola, rimane un importante indicatore.

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.

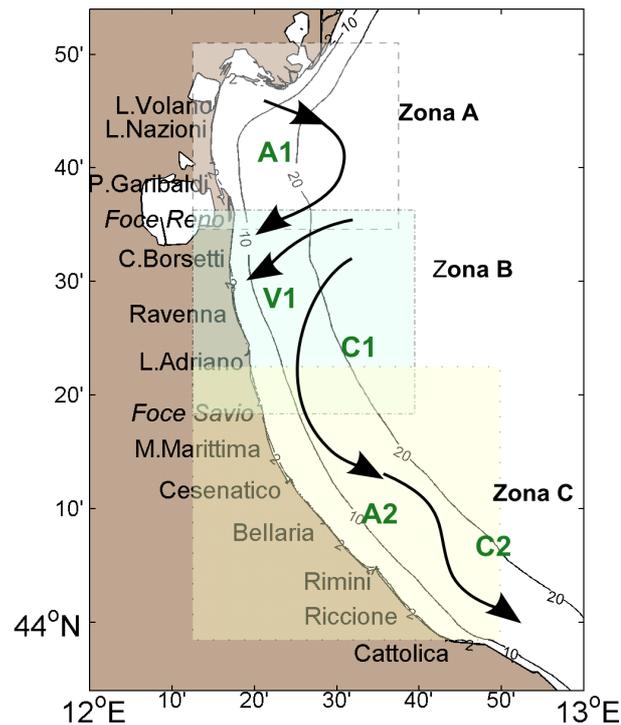


Figura 4 - Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie

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

Il processo di caratterizzazione effettuato ai sensi del D.M. 131/08 ha consentito in prima fase di tipizzare la costa emiliano romagnola sulla base sia di criteri geomorfologici sia idrologici, come una costa sabbiosa di pianura alluvionale caratterizzata da alta stabilità.

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 km², 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 km² e riceve il contributo dei bacini idrografici dei Fiumi Uniti, Savio e del Conca e Marecchia.

WGS84

Vertici CD1 Goro-Ravenna	Distanza costa km	Profondità fondale m	Latitudine	Longitudine
A1	0.5	2.5	4447.86	1216.37
B1	3.0	4.5	4447.89	1218.67
C1	3.0	8.7	4429.85	1219.24
D1	0.5	3.5	4429.84	1217.05
Vertici CD2 Ravenna-Cattolica	Distanza costa km	Profondità fondale m	Latitudine	Longitudine
A2	0.5	2.8	4429.17	1217.11
B2	3.0	8.8	4429.71	1219.22
C2	3.0	10.5	4359.69	1245.85
D2	0.5	3.7	4358.20	1244.94



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 una bottiglia Niskin.

Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di Nylon con maglie di 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 sciacquati con una soluzione acquosa di etanolo e in seguito 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
Turbidimetro	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

Determinazioni quali-quantitative del fitoplancton con microscopio rovesciato a 400x e 250x.
Metodo Uthermöhl H. (1956).

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
Test 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>

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

3.2.2.d *Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos*

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

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

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

L'indagine consiste nella:

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

3.2.3 **Matrice Biota**

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

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

3.2.4 **Indagini meteo-marine**

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

4 LO STATO TROFICO

4.1 RETE DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio prevista per il controllo e la valutazione dello stato trofico lungo la costa dell'Emilia-Romagna si attua su una rete di 34 stazioni distribuite nel tratto compreso tra Lido di Volano e Cattolica e posizionate a partire da 500 m dalla linea di costa fino a 20 km al largo.

Nella Tabella 1 vengono elencate le stazioni con le loro coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche, mentre nella Figura 7 viene rappresentata la rete di monitoraggio. L'attività di controllo e di studio del fenomeno "Eutrofizzazione" che interessa questa zona dell'Adriatico nord-occidentale ha come obiettivo non solo quello di tenere monitorate costantemente le diverse matrici che compongono l'ecosistema marino ma anche ricercare e studiare i fattori causali del processo e attuare le migliori strategie di prevenzione e protezione della qualità ambientale. Le finalità delle misure e dei prelievi previsti dal piano di monitoraggio indicato possono essere così sintetizzati:

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

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

Codice Stazione	Località	Prof. metri	Dist. km	LAT WGS84	LON WGS84
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 una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti e fitoplancton mentre per le variabili idrologiche la frequenza è settimanale nel periodo estivo da giugno a settembre e quindicinale per i restanti mesi.

Il monitoraggio quindicinale viene effettuato, condizioni meteo-marine favorevoli, generalmente la 1° e la 3° settimana del mese. Per quanto riguarda i nutrienti il campionamento viene eseguito su tutte le stazioni ad esclusione di quelle situate a 6 km di distanza dalla costa.

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

Nel campionamento del fitoplancton, effettuato alla profondità di 50 cm, le stazioni controllate sono quelle poste a 500 m e a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e Cattolica e quelle a 500 m davanti a Lido di Volano, Porto Corsini e Rimini.

Durante la prima settimana di ogni mese il piano di monitoraggio prevede la determinazione dei nutrienti e la misurazione dei parametri idrologici anche nelle stazioni posizionate a 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi (stazione 2004) e di Cesenatico (stazione 2014); vengono inoltre eseguite, sempre lo stesso giorno in entrambi i transetti, analisi di nutrienti anche sulle acque di fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km.

Ulteriore finalità all'indagine nell'area al largo è quella di individuare l'incidenza del carico di nutrienti sversati dal fiume Po e caratterizzare gli apporti dal bacino padano rispetto a quelli veicolati dai bacini costieri.

Nella Tabella 2 vengono riepilogati i parametri controllati e le misure effettuate in ogni stazione e la frequenza di campionamento.

Tabella 2 - Schema del piano di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione

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

I controlli effettuati durante il 2012 hanno evidenziato in generale una buona condizione ambientale dell'ecosistema marino lungo tutta la costa emiliano romagnola. Conseguentemente anche a ridotti apporti dai bacini costieri e in particolare da quello padano (media annuale inferiore rispetto alla media annuale su lungo periodo Figura 42) valori degli indici di produttività si sono mantenuti in generale bassi e gli eventi eutrofici verificatesi in concomitanza a questi ultimi, hanno assunto un carattere di breve durata e contenuta intensità ed estensione.

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna è dimostrato che le acque dolci di origine fluviale che confluiscono direttamente in mare influenzano in maniera determinante la qualità ambientale; infatti, quando sono abbondanti e persistenti creano situazioni particolari come forti diluizioni delle acque superficiali (con conseguente abbassamento dei valori di salinità), aumento delle concentrazioni degli elementi eutrofizzanti (diverse forme di azoto e fosforo) e sviluppo di fioriture microalgali (con aumento della concentrazione di clorofilla "a"), colorazione anomala (verde, rosso, marrone) e riduzione della trasparenza delle acque. Le fioriture microalgali, importanti e positive in termini di produttività, possono innescare fenomeni eutrofici intensi ed estesi se concomitanti a condizioni idrodinamiche particolari (esempio condizioni meteomarine stabili) che si verificano durante l'anno.

Il primo monitoraggio del 2012 evidenzia il perdurare, rispetto a fine 2011, di buone condizioni ambientali lungo tutta la costa, con valori medio alti di salinità e ossigeno disciolto insieme a basse concentrazioni di clorofilla "a" (Figura 8).

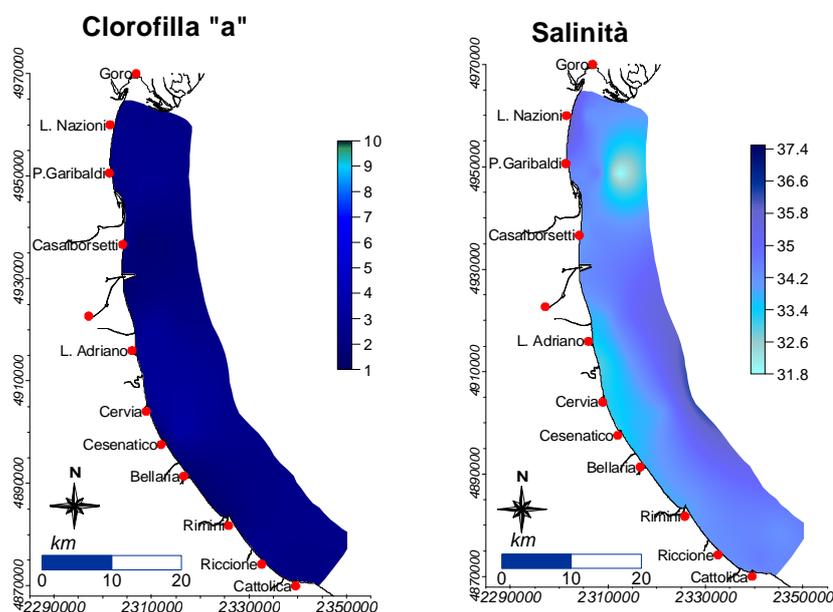


Figura 8 – Mappe di distribuzione in superficie della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) e della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 9-10 gennaio

A fine gennaio però si rileva un innalzamento dei valori degli indici trofici in tutte le stazioni controllate in concomitanza all'aumento della componente microalgale sostenuta da Diatomee, in particolare appartenenti al genere *Skeletonema* (33×10^6 cell/l nella St. 6 il 23 gennaio) che contribuisce, con l'incremento della propria attività metabolica, ad aumentare anche i valori di ossigeno disciolto lungo tutta la colonna d'acqua raggiungendo, negli strati più alti, una condizione di sovrasaturazione (Figura 9).

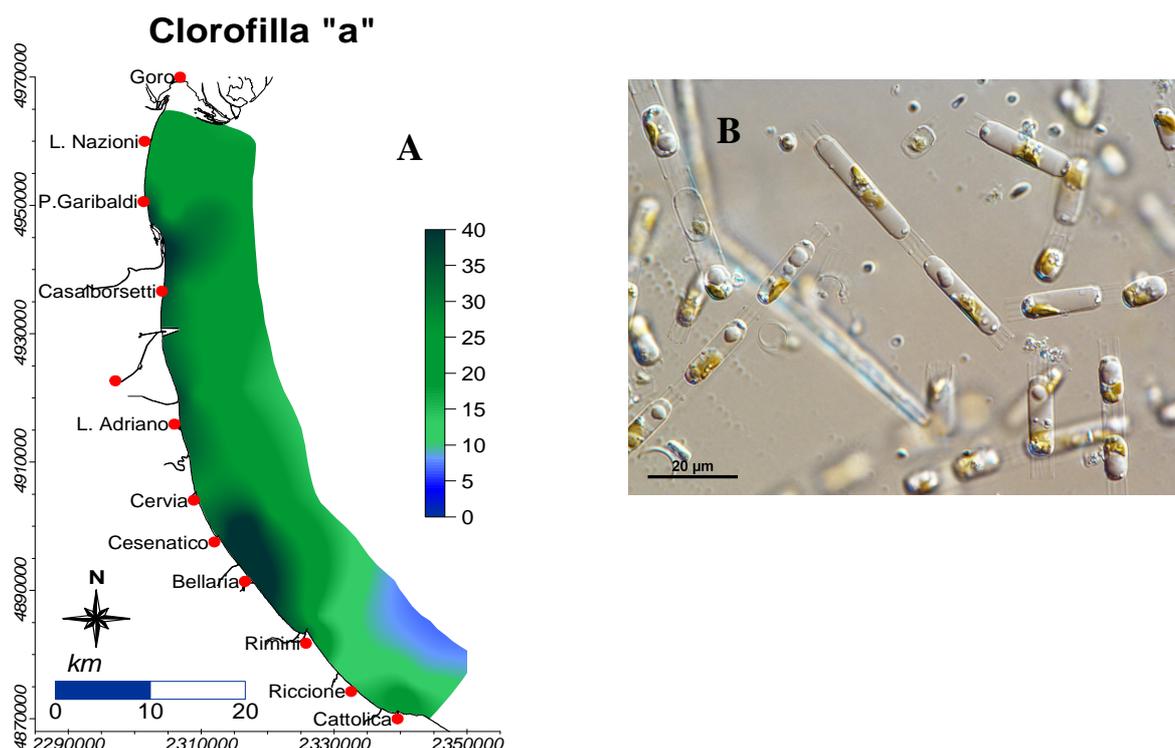


Figura 9 – A) Mappe di distribuzione in superficie della clorofilla “a” (µg/l) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 23-24 gennaio; B) *Skeletonema* sp. fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

La temperatura delle acque a fine gennaio tende a diminuire in superficie ma è a metà del mese successivo, a febbraio (Figura 10), che si registra una repentina diminuzione del parametro in tutta l'area monitorata interessando oltre agli strati superficiali anche quelli in profondità.

Nei giorni precedenti al monitoraggio infatti si sono verificate condizioni meteo-marine eccezionali con venti forti da nord (Bora) e intense mareggiate che hanno innescato un forte e prolungato rimescolamento delle acque marine in tutta l'area monitorata.

Questo brusco abbassamento dei valori di temperatura anche in profondità (Figura 33) ha provocato sofferenza nella comunità marina soprattutto in quegli organismi, quali ad esempio molluschi e crostacei, che non essendo veloci negli spostamenti non sono riusciti ad evitare lo shock termico e quindi hanno creato una situazione di criticità anche sul fondo.

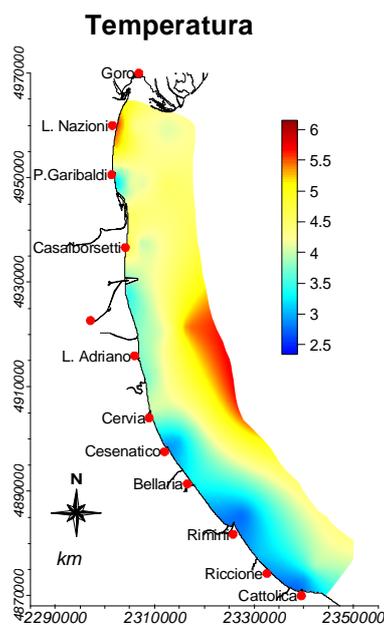


Figura 10 - Mappe di distribuzione in superficie della temperatura (°C) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 14-15 febbraio

Il ripristinarsi di condizioni meteo-marine più stabili in concomitanza però ad un periodo di cospicue precipitazioni atmosferiche (Figura 11) che hanno interessato in particolar modo l'area centro settentrionale della regione, hanno determinato un cambiamento a fine febbraio, della qualità ambientale. Infatti l'immissione dai bacini costieri di acque dolci ricche di nutrienti (sali di azoto e fosforo) hanno contribuito ad alimentare e sostenere la componente fitoplanctonica con conseguente aumento dei valori di clorofilla "a". Anche i valori di salinità risultavano di conseguenza bassi nelle stazioni costiere, rispetto a quelle al largo direttamente investite dagli apporti fluviali nell'area centro-settentrionale (Figura 12).

Durante i controlli in questo periodo si è registrata anche una elevata torbidità lungo tutta la colonna d'acqua dovuta alla somma di due fattori principali: l'elevata concentrazione microalgale e la presenza di materiale inorganico terrigeno in sospensione. Spesso erano visibili allo sbocco dei fiumi plume limacciose caratterizzate da acque marroni.

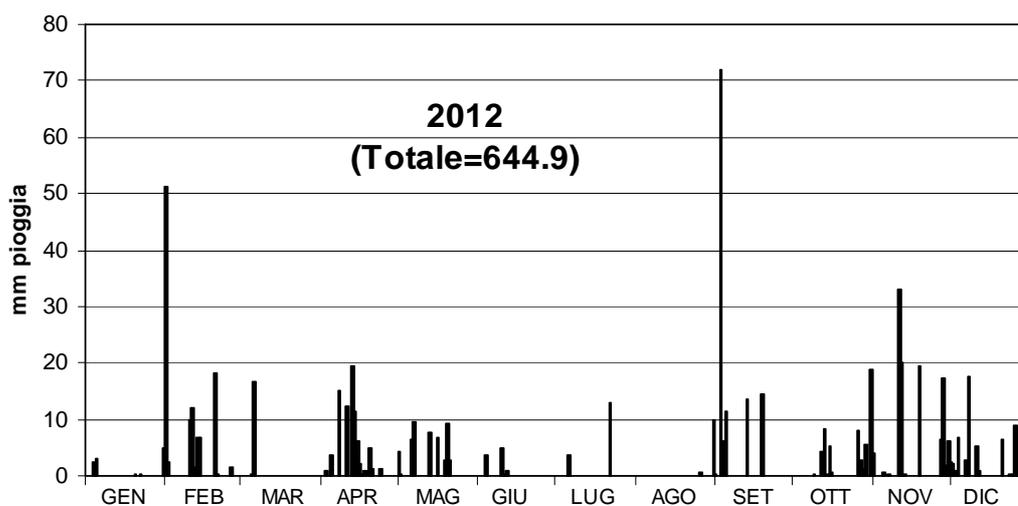


Figura 11 – Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

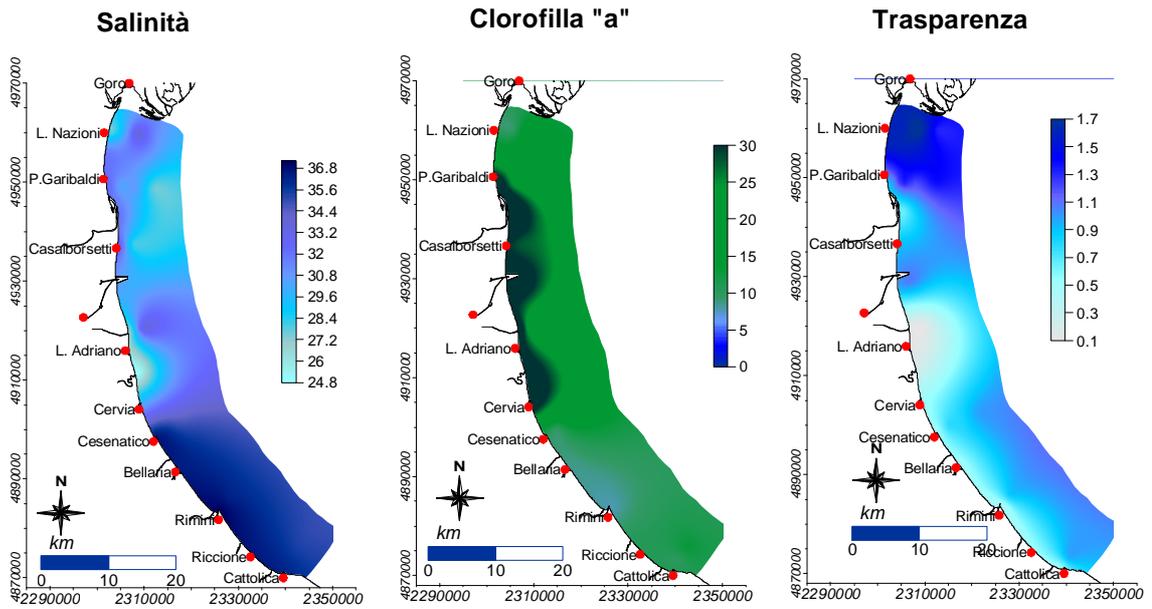


Figura 12 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu), della clorofilla “a” (µg/l) e della trasparenza (metri) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 27-28 febbraio

La condizione di elevata produttività dell’ecosistema marino costiero si è risolta velocemente e fino a metà di aprile si è assistito in generale al perdurare di una buona qualità ambientale, con valori bassi di clorofilla “a”, ossigeno disciolto nella norma sia in superficie che sul fondo e aumento lineare e progressivo della temperatura, a partire dal mese di marzo, lungo tutta la fascia costiera (Figura 13).

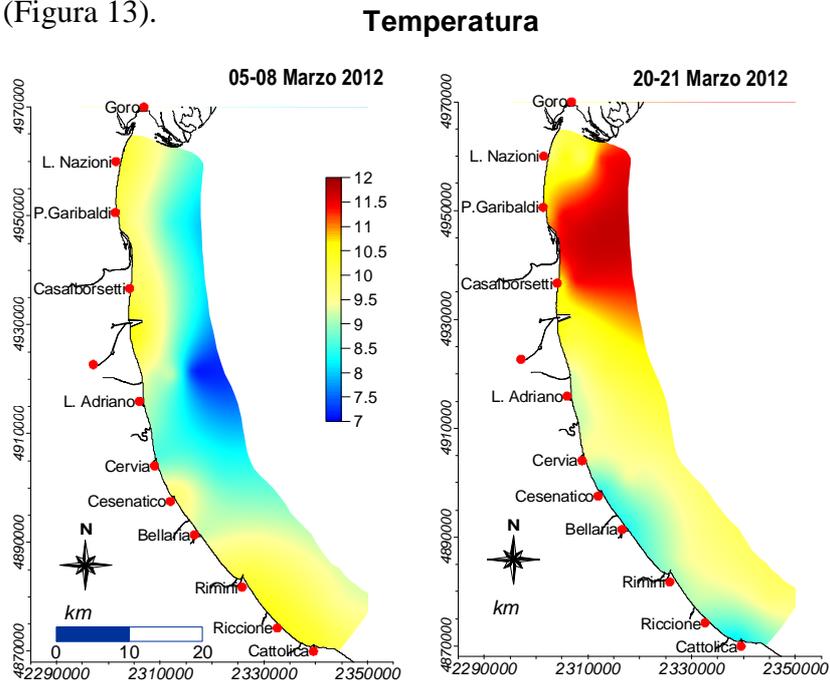


Figura 13 - Mappe di distribuzione in superficie della temperatura (°C) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 05-08 e 20-21 marzo

Il parametro che ha evidenziato una maggior variabilità è la salinità in quanto risente in maniera significativa e immediata delle portate sia dai bacini costieri sia da quello padano. Infatti nel monitoraggio del 05-08 marzo (Figura 14) nella zona settentrionale si è rilevata una diminuzione dei valori di salinità in superficie come conseguenza del perdurare di immissioni da parte del bacino padano in particolare (circa 900 mc/sec) di acque di origine fluviale. Le acque dolci immesse in ambiente marino hanno diluito notevolmente le acque nelle stazioni in costa con valori di salinità anche di 19 psu. È sempre l'area più a nord, a ridosso del delta padano, la più sensibile all'influenza delle acque dolci che oltre a mantenere diluite le acque anche per periodi lunghi sostiene, con gli elementi nutritivi veicolati (sali di azoto e fosforo), la componente microalgale. Questa ultima in condizioni di stabilità meteo-marina aumenta e l'elevata produttività associata innesca fenomeni eutrofici.

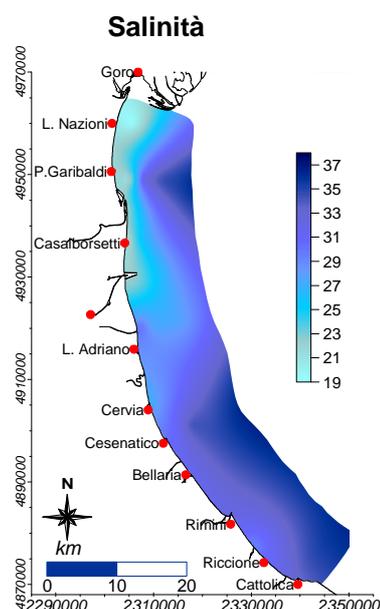


Figura 14 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 05-08 marzo

Le abbondanti precipitazioni tra l'11 e il 14 aprile con l'incremento degli apporti fluviali dai bacini costieri regionali e la conseguente immissione di nutrienti, veicolati dalle acque dolci, hanno contribuito ad alimentare e sostenere la componente microalgale marina determinando un aumento della produttività dell'ecosistema. Una condizione di eutrofia importante si è instaurata in particolare nell'area centro settentrionale anche nelle stazioni al largo e non solo in quelle costiere (Figura 15).

Le analisi quali-quantitative sui campioni di acqua presi in superficie hanno evidenziato la presenza di elevate concentrazioni di Diatomee e piccoli fitoflagellati (Figura 16). Questi, insieme alla torbidità dovuta al particolato inorganico di origine fluviale, hanno contribuito a mantenere bassa la trasparenza delle acque.

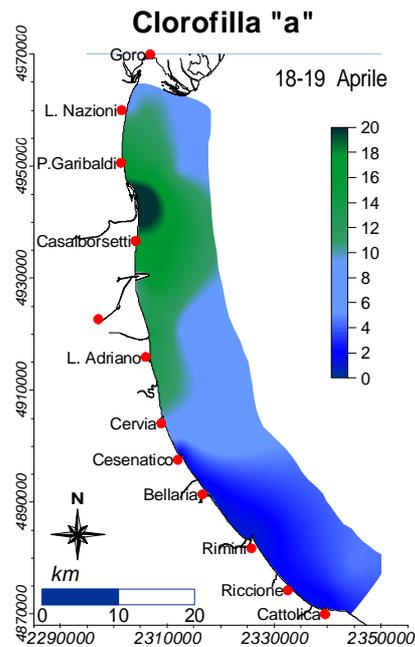


Figura 15 - Mappe di distribuzione in superficie della clorofilla “a” (µg/l) rilevate da costa fino a 10 km al largo il 18 e 19 aprile

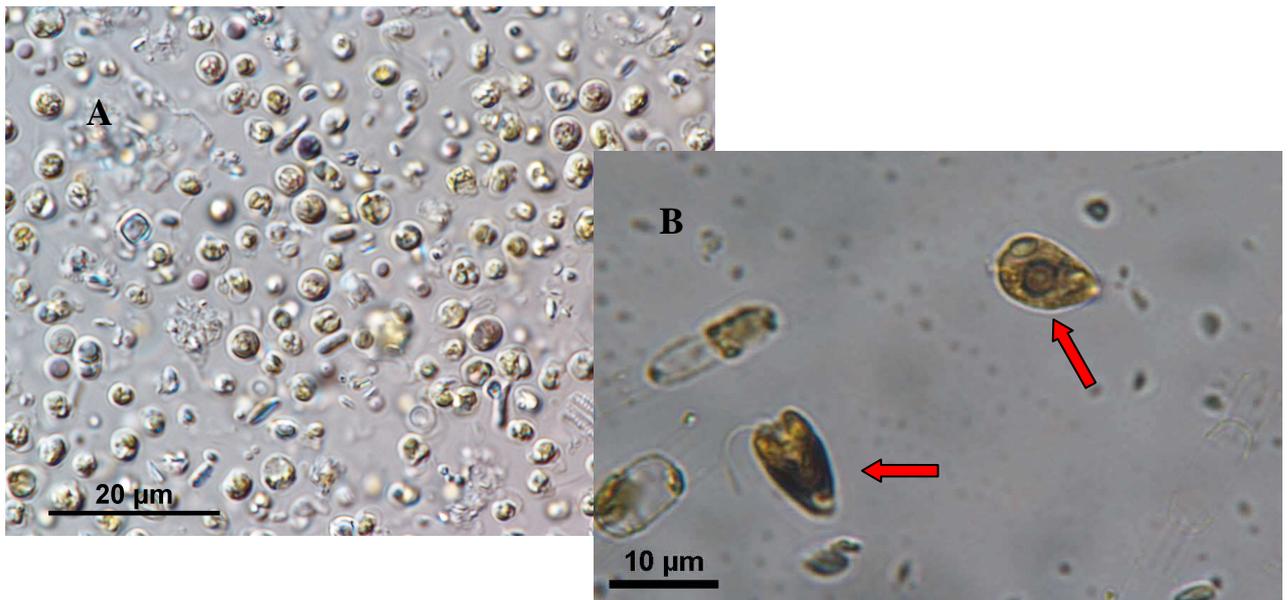


Figura 16 - A) Altro fitoplancton indeterminato B) Prasinophyceae indet. fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

La qualità ambientale è andata migliorando nei controlli successivi con diminuzione dei valori di clorofilla “a” e aumento della trasparenza (Figura 17). Infatti basse concentrazioni di fitoplancton in concomitanza a condizioni meteo marine stabili hanno aumentato i valori di trasparenza appunto, in tutte le stazioni. In particolare in quelle più vicino a costa (caratterizzate da una profondità media di 3-4 metri) spesso si intravedeva il fondo.

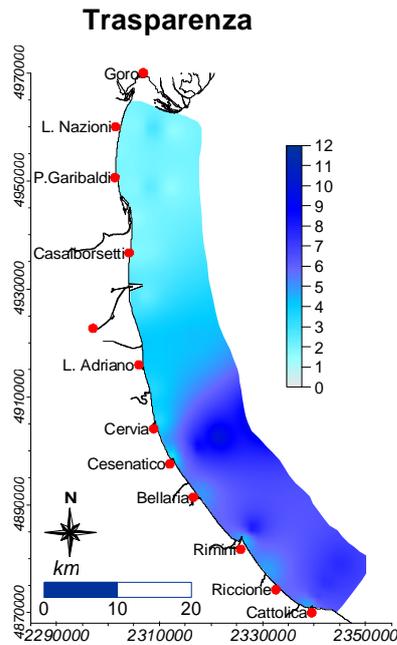


Figura 17 - Mappe di distribuzione in superficie della trasparenza (metri) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 09-10 maggio

Anche se la qualità ambientale si è mantenuta in generale buona nell'area settentrionale si sono continuati a registrare valori bassi di salinità (Figura 18) fino a metà giugno, in relazione al continuo apporto di acque dolci dal bacino padano (3426 mc/sec portata rilevata a Pontelagoscuro il 5 maggio) (Figura 40). Oltre a mantenere le acque diluite in superficie, le grosse quantità di acque interne immesse in mare, hanno contribuito all'instaurarsi di una marcata stratificazione alina lungo colonna.

Durante i controlli si è rilevata la presenza di materiale galleggiante (tronchi, rami) sia in costa che al largo.

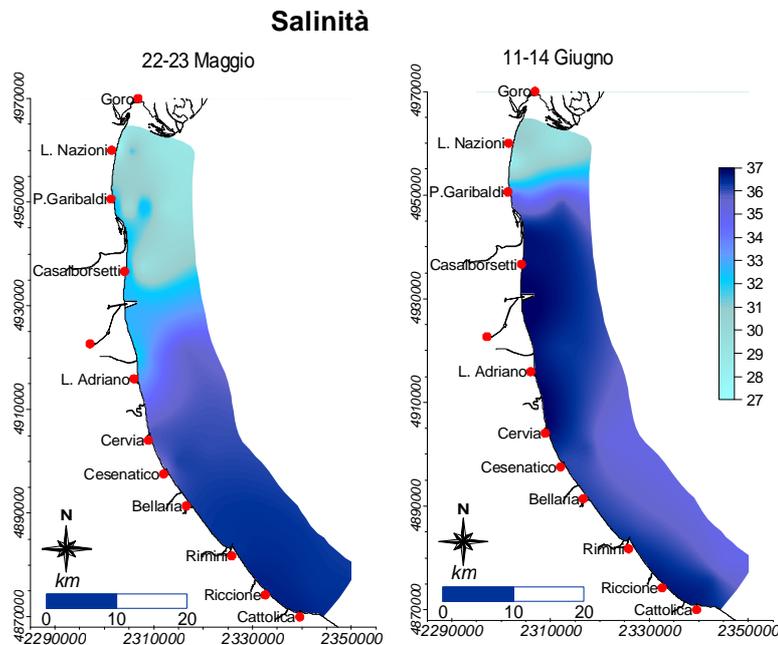


Figura 18 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 22-23 maggio e del 11-14 giugno

A maggio nelle acque superficiali si è rinvenuta la presenza di una microalga flagellata caratteristica del periodo appartenente alla specie *Noctiluca scintillans*. Questa Dinoflagellata quando raggiunge abbondanze elevate si manifesta in superficie con chiazze di colore arancione e di notte emette bioluminescenza; nella fase di degradazione assume una conformazione giallastra filamentosa.

Durante il periodo estivo la qualità ambientale si è mantenuta buona con valori di clorofilla "a" medio bassi, salinità in superficie elevata in concomitanza ai limitati apporti dai bacini costieri e buona trasparenza.

La temperatura delle acque in alcuni controlli registrava valori medi superiori alla climatologia del periodo anche 3-4 °C, soprattutto nelle giornate di mare calmo con massime temperature esterne (Figura 19).

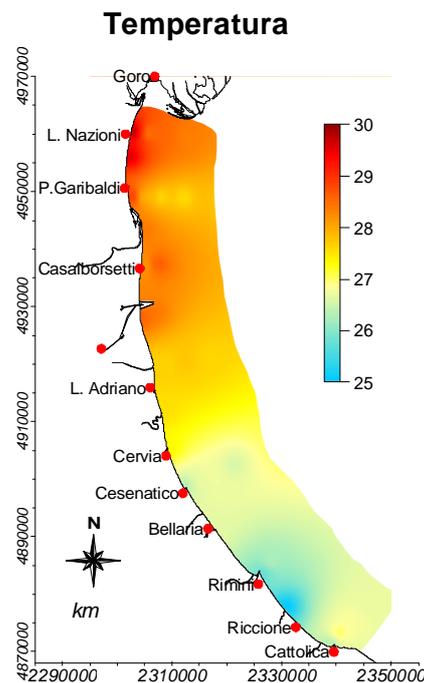


Figura 19 - Mappe di distribuzione in superficie della temperatura (°C) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 02-03 luglio

I valori di ossigeno disciolti sono risultati essere sempre nella norma tranne in alcuni casi, dove in aree localizzate soprattutto nella zona centro settentrionale i valori sul fondo diminuivano tendendo all'ipossia (Figura 20). Ma queste situazioni di ossigeno ridotto sul fondo non hanno mai portato ad una criticità delle biocenosi di fondo.

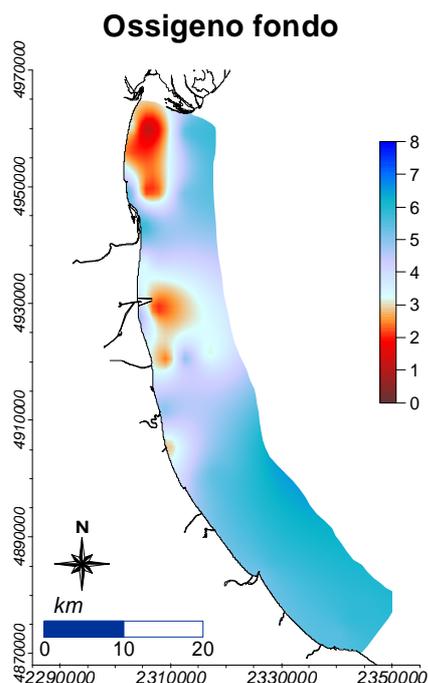


Figura 20 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo ($\mu\text{g/l}$) rilevato da costa fino a 10 km al largo nei giorni 06-07 agosto

Nel periodo estivo al largo e sottocosta si è osservata la presenza di banchi di meduse appartenenti a specie diverse. A giugno erano abbondanti specie quali *Aequorea aequorea* e *Aurelia aurita* avvistate lungo tutta la costa emiliano romagnola mentre nei mesi di luglio e agosto sono state sostituite dalla *Carybdea marsupialis* una cubomedusa urticante caratteristica per la forma cubica e trasparente dell'ombrella da cui dipartono quattro lunghi tentacoli.

Un'altra segnalazione evidenziata in alcuni tratti costieri a fine agosto è stata la presenza di *Fibrocapsa japonica* microalga appartenente alla classe delle Raphidophyceae che in concentrazioni elevate contribuisce a determinare una caratteristica colorazione rosso-marrone nelle acque dei primi 100-200 metri dalla battigia che si intensifica durante le ore più calde della giornata.

I controlli a settembre hanno evidenziato una situazione diversa lungo la fascia costiera. Eventi di pioggia (Figura 11) unitamente ad aumenti di portata dal bacino padano (Figura 40) hanno contribuito a diluire le acque superficiali nella zona più settentrionale, tra Lido di Volano e Lido Adriano; inoltre l'apporto di nutrienti quali azoto e fosforo ha alimentato e sostenuto la componente microalgale presente in mare determinando un aumento degli indici trofici sia in costa ma anche nelle stazioni più al largo innescando in quell'area un fenomeno eutrofico (Figura 21).

L'elevata concentrazione di fitoplancton si è manifestata con una colorazione rossa-marrone delle acque superficiali e l'analisi al microscopio ha evidenziato la presenza di abbondanti taxa appartenenti al gruppo delle Diatomee in particolare *Chaetoceros* spp. Altre microalghe, anche se in concentrazioni minori rispetto al *Chaetoceros* spp., sono state *Thalassiosira* sp. insieme a numerose cellule di *Gonyaulax spinifera*, specie appartenente al gruppo delle Dinoflagellate (Figura 22).

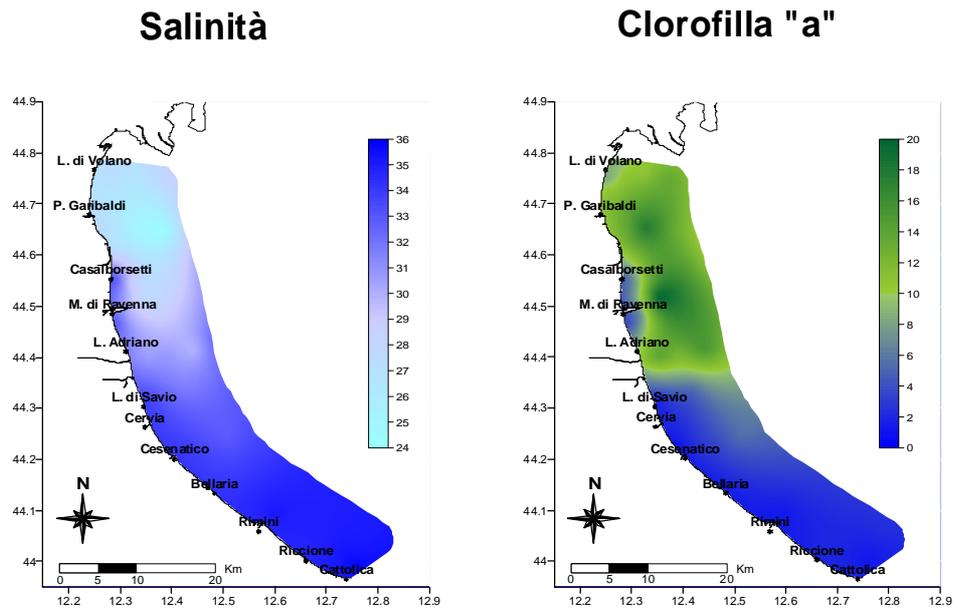


Figura 21 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu) e della clorofilla "a" rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 10-12 settembre

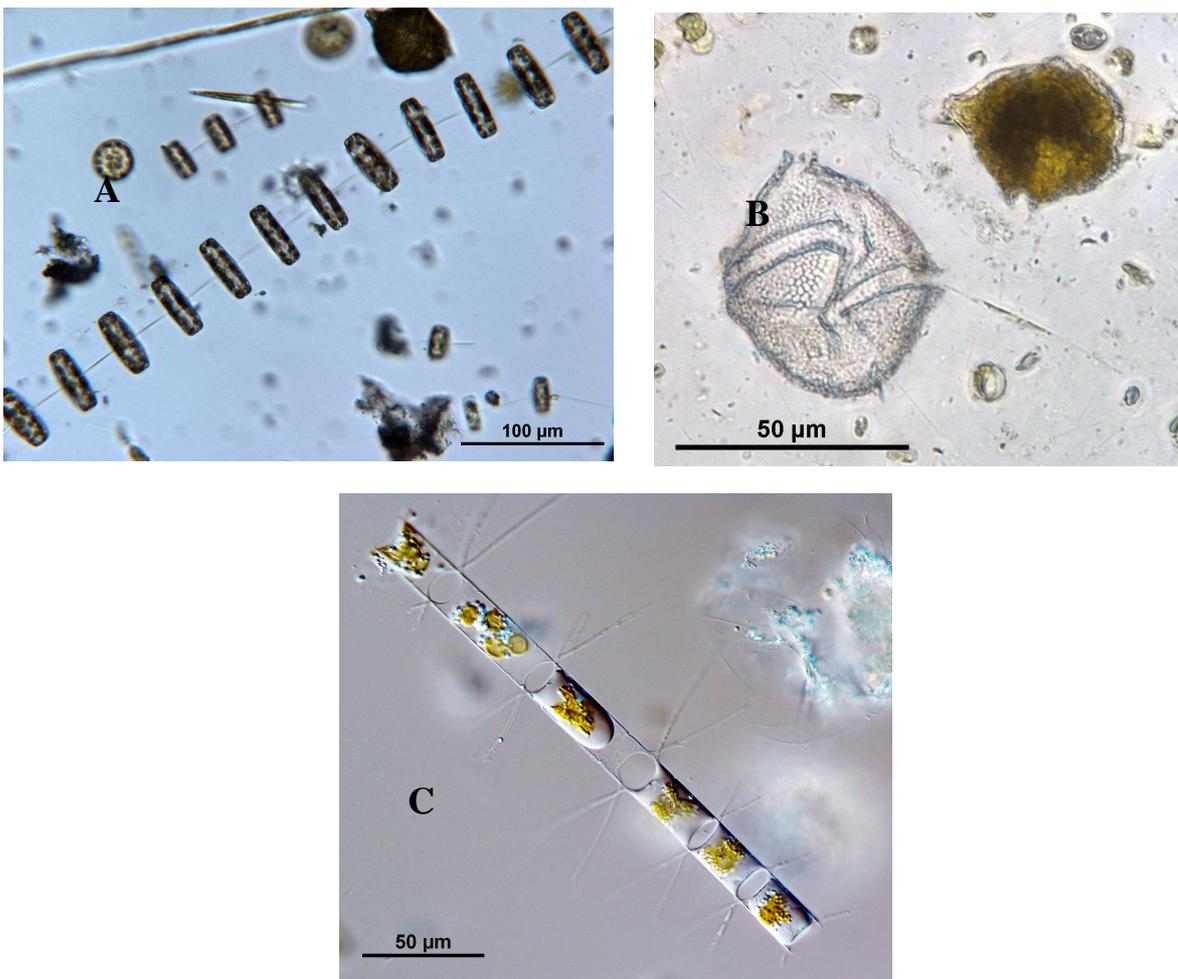


Figura 22 - A) *Thalassiosira* sp.; B) *Gonyaulax spinifera*; C) *Chaetoceros* sp. fotografie al microscopio ottico (Foto archivio : Struttura Oceanografica Daphne)

Durante il mese di ottobre le condizioni ambientali si mantengono simili lungo tutta la fascia costiera controllata, con indici trofici bassi, valori medio alti di salinità e soprattutto valori di ossigeno disciolto nella norma sia in superficie che sul fondo. Questa situazione si mantiene fino a metà di novembre quando la qualità ambientale cambia in conseguenza all'aumento delle portate dai bacini costieri e in particolare da quello padano. Grosse quantità di acque dolci hanno causato una diluizione delle acque di superficie che ha coinvolto tutta l'area monitorata.

Si è inoltre registrato una marcata flessione della temperatura soprattutto nel tratto centro-meridionale (Figura 23).

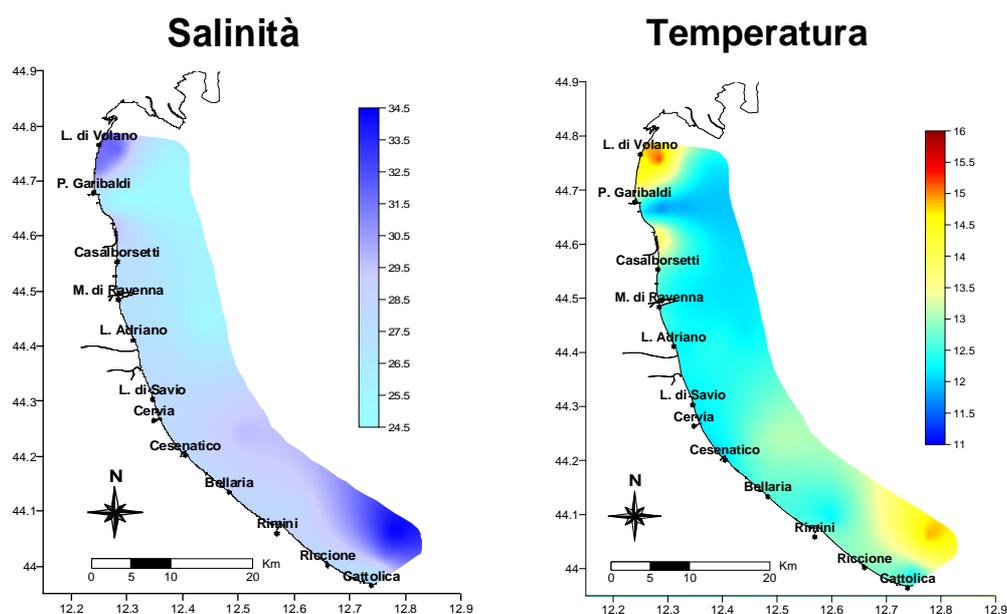


Figura 23 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu) e della temperatura (°C) rilevate da costa fino a 10 km al largo nei giorni 22-23 novembre

Gli ultimi controlli di dicembre hanno confermato il miglioramento delle qualità dell'ambiente marino costiero. I valori di clorofilla "a" sono rimasti medio-bassi senza evidenziare fenomeni eutrofici in atto, le concentrazioni di ossigeno rientravano nella norma anche in quelle zone dove a tratti si erano rilevati diminuzioni tendenti all'ipossia proprio negli ultimi centimetri prossimi al fondale.

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 24) inserito su Internet (www.arpa.emr.it/daphne/) e successivamente spedito via fax a vari utenti fra i quali i Sindaci dei Comuni della costa, i Ministeri competenti, gli Assessorati regionali e provinciali competenti, le USL costiere, le Cooperative pescatori, il Compartimento Marittimo di Ravenna, Sezioni Provinciali Arpa, NOE, ANSA, ecc.

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

- breve commento dei dati rilevati e delle condizioni osservate in mare;
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto (in superficie e sul fondo), trasparenza e clorofilla "a";
- profili di ossigeno, salinità e trasparenza in tre stazioni a 6 km rappresentative di ciascuna zona (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica);
- elaborazione di mappe tematiche di distribuzione su tutta la costa di: temperatura, clorofilla "a", salinità, trasparenza e ossigeno disciolto sul fondo (Figura 25).

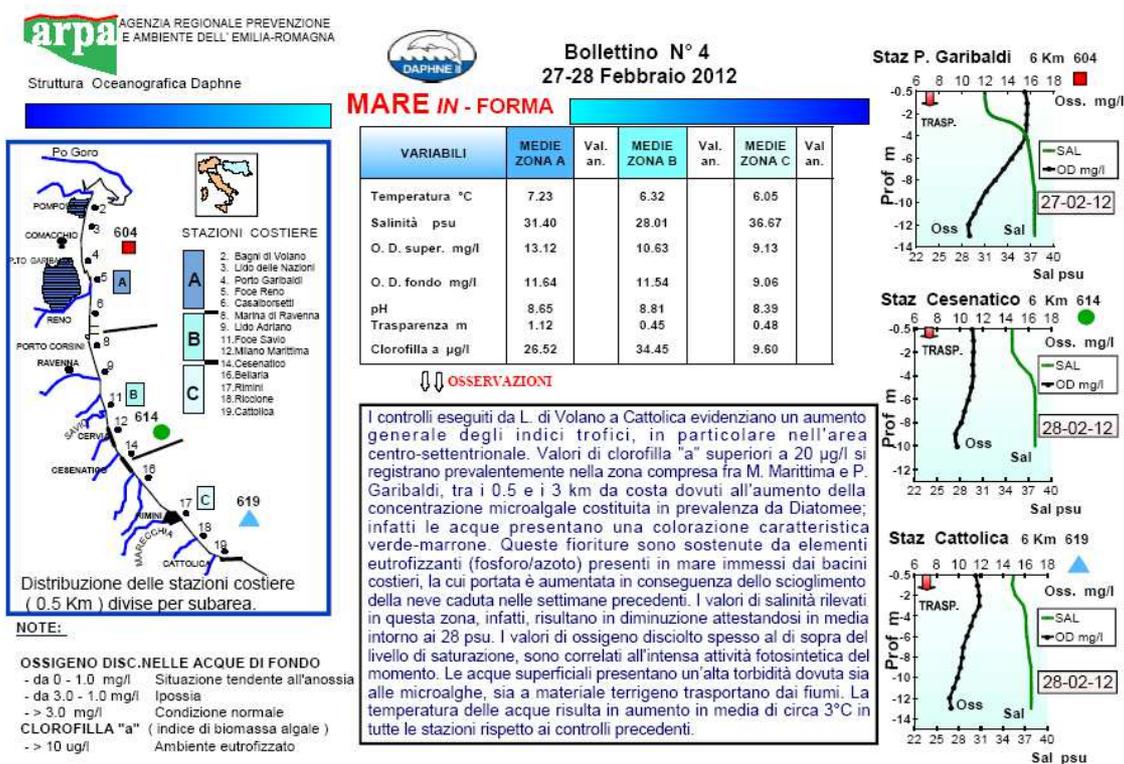


Figura 24 - Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

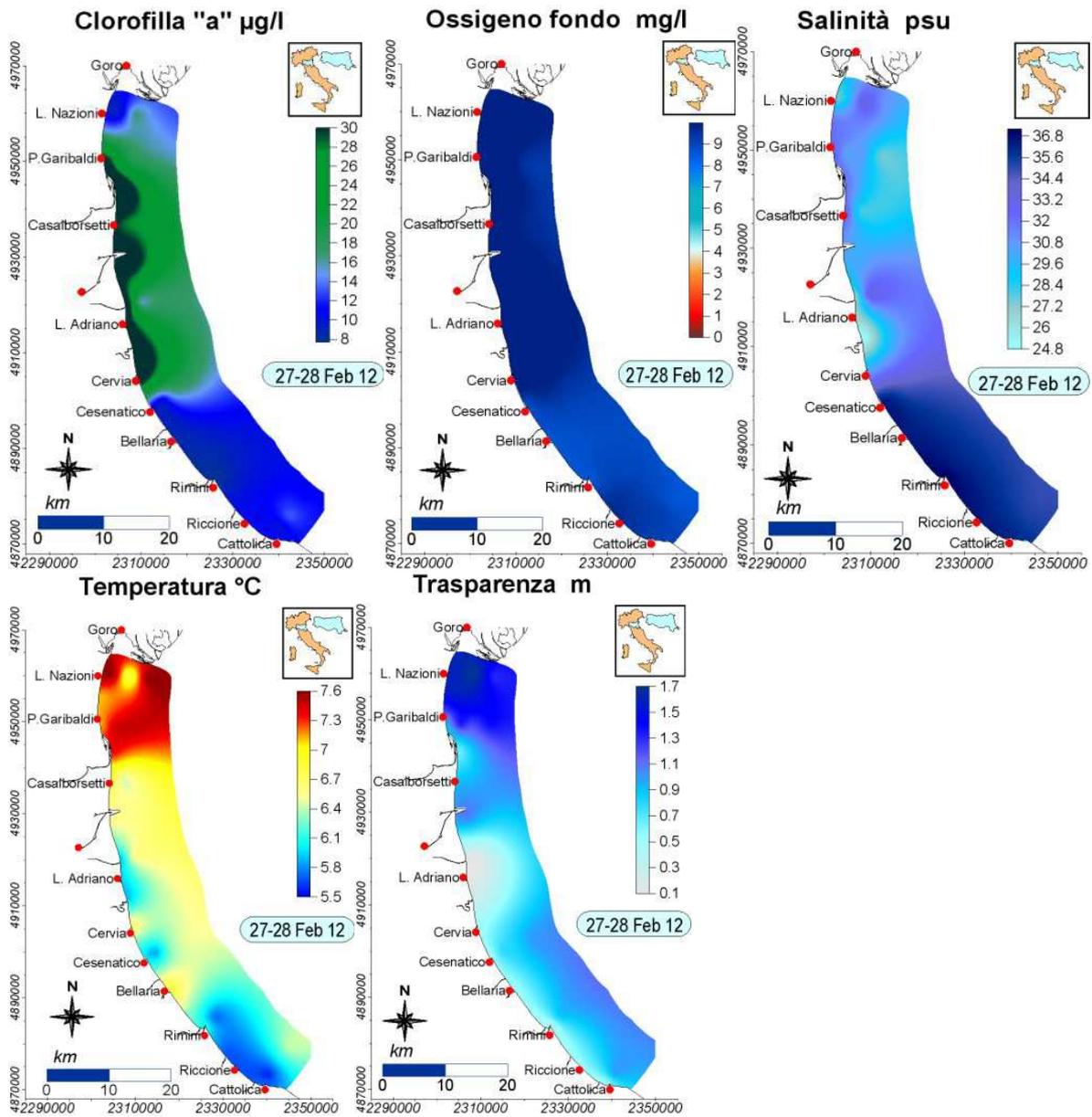


Figura 25 - Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

4.4 MONITORAGGIO E RISULTATI

I paragrafi che seguono contengono analisi e valutazioni dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2012.

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

4.4.1 Parametri idrologici

4.4.1.a Temperatura

La temperatura delle acque superficiali mostra durante l'anno il tipico andamento sinusoidale con i valori minimi nei primi mesi invernali che tendono prima a crescere gradualmente per poi raggiungere i picchi in estate e di nuovo abbassarsi in autunno e a fine anno (Figura 26). Tali andamenti si verificano in maniera evidente negli strati superficiali, mentre nello strato prossimo al fondale, l'andamento è più lineare ed omogeneo, con un'attenuazione dei massimi e dei minimi soprattutto nelle stazioni al largo.

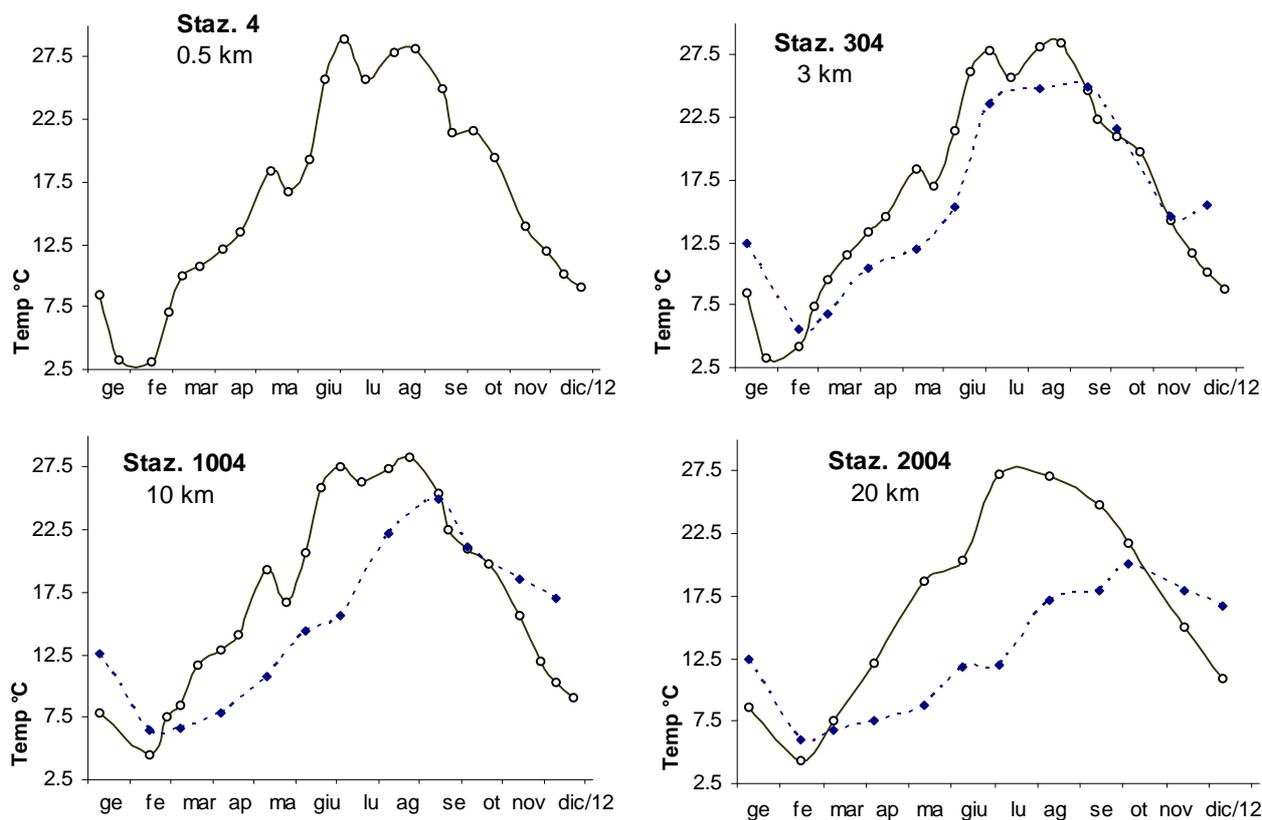


Figura 26 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Porto Garibaldi

I valori medi stagionali elaborati sono riportati in Figura 27. Variazioni su piccola scala temporale dei valori di temperatura in superficie sono per lo più dovute agli apporti fluviali, a incrementi di biomassa microalgale in sospensione che determinano un maggior assorbimento della radiazione solare, oppure a particolari situazioni idrodinamiche (*upwelling*) o a moto ondoso e spostamenti laminari di masse d'acqua.

Il caldo intenso e prolungato iniziato a metà giugno ha portato ad un conseguente riscaldamento delle acque di superficie che ha determinato, come avviene di solito, la formazione di termoclini più o meno marcati con escursioni termiche anche di 14-15°C (Figura 28).

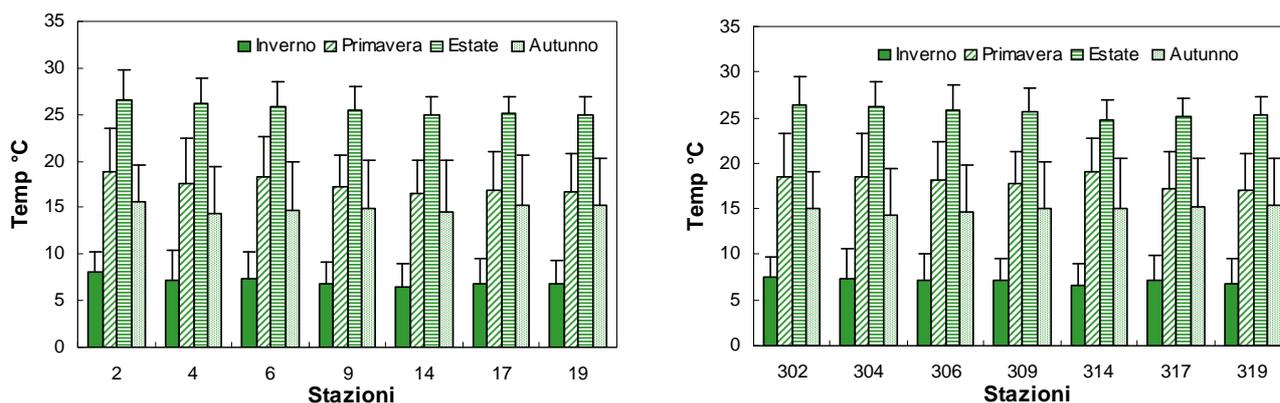


Figura 27 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura nelle acque di superficie calcolate per le stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

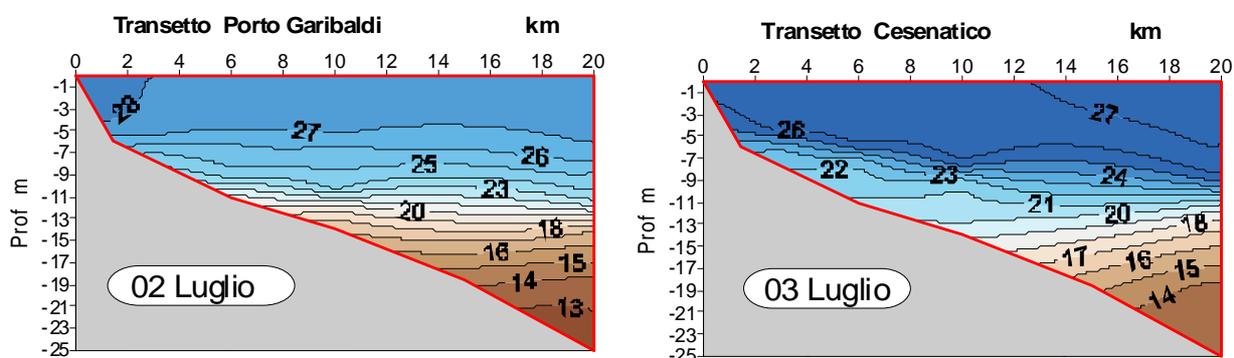


Figura 28 – Isolinee di temperatura (°C) lungo i transetti di Porto Garibaldi (2 luglio) e Cesenatico (3 luglio)

Anche durante i mesi più freddi si possono instaurare situazioni idrologiche diverse tra gli strati superficiali e quelli di fondo; le isolinee di temperatura sulla colonna d'acqua evidenziano come tali situazioni siano molto marcate (Figura 29).

In occasioni di eventi che producono un forte idrodinamismo delle masse d'acqua come mareggiate, giornate di vento intenso o forti correnti marine si ha come conseguenza immediata un rimescolamento di tutta la colonna d'acqua e quindi una omogeneizzazione tra superficie e fondo di tutti i parametri idrologici tra cui la temperatura (Figura 30).

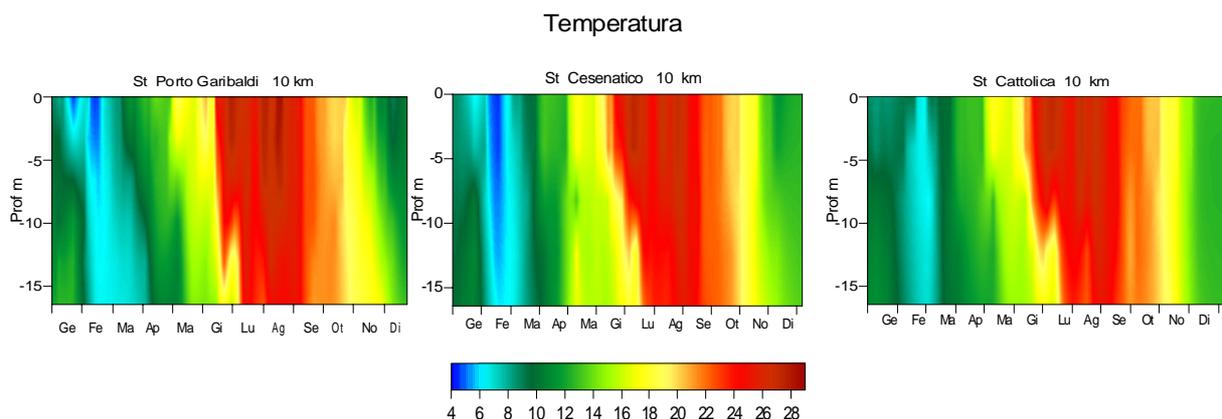


Figura 29 – Isolinee della temperatura rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

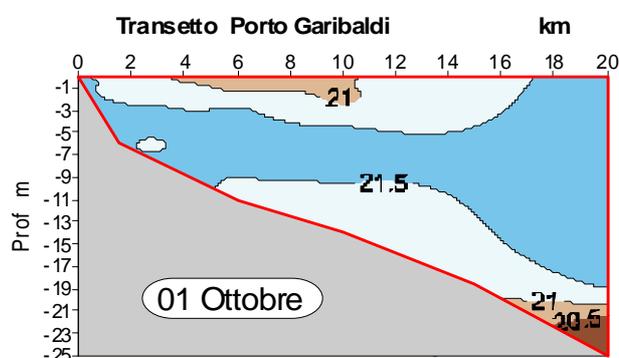


Figura 30 - Isolinee della temperatura (°C) lungo il transetto di Porto Garibaldi (01 ottobre)

Un evento che merita segnalazione è quello riconducibile agli effetti dei forti venti di Bora che si sono verificati nel febbraio 2012, con un raffreddamento eccezionale delle acque dell'Adriatico settentrionale. Analogie storiche vengono riportate nei casi osservati nel mese di febbraio del 1956 e del 1929. In quest'ultimo caso lo studioso Aristocle Vatova, direttore dell'Istituto di Biologia Marina di Rovigno, descrisse il forte raffreddamento subito dalle acque dell'Alto Adriatico e i suoi effetti sulla ittiofauna, che mostrano molte analogie con le osservazioni attuali.

La condivisione di dati e informazioni degli Istituti Scientifici e Agenzie per l'Ambiente hanno permesso di definire il quadro generale a livello di bacino Nord Adriatico, compresa la situazione meteorologica che ha determinato il prolungato afflusso di masse d'aria fredda dal Nord-Est europeo (Russia continentale) tra il 29 gennaio e il 13 febbraio. Ciò ha determinato un repentino abbassamento della temperatura dell'acqua (diminuzione dai 9–10°C di fine gennaio ai 4°C di inizio febbraio), con minimi termici delle acque inferiori ai 3°C. L'evento di Bora, con raffiche superiori a 97 km/h per 15 giorni consecutivi, è da considerarsi eccezionale così come il raffreddamento che hanno subito le masse d'acqua del Nord Adriatico. Nel bacino si sono formate acque a densità elevata, generate dall'azione di raffreddamento e di evaporazione su masse d'acqua che presentavano già un'elevata concentrazione salina a causa degli scarsissimi apporti di acque fluviali dei mesi precedenti (da Figura 31 a Figura 33).

Il raffreddamento delle acque è stato intenso e repentino e ha causato la moria di alcune specie particolarmente sensibili quali mormore, ombrine, canocchie, seppie e lo spiaggiamento di numerose tartarughe marine. Ha inoltre ritardato l'“atterramento” delle seppie per la deposizione delle uova e la crescita ponderale delle triglie e di pesci bentonici.

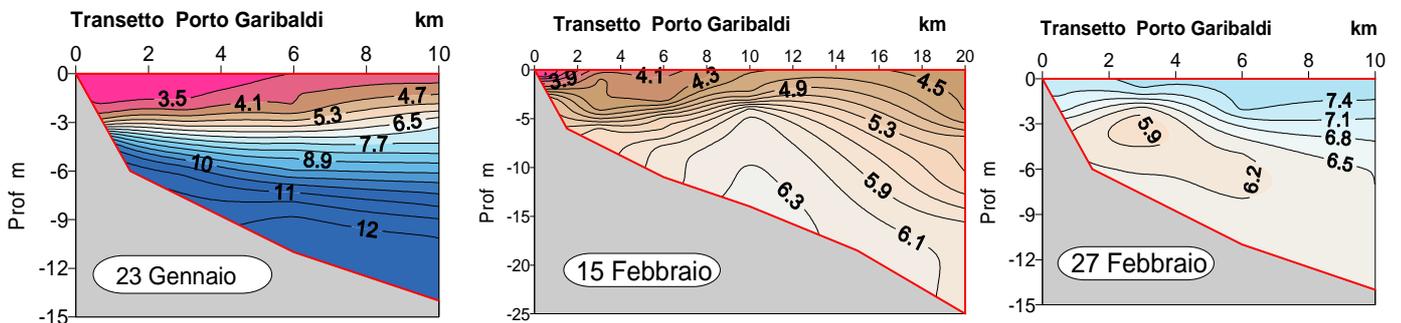


Figura 31 – Isolinee di temperatura (°C) lungo il transetto di Porto Garibaldi il 23 gennaio, il 15 febbraio e il 27 febbraio

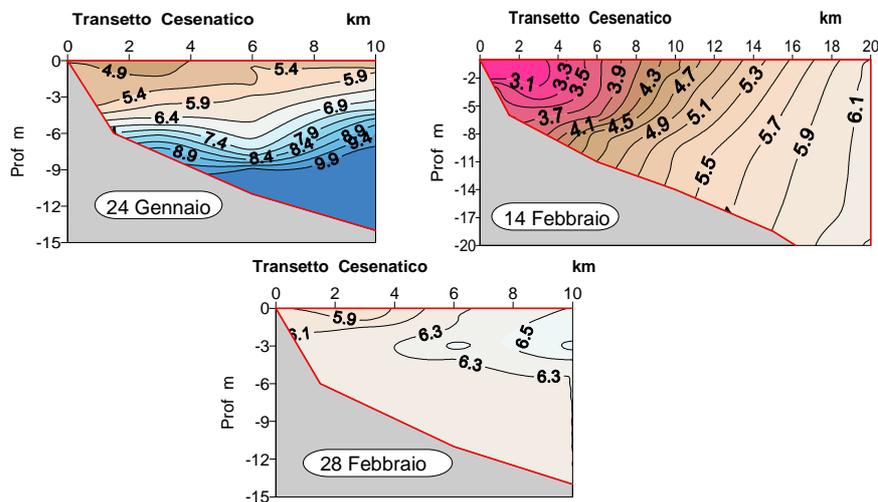


Figura 32 - Isolinee di temperatura (°C) lungo il transetto di Cesenatico il 24 gennaio, il 14 febbraio e il 28 febbraio

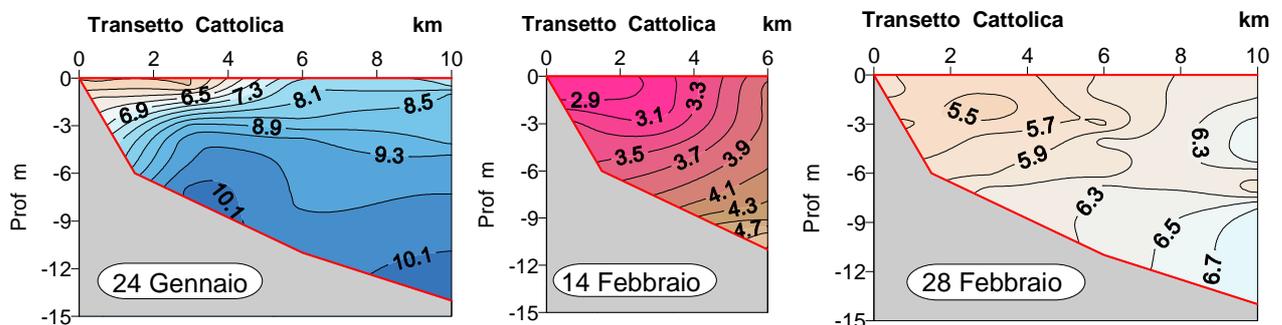


Figura 33 - Isolinee di temperatura (°C) lungo il transetto di Cattolica il 24 gennaio, il 14 febbraio e il 28 febbraio

Da Figura 34 a Figura 39 sono stati confrontati i dati di temperatura, salinità e densità rilevati in gennaio-febbraio 2012 con i dati rilevati nel quinquennio 2007-2011, al fine di evidenziare l'omogeneità dei parametri tra gli strati superficiali e di fondo, la netta e marcata inflessione della temperatura nel 2012, elevata densità e salinità nel periodo in esame.

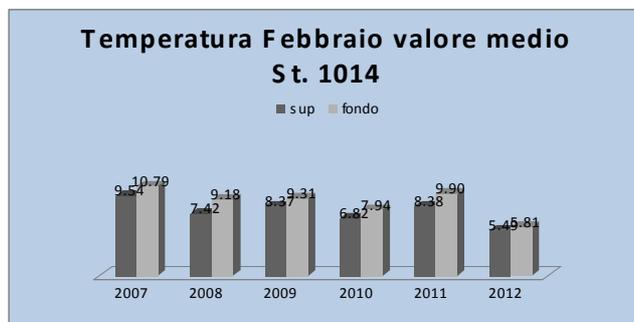
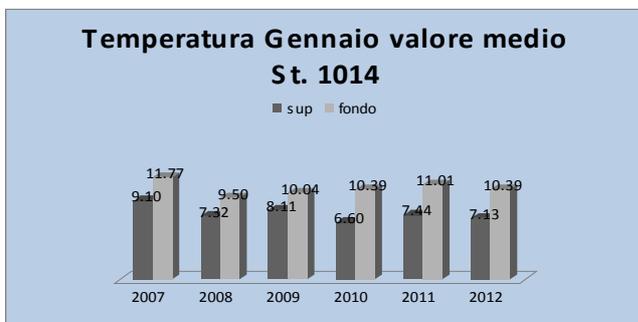


Figura 34 – Valori medi mesi (gennaio – febbraio) temperatura acque superficiali e di fondo periodo 2007 – 2012 stazione 1014



Figura 35 – Valori medi mesi (gennaio - febbraio) salinità acque superficiali e di fondo periodo 2007 – 2012 stazione 1014

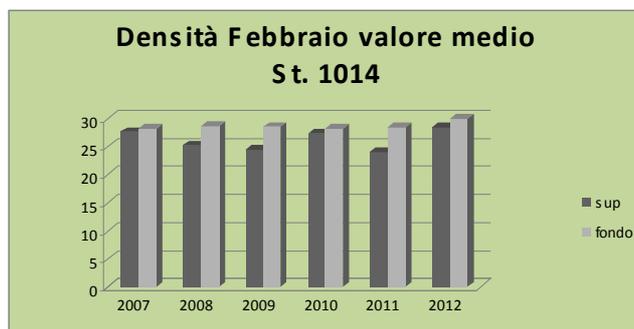


Figura 36 – Valori medi mesi (gennaio - febbraio) densità acque superficiali e di fondo periodo 2007 – 2012 stazione 1014

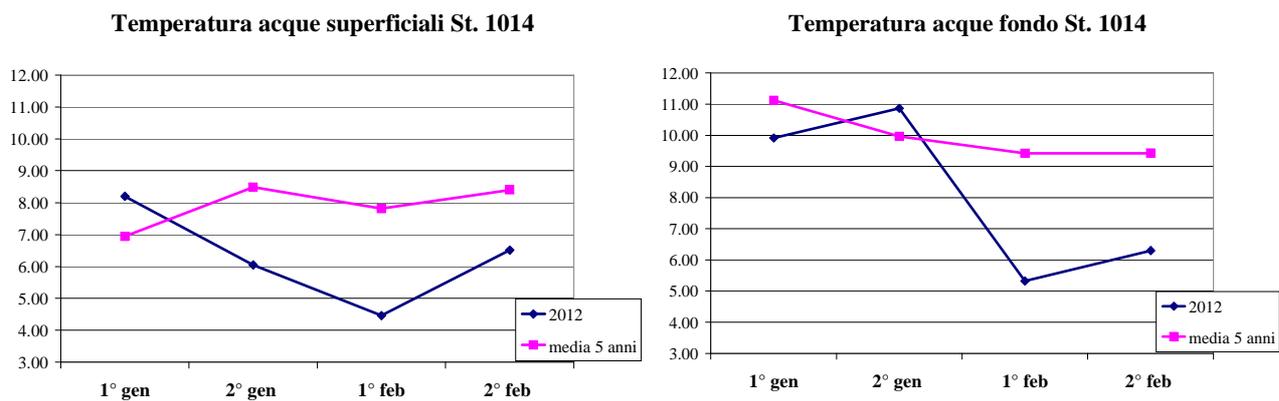


Figura 37 – Confronto tra le medie quindicinali di temperatura delle acque superficiali e di fondo rilevate in gennaio-febbraio 2012 con le medie quindicinali rilevate nel quinquennio 2007-2011

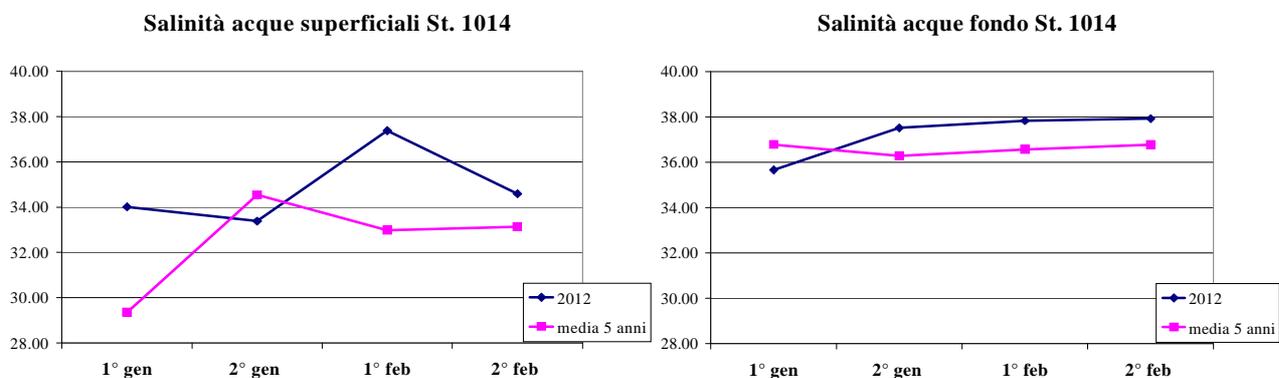


Figura 38 – Confronto tra le medie quindicinali di salinità delle acque superficiali e di fondo rilevate in gennaio-febbraio 2012 con le medie quindicinali rilevate nel quinquennio 2007-2011

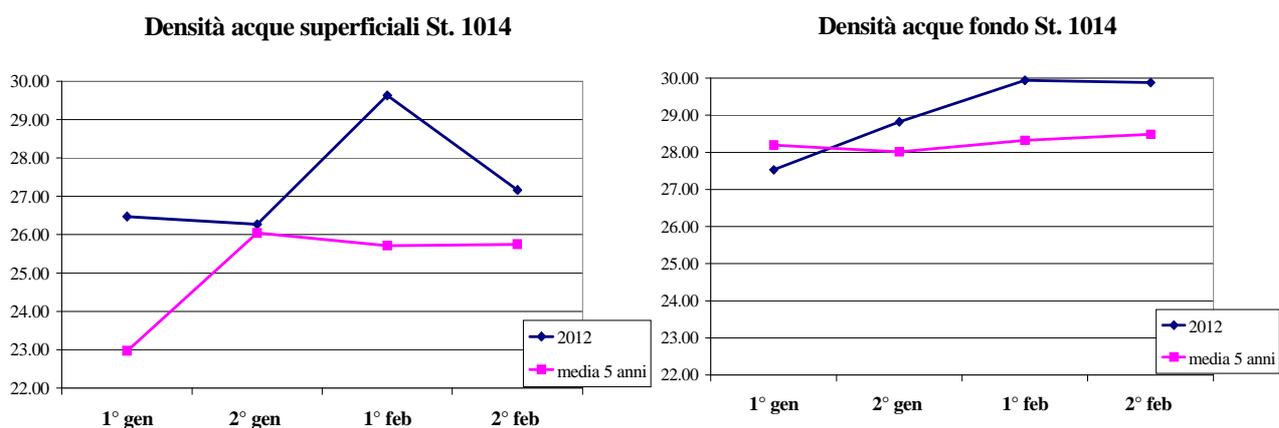


Figura 39 – Confronto tra le medie quindicinali di densità delle acque superficiali e di fondo rilevate in gennaio-febbraio 2012 con le medie quindicinali rilevate nel quinquennio 2007-2011

4.4.1.b Salinit 

Gli andamenti della salinit  sono, anche per il 2012, contraddistinti da una marcata variabilit  in tutte le stazioni monitorate, sia sotto costa che al largo pi  evidente nelle stazioni centro settentrionali rispetto a quelle meridionali. Questa variabilit    sempre ben correlata ai regimi di portata fluviale, molto influenti in questa parte di Adriatico nord-settentrionale, che congiuntamente all'azione di miscelamento operato del moto ondoso e a situazioni particolari come *upwelling* (venti spiranti da terra che richiamano verso costa acque di fondo con caratteristiche idrologiche diverse), contribuiscono in poco tempo a modificare le condizioni ambientali dell'ecosistema marino.

Nella Figura 40 sono rappresentate le portate annuali del Po, rilevate a Pontelagoscuro (FE), nel 2012 e nel 2011 con la media annuale.

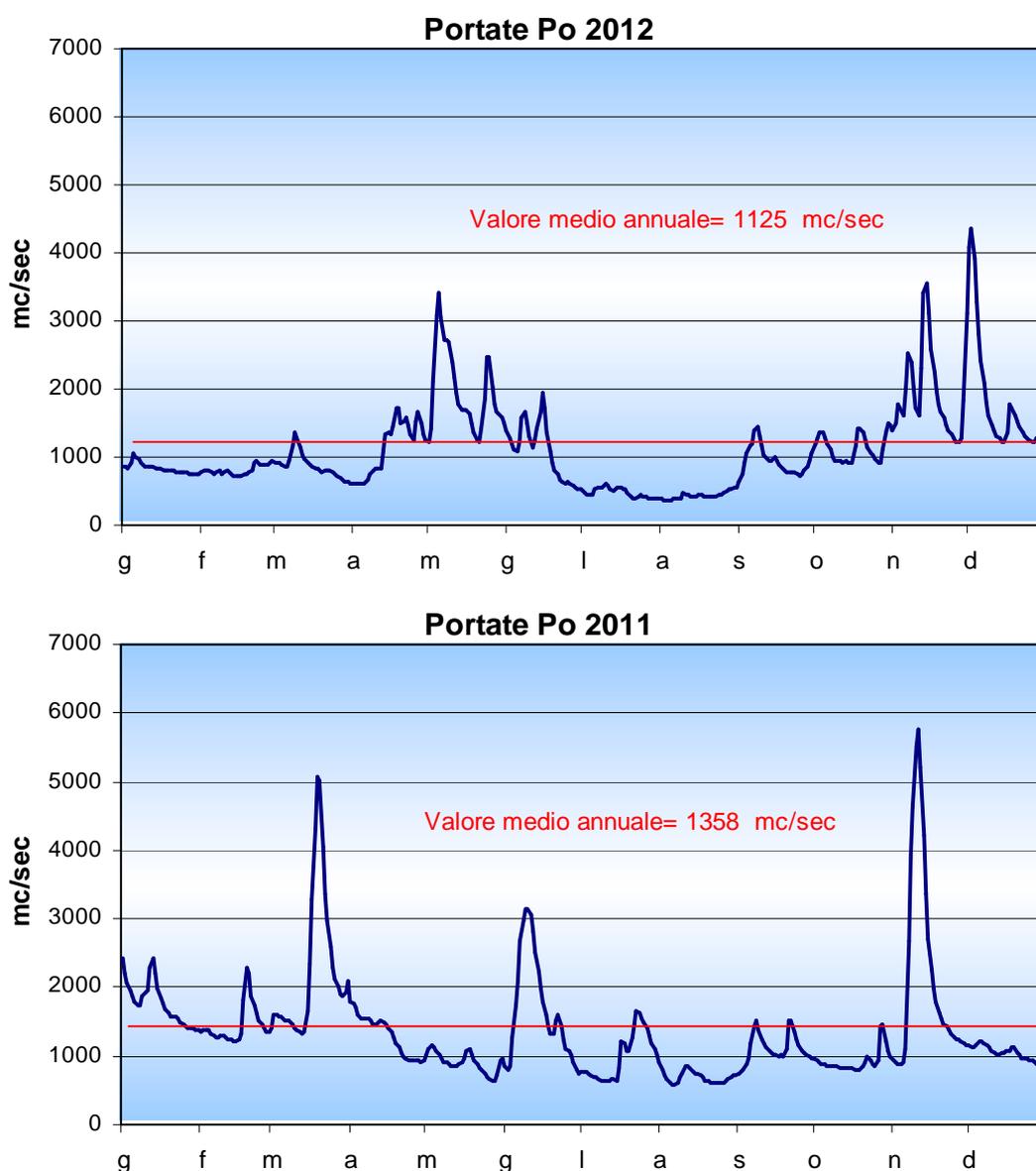


Figura 40 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2011 e nel 2012 (Fonte: Arpa SIMC)

Nel 2012 si possono individuare 2 raggruppamenti di picchi di portata aprile-giugno e novembre-dicembre; una anomalia è l'assenza di picchi nei primi mesi dell'anno.

La portata media annuale nel 2012 si attesta su 1125 mc/sec, inferiore rispetto a 1358 mc/sec registrato nel 2011, e inferiore anche rispetto alla media climatologia sul lungo periodo (1917-2012) di 1482 mc/sec. Nella Figura 41 il valore medio annuale di portata nel 2012 si pone tra i valori minimi annuali riscontrati nell'ultimo trentennio, il più basso è stato registrato nel 2007, a seguire nel 2006, 2005, 2003 e 1990.

Il picco massimo di portata si è rilevato il 2 dicembre con 4349 mc/sec, mentre a maggio dal 24 al 26 si sono avute portate medie superiori ai 2000 mc/s. Anche nei primi 18 giorni di giugno le portate si sono aggirate sui 1000 mc/s. Confrontando i valori medi mensili di portata nel 2012 con quelli del periodo storico 1917-2011 (Figura 42) non si evidenziano particolari anomalie di tendenza; si osserva una diminuzione media della portata nei primi tre mesi dell'anno e nel periodo estivo-autunnale. È ad agosto, il giorno 4, che si registra il valore più basso pari a 355 mc/s anche se le portate nei giorni precedenti non variano di molto. Al contrario, valori superiori alla media storica si rilevano dalla metà di novembre fino a fine anno.

Medie annuali 1982 - 2012

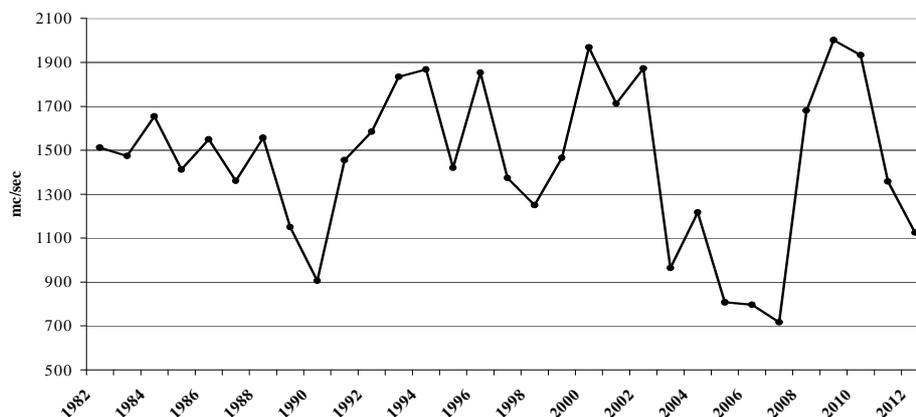


Figura 41 – Valori medi annuali portati Po dal 1982 al 2012

**Portate Po
Confronto tra medie mensili 2012 e periodo storico (1917-2011)**

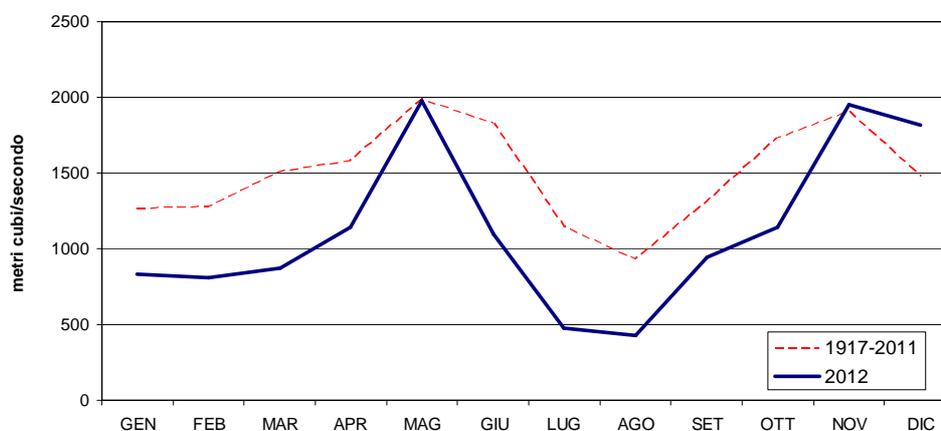


Figura 42 - Confronto delle medie mensili delle portate del Po nel 2012 con le medie calcolate per il periodo storico 1917-2011

L'andamento temporale della salinità (Figura 43) evidenzia valori molto bassi soprattutto nelle stazioni da L. di Volano a L. Adriano (area direttamente investita dagli apporti provenienti da bacino padano). Lungo il transetto di Porto Garibaldi, rappresentato in Figura 44, abbassamenti importanti dei valori di salinità hanno interessato in particolare le acque di superficie mentre negli strati più profondi le variazioni sono molto limitate sottolineando una maggior stabilità del parametro; fa eccezione un controllo del giorno 8 novembre che ha rilevato una salinità bassa (26.29 psu) sul fondo a 3 km da costa (Figura 44).

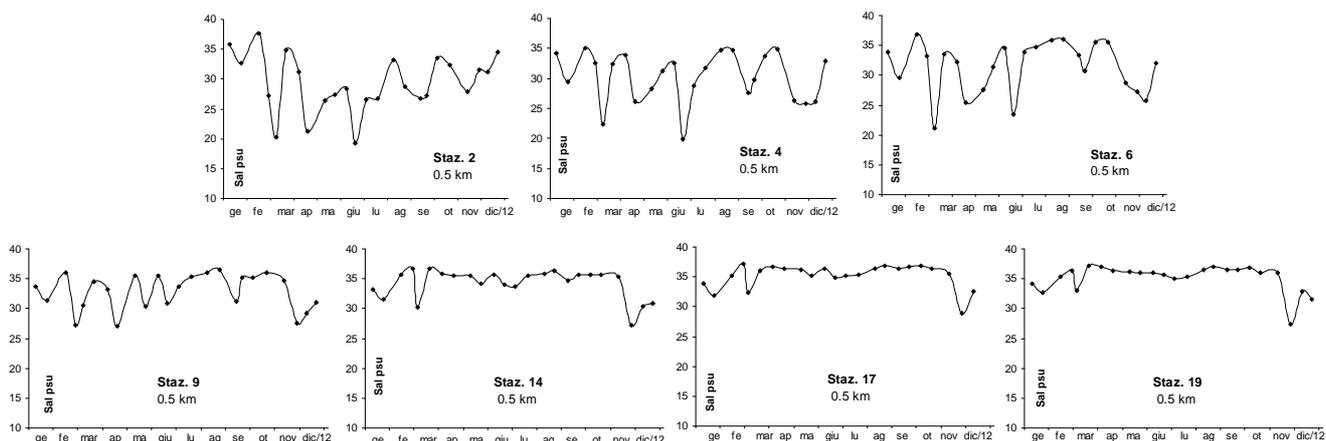


Figura 43 - Andamenti temporali della salinità in superficie nelle stazioni costiere

L'influenza degli apporti di acqua dolce in concomitanza dei massimi apporti dai fiumi ha interessato quote della colonna d'acqua fino a 4-5 m di profondità. Nella Figura 45 sono rappresentate le isolinee di salinità misurate a cadenza quindicinale nelle stazioni al largo (10 km) davanti a L. di Volano e Cattolica che sottolineano il diverso andamento del parametro nella zona più a nord rispetto alla zona più meridionale.

Gli ultimi monitoraggi dell'anno hanno registrato abbassamenti di salinità anche nell'area più meridionale in concomitanza ad eventi di pioggia che hanno portato immissioni di acque dolci dai bacini costieri.

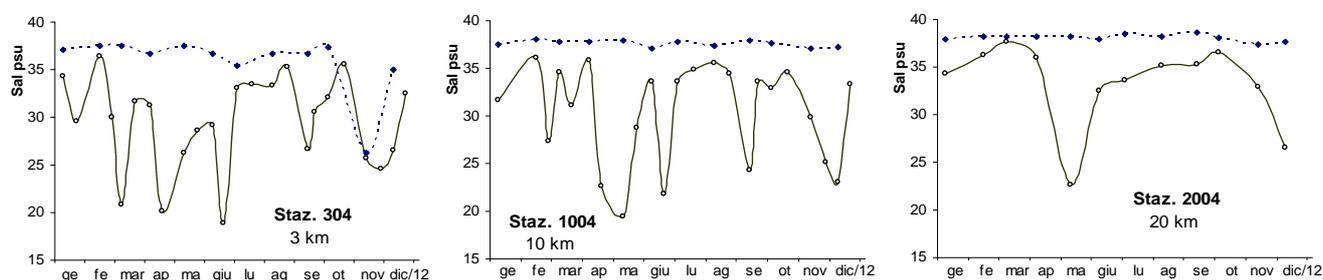


Figura 44 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km

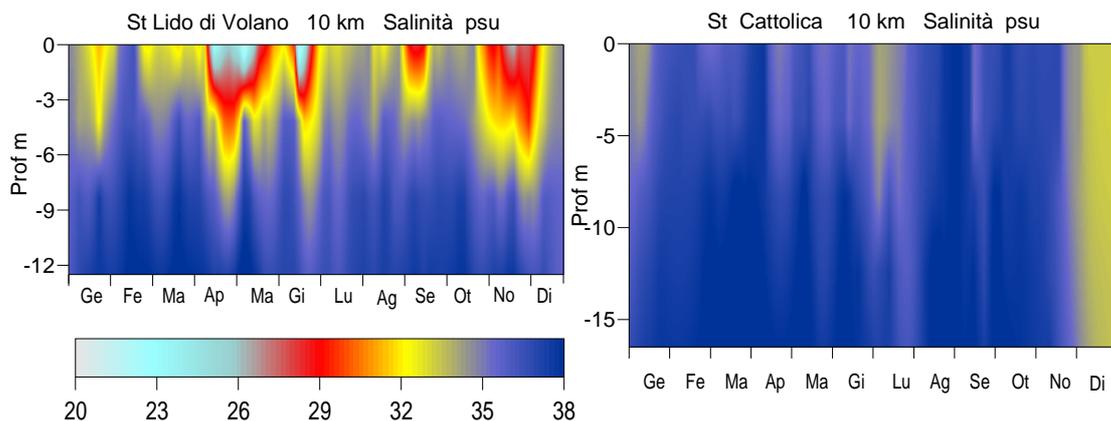


Figura 45 – Isolinee della salinità rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di L. di Volano e Cattolica

La salinità è un elemento importante nel definire i campi di densità e stratificazione ed è un ottimo tracciante per analizzare la distribuzione di eventuali inquinanti veicolati dai fiumi. Le isolinee di Figura 46 evidenziano le stratificazioni verificatesi lungo il transetto di Porto Garibaldi il 10 maggio e il 5 dicembre dopo l'immissione in mare di abbondanti masse d'acqua dolce dal Po (3426 mc/sec portata registrata a Pontelgoscurò il 5 maggio; 3.553 mc/sec il 14 novembre e 4.349 mc/sec il 2 dicembre), che hanno portato ad una diluizione delle acque superficiali sia in costa che al largo.

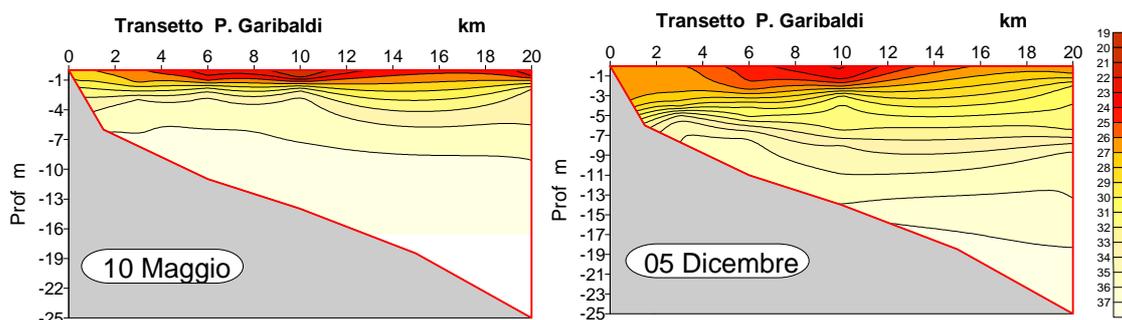


Figura 46 – Isolinee di concentrazione della salinità (psu) lungo il transetto di Porto Garibaldi il 10 maggio e il 5 dicembre

Nella Figura 47 sono rappresentate le medie annuali della salinità sia in costa che al largo che sottolineano il trend in aumento sia nord-sud che costa-largo.

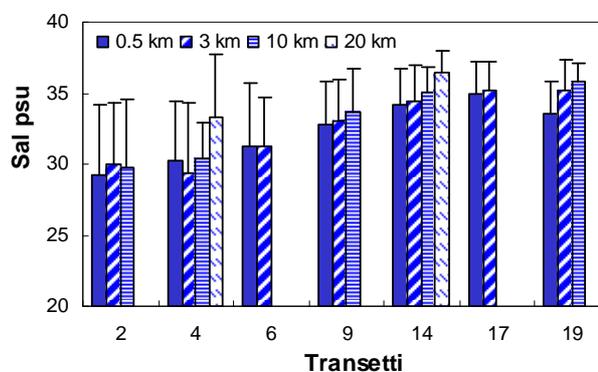


Figura 47 – Valori medi annuali e deviazioni standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni a 0.5, 3, 10, e 20 km dalla costa

Le medie stagionali (Figura 48) evidenziano i valori più bassi in primavera soprattutto per le stazioni settentrionali, mentre per le stazioni centro-meridionali si osservano in autunno. Il valore più basso di salinità registrato in superficie è stato di 18.89 psu il 18 giugno 2013 a 3 km dalla costa nelle acque antistanti Porto Garibaldi.

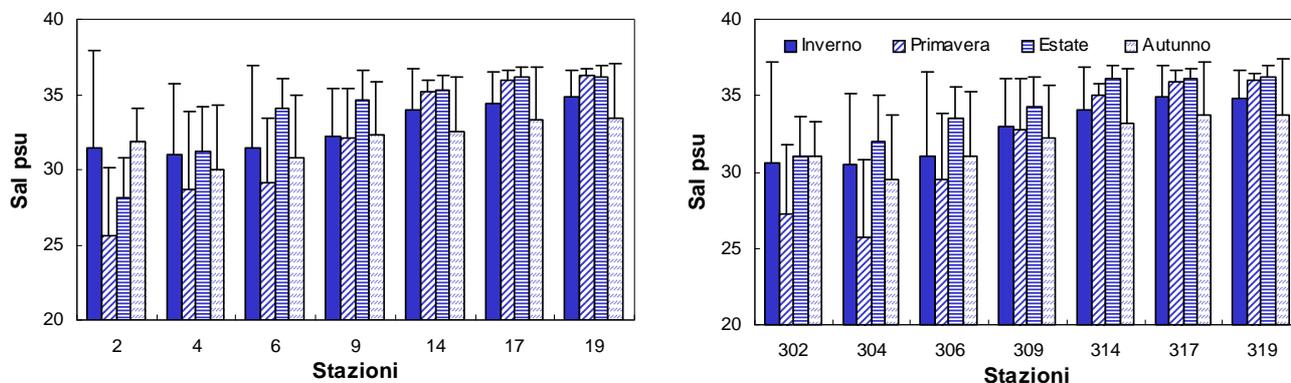


Figura 48 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità in superficie calcolati per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

4.4.1.c Ossigeno disciolto

L'andamento temporale dell'ossigeno disciolto, importante indicatore dello stato trofico di un ecosistema, è strettamente correlato alla biomassa autotrofa presente in sospensione nell'ambiente marino. L'andamento medio annuale (Figura 49) evidenzia in generale valori più bassi di ossigeno negli strati di fondo nelle stazioni più settentrionali di solito maggiormente interessate da eventi ipossici/anossici. Nelle acque di fondo i valori più bassi (sottosaturazione) sono attribuiti alla richiesta di ossigeno da parte di organismi eterotrofi, appartenenti alla catena trofica dei detritivori, che attraverso i processi metabolici e respiratori degradano la sostanza organica, rappresentata dalle microalghe, che si deposita sul fondo.

Le medie stagionali elaborate in Figura 50 per le acque superficiali confermano in tutte le stazioni concentrazioni più elevate nel periodo invernale, quando la biomassa microalgale è più abbondante e le temperature più fredde aumentano la solubilità dell'ossigeno atmosferico, e concentrazioni più basse in estate.

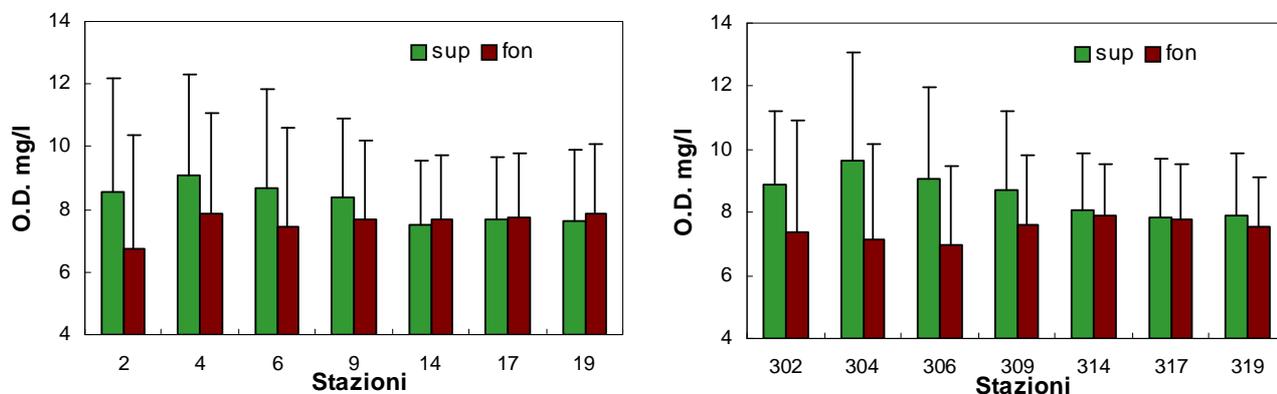


Figura 49 – Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

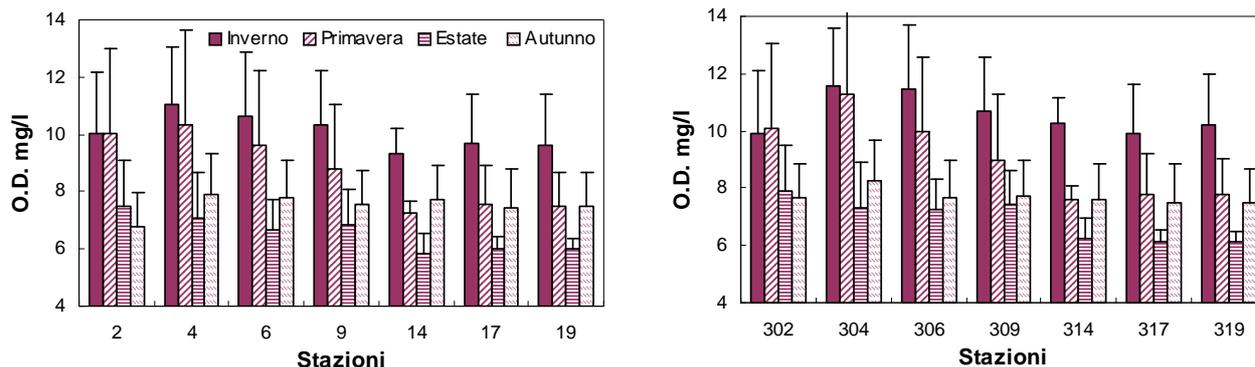


Figura 50 - Valori medi stagionali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le fluttuazioni attorno al valore fisico di saturazione (100%) dipendono generalmente dall'apporto di ossigeno prodotto dai processi fotosintetici della componente microalgale. (Figura 51, Figura 53).

Nel 2012 non si sono verificati eventi ipossici/anossici critici di lunga durata tali da causare ripercussioni a livello delle biocenosi di fondo. Il periodo più critico si è presentato a fine agosto inizio settembre con i valori di ossigeno di fondo bassi rimasti localizzati e circoscritti nella zona più settentrionale e vicino alla costa. Questa area rimane sempre quella più sensibile perché esposta ad eventi eutrofici più importanti e duraturi. I fattori che concorrono a creare condizioni di sofferenza in termini di mancanza di ossigeno in profondità sono: l'innalzamento delle temperature, la presenza di materiale organico in decomposizione, la stasi idrodinamica e la stratificazione termica che limita gli scambi tra gli strati superficiali e quelli di fondo.

Il valore più basso di ossigeno sul fondo pari 0.58 è stato misurato il 10 settembre nella stazione 3 (0.5 km davanti a Lido delle Nazioni).

In Figura 52 sono state elaborate le distribuzioni delle concentrazioni dell'ossigeno disciolto sul fondo durante i monitoraggi di agosto, settembre e novembre; durante questi controlli si sono rilevati valori più bassi evidenziando un'estensione limitata prevalentemente alla zona più settentrionale.

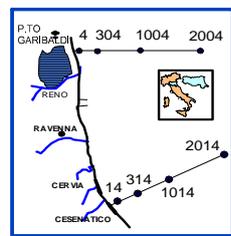
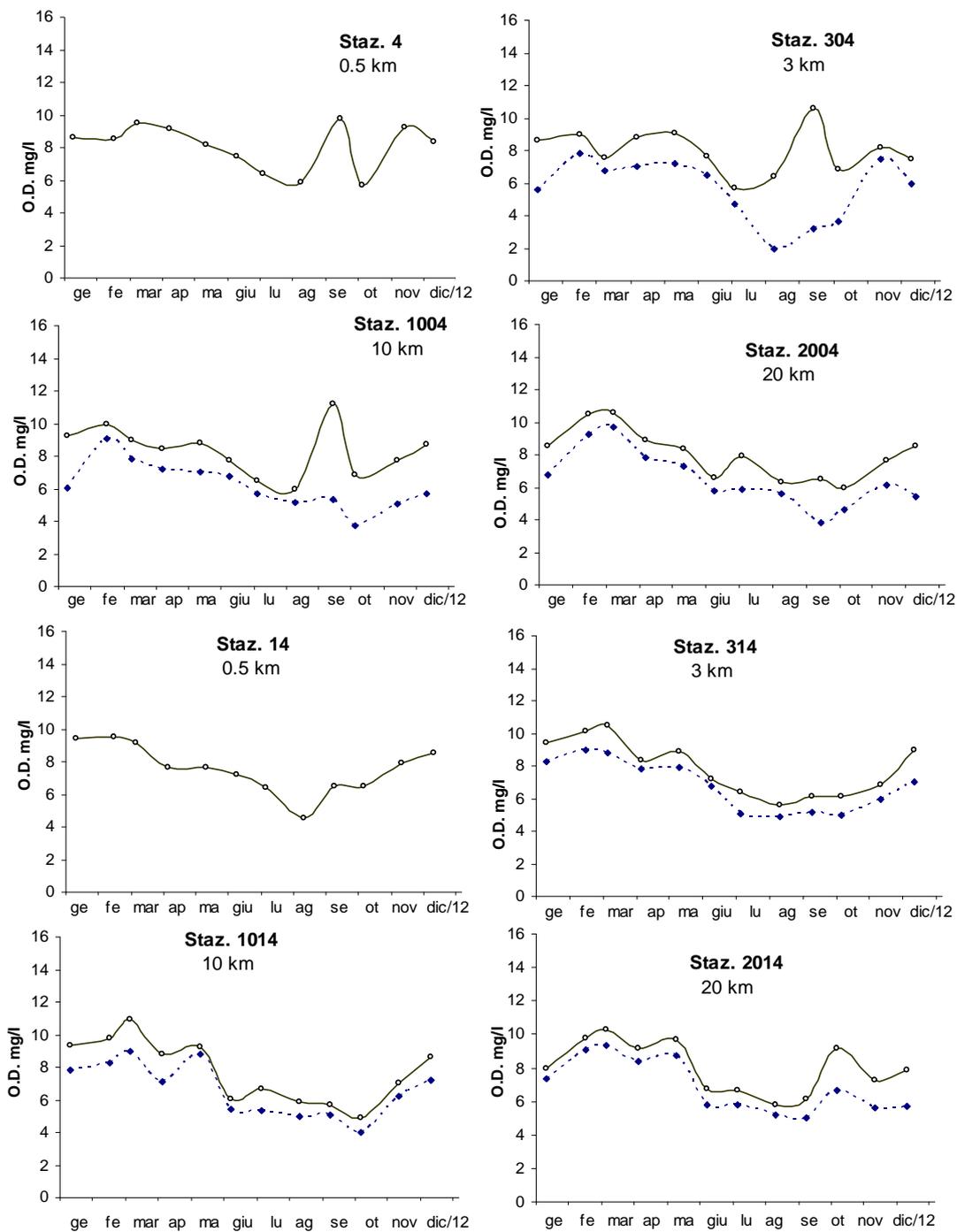
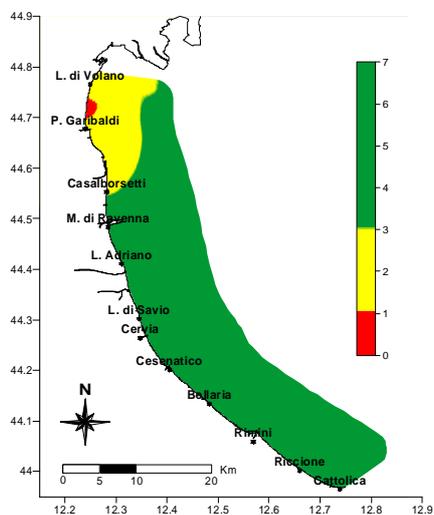


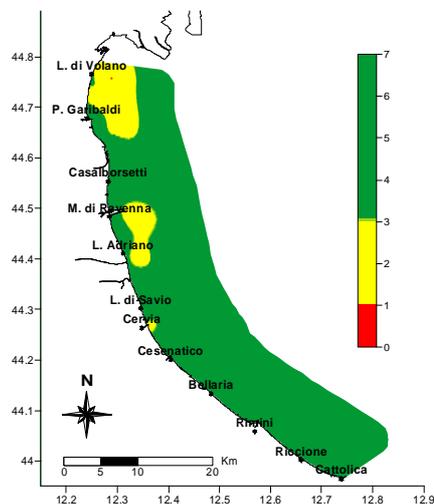
Figura 51 – Andamenti temporali dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiate) nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

Ossigeno di fondo mg/l

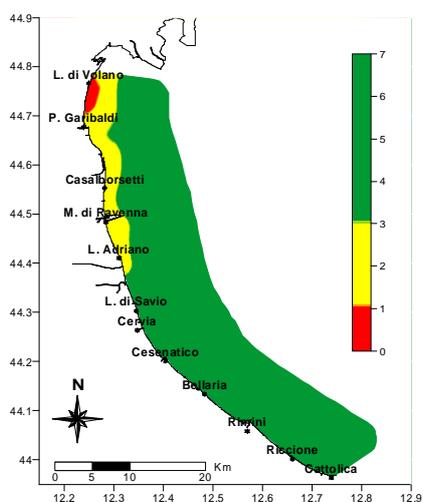
20-21 agosto 2012



06-07 agosto 2012



10-12 Settembre 2012



22-23 Novembre 2012

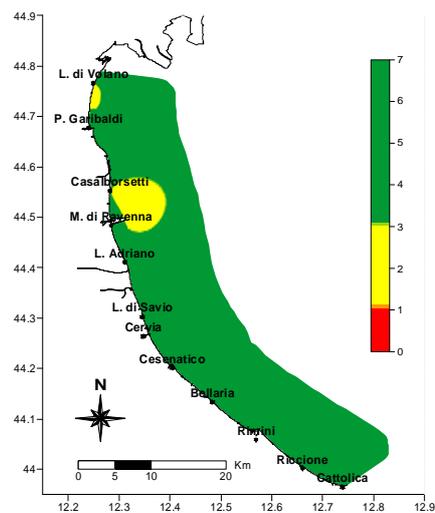


Figura 52 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo lungo la costa rilevati in alcuni monitoraggi eseguiti durante l'anno

4.4.1.d Clorofilla “a”

La concentrazione di clorofilla “a” fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque; viene utilizzata per stimare indirettamente la biomassa fitoplanctonica. Esso 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.

Analizzando gli andamenti temporali del parametro in superficie (Figura 53) lungo i transetti di P. Garibaldi e Cesenatico, si nota come gli eventi associabili a stati eutrofici siano rari, sotto costa e concentrati in particolare nella prima parte dell’anno.

Nelle stazioni sottocosta (0.5 e 3 km) si sono registrate le massime concentrazioni di clorofilla “a”; in particolare nel transetto di Porto Garibaldi nei primi mesi dell’anno; nel restante periodo si mantengono bassi con l’eccezione di alcuni innalzamenti dei valori registrati nel mese di settembre solo nel transetto 4 (Figura 53).

In Figura 54 si nota che, nelle stazioni costiere, i quantitativi di clorofilla “a” seguono un trend negativo da nord a sud; le stazioni 2 e 6 presentano la maggior variabilità per questo parametro.

Le stazioni dalla 4 alla 9 sono quelle in cui si registrano i valori più elevati se si considera la media annuale (Figura 55). Mentre in un gradiente costa largo si instaura un decremento marcato fatta eccezione per i transetti 2, 14 e 19. Le diminuzioni di trasparenza generate anche dagli alti valori di clorofilla “a” sono ben evidenziate in Figura 56, dove in particolare nei mesi invernali le fioriture di Diatomee contribuiscono alla torbidità delle acque.

Per avere un quadro conoscitivo degli andamenti del parametro clorofilla “a”, sono stati elaborati nel lungo periodo (1982-2012) i valori medi annuali e le relative deviazioni standard nelle stazioni a 0.5 e 3 km da costa. In Figura 58 è evidenziata la forte diminuzione dei valori di clorofilla “a” per l’anno 2012 durante il quale si è interrotto il trend di crescita che si era instaurato dal 2008 al 2011.

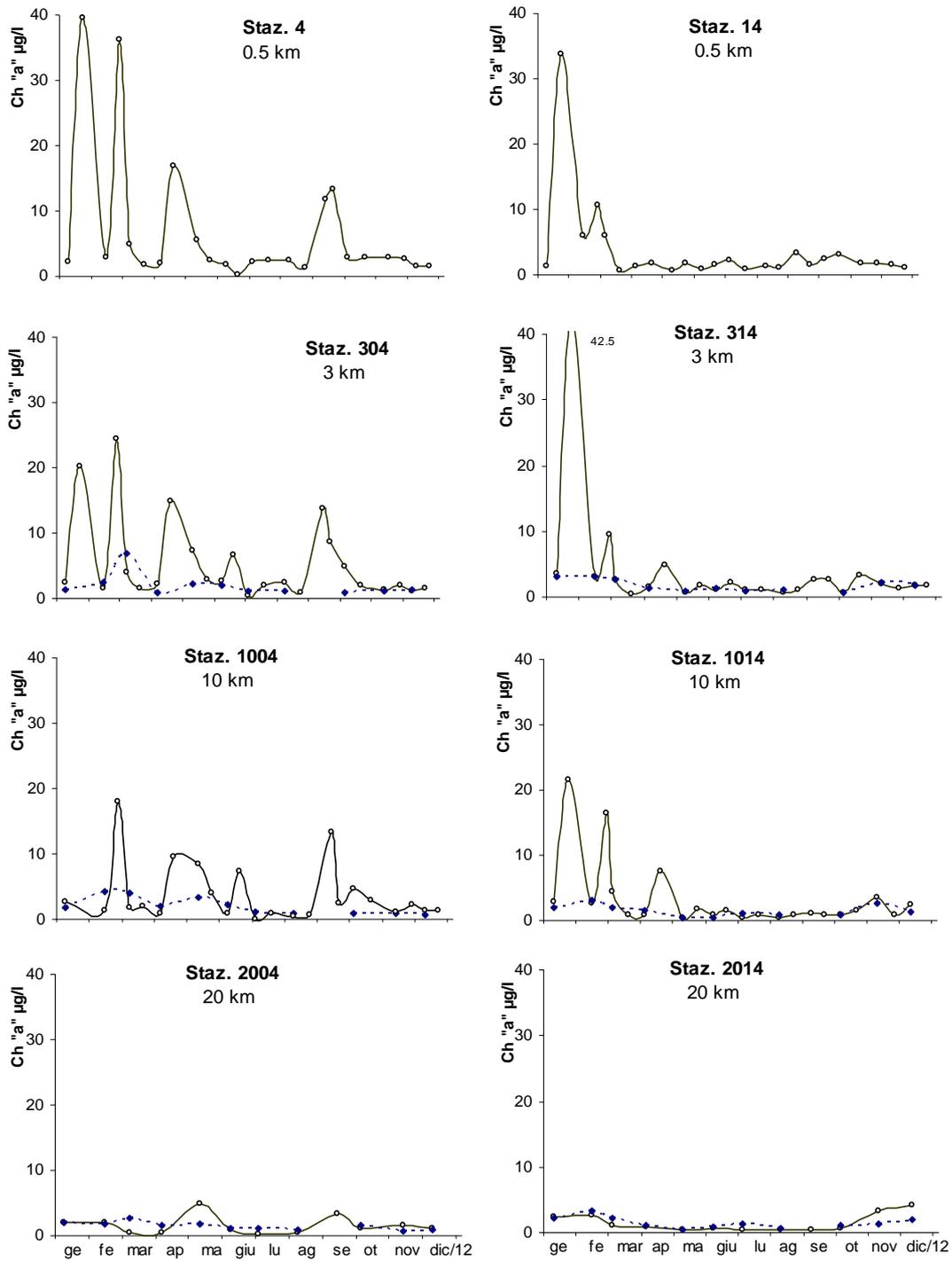


Figura 53 - Andamenti temporali di clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico

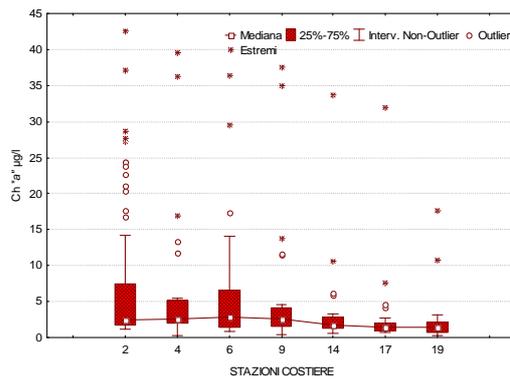


Figura 54 - Distribuzione della clorofilla "a" nelle stazioni costiere

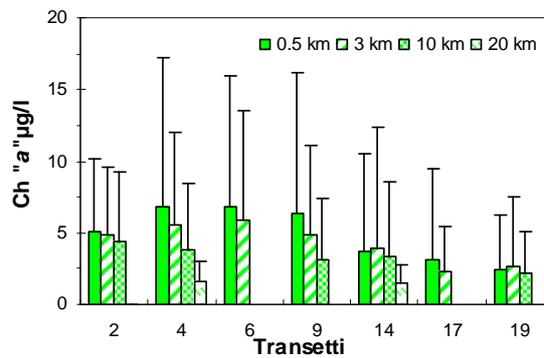


Figura 55 - Valori medi annuali e deviazioni standard della clorofilla "a" 0.5, 3, 10 e 20 km da costa

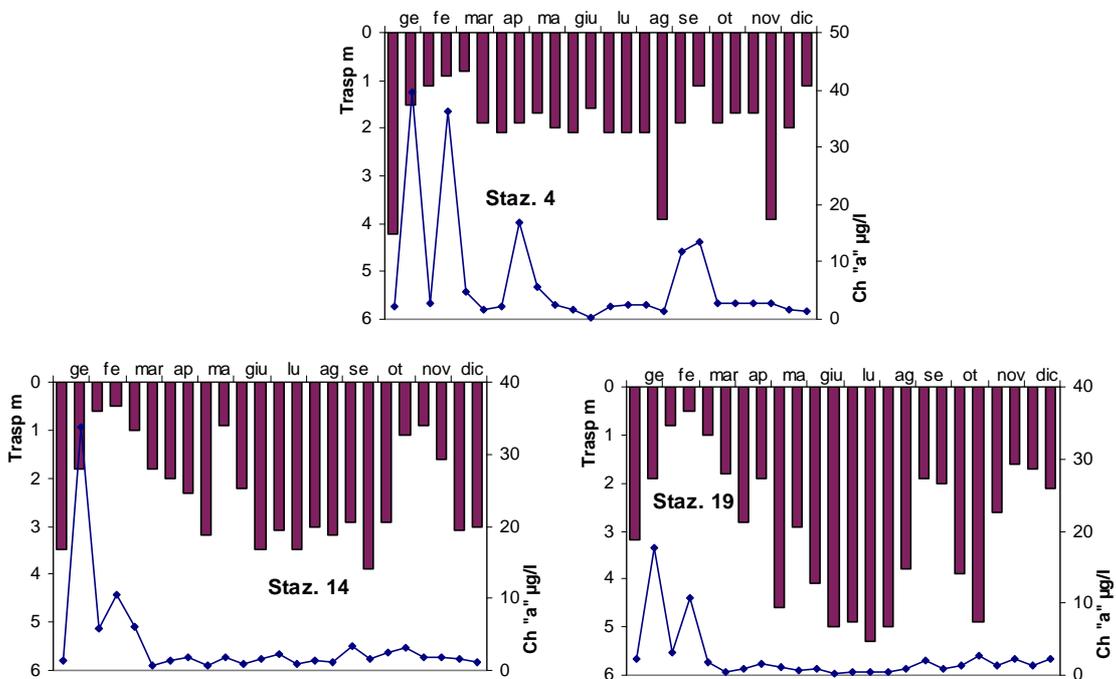


Figura 56 - Andamenti temporali della clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie in tre stazioni costiere

CLOROFILLA "a"

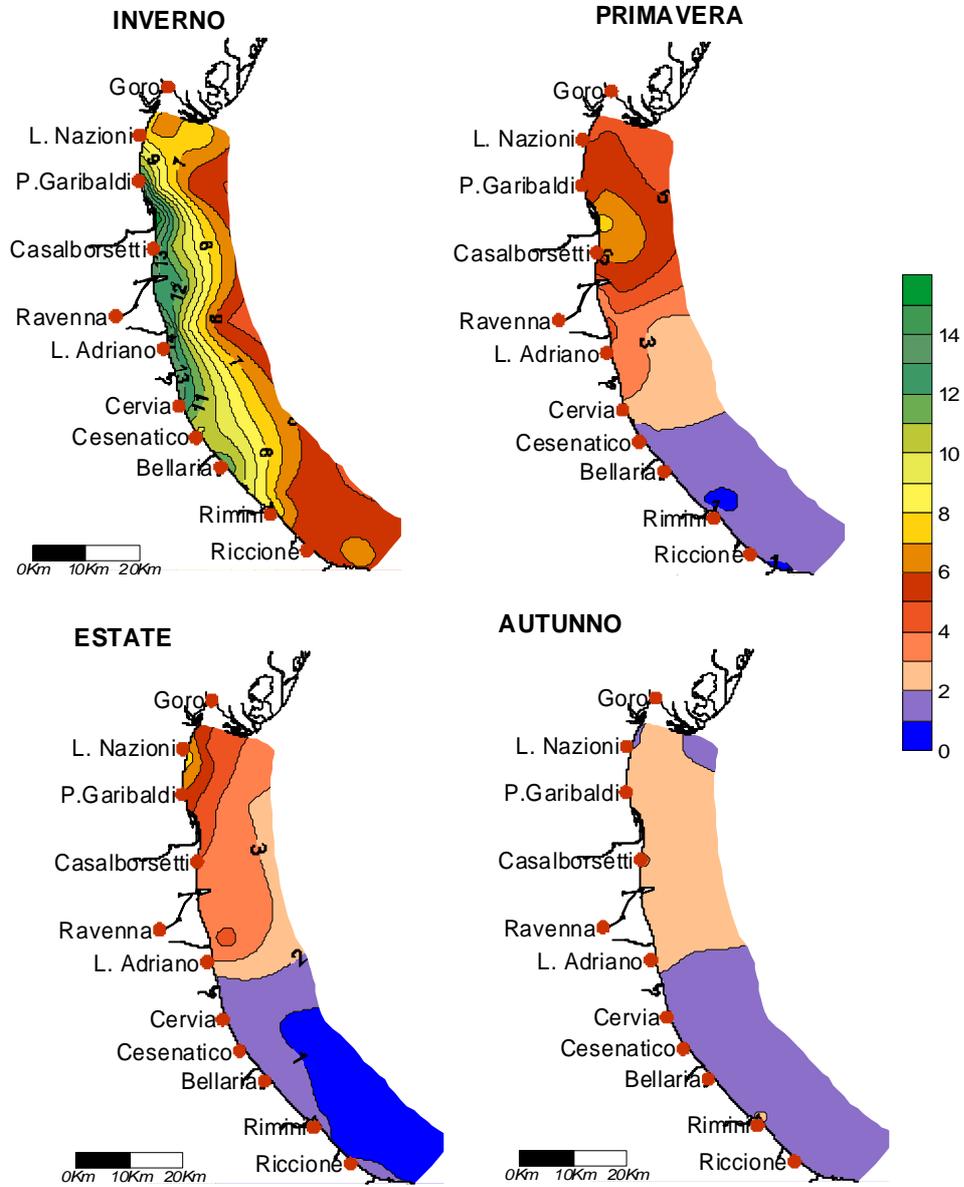


Figura 57 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

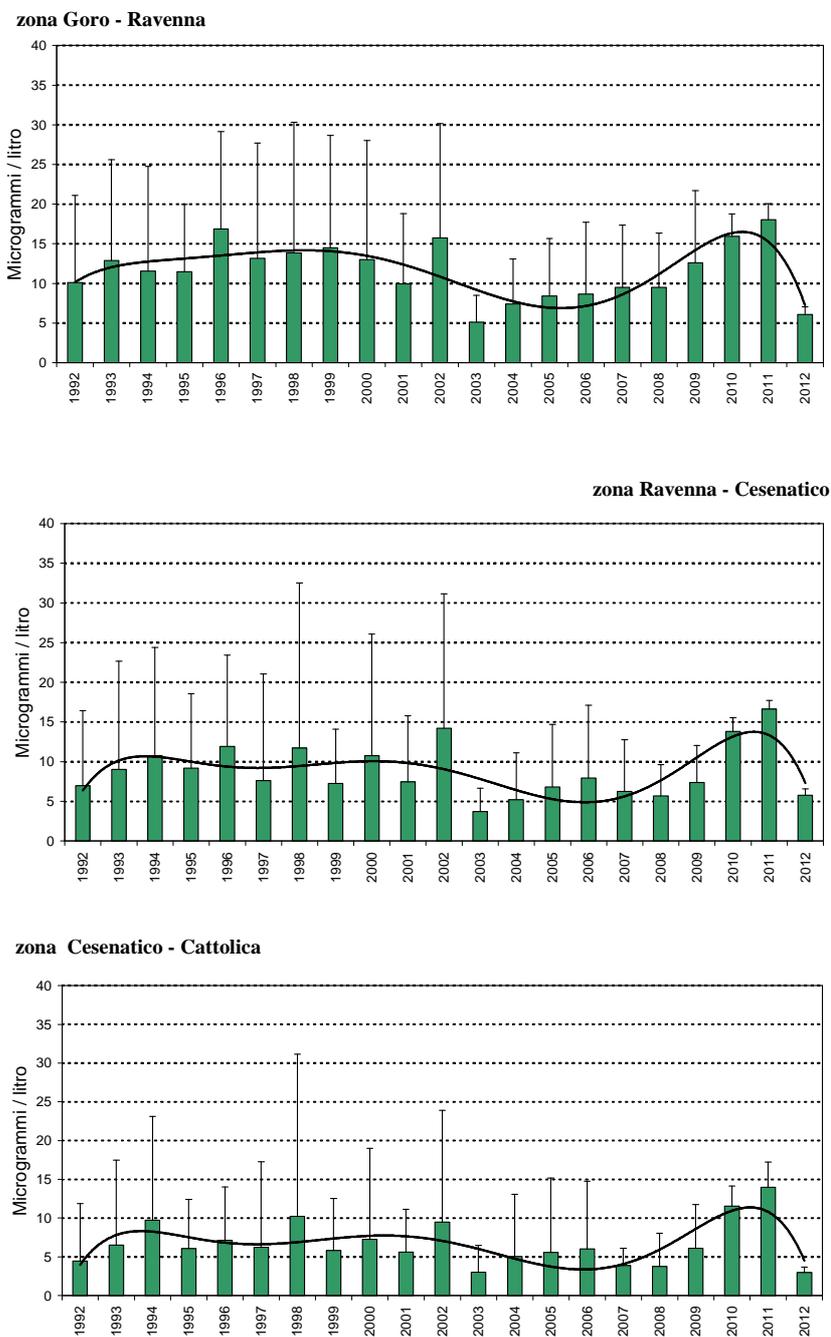


Figura 58 Andamenti dei valori medi annuali di clorofilla “a” dal 1992 al 2012 nelle stazioni a 0.5 e 3 km suddivise in tre zone

4.4.2 Elementi nutritivi

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

L'azoto nitrico rappresenta una delle componenti solubili dell'azoto e il suo andamento risulta correlato con le portate dei fiumi, in particolare del fiume Po. La distribuzione dei valori medi stagionali evidenzia le concentrazioni maggiori in inverno e autunno mentre i valori più bassi si registrano in estate (Figura 59).

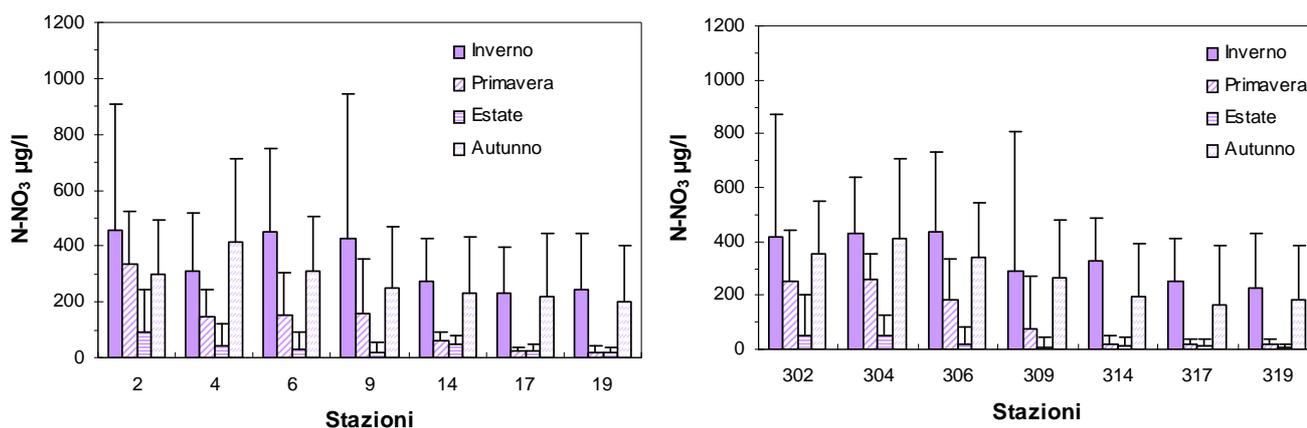


Figura 59 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Analizzando invece la distribuzione delle medie nei transetti si evidenzia un trend in diminuzione nord-sud che conferma la sensibilità maggiore della zona settentrionale nei confronti degli apporti dal bacino padano, condizione rilevata non solo nelle stazioni in costa ma anche in quelle posizionate al largo. Nelle stazioni centro-meridionali, da Cesenatico a Cattolica, al contrario si osserva un tendenza alla diminuzione nelle stazione più lontane da costa (Figura 60).

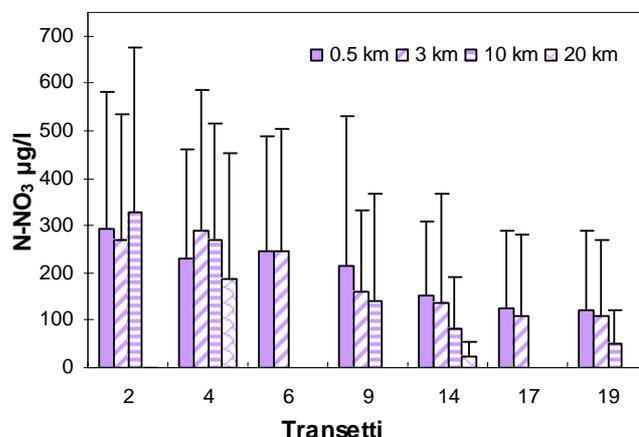


Figura 60 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'analisi dei dati temporali in Figura 61 rappresenta la distribuzione delle concentrazioni dell'azoto nitrico in superficie e sul fondo lungo i due transetti Porto Garibaldi e Cesenatico. La direttrice di Porto Garibaldi risulta in correlazione con le portate del fiume Po che contribuiscono a determinare una maggior variabilità del parametro soprattutto in superficie. Le acque degli strati prossimi al fondo mantengono sempre concentrazioni basse e andamenti omogenei.

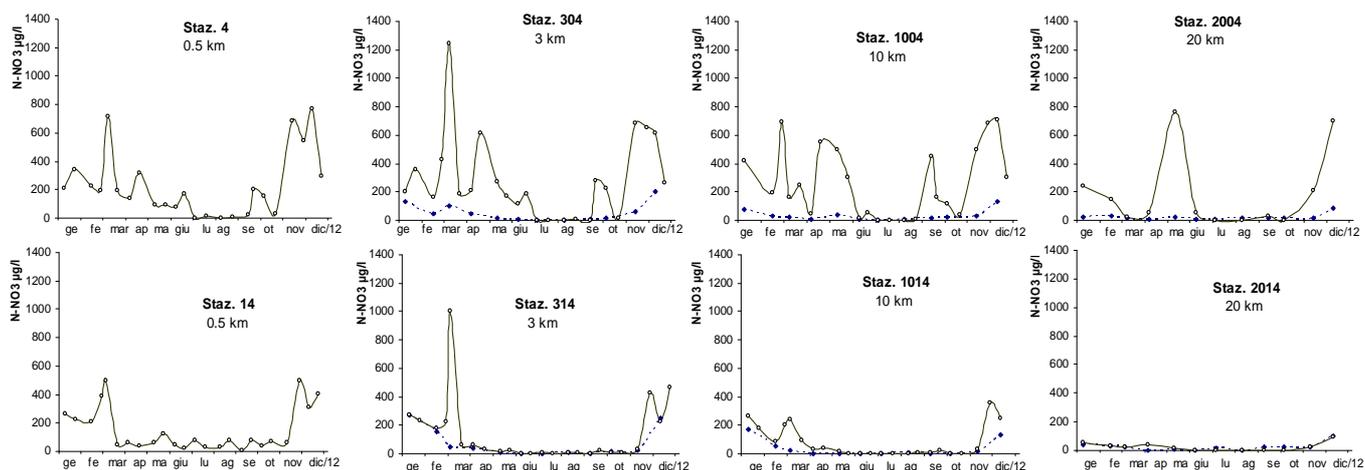


Figura 61 – Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico

I diagrammi multipli di Box e Whiskers di Figura 62 confermano la tendenza dell'azoto nitrico, nelle stazioni in costa, a diminuire da nord a sud, con una maggiore variabilità nella stazione 6.

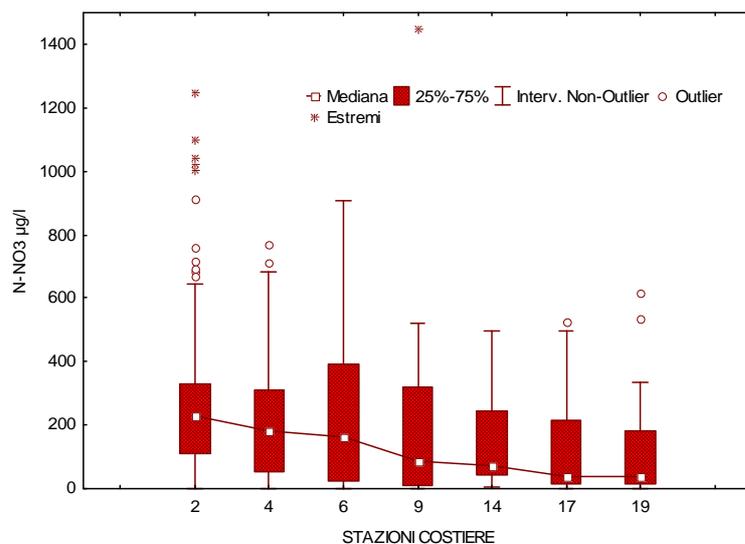


Figura 62 – Diagrammi multipli di Box e Whiskers annuali dell'azoto nitrico nelle stazioni costiere

Il valore di concentrazione massimo di N-NO₃ pari a 1447 è stato rilevato nella stazione 9 (0.5 km davanti a Lido Adriano) il 27 febbraio. Le mappe di distribuzione in superficie delle medie stagionali dell'azoto nitrico in Figura 63 sottolineano il trend nord sud e evidenziano le minime concentrazioni del parametro nel periodo estivo rispetto soprattutto all'inverno e all'autunno.

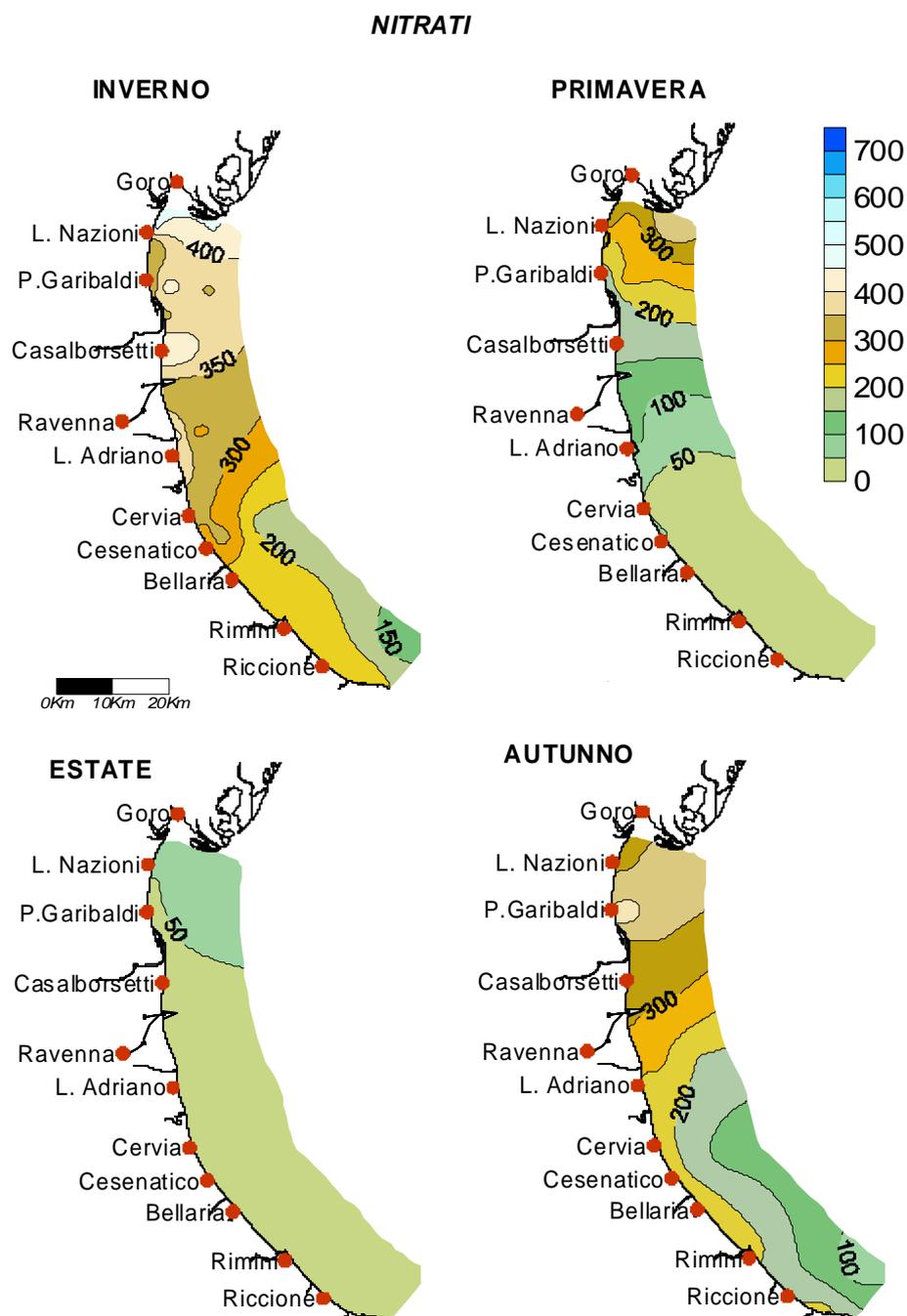


Figura 63 – Mappe di distribuzione delle medie stagionali dei nitrati (µg/l) in superficie

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

Un'altra componente solubile dell'azoto è l'azoto nitroso il cui andamento temporale presenta variazioni analoghe a quello nitrico e quindi correlabili alle portate fluviali. In costa (Figura 64) le fluttuazioni superficiali sono più marcate nelle stazioni più settentrionali mentre in quelle meridionali i valori tendono ad essere più contenuti.

Anche a 3 km (Figura 65) si conferma il trend nord-sud con i valori di concentrazione maggiori in inverno e autunno.

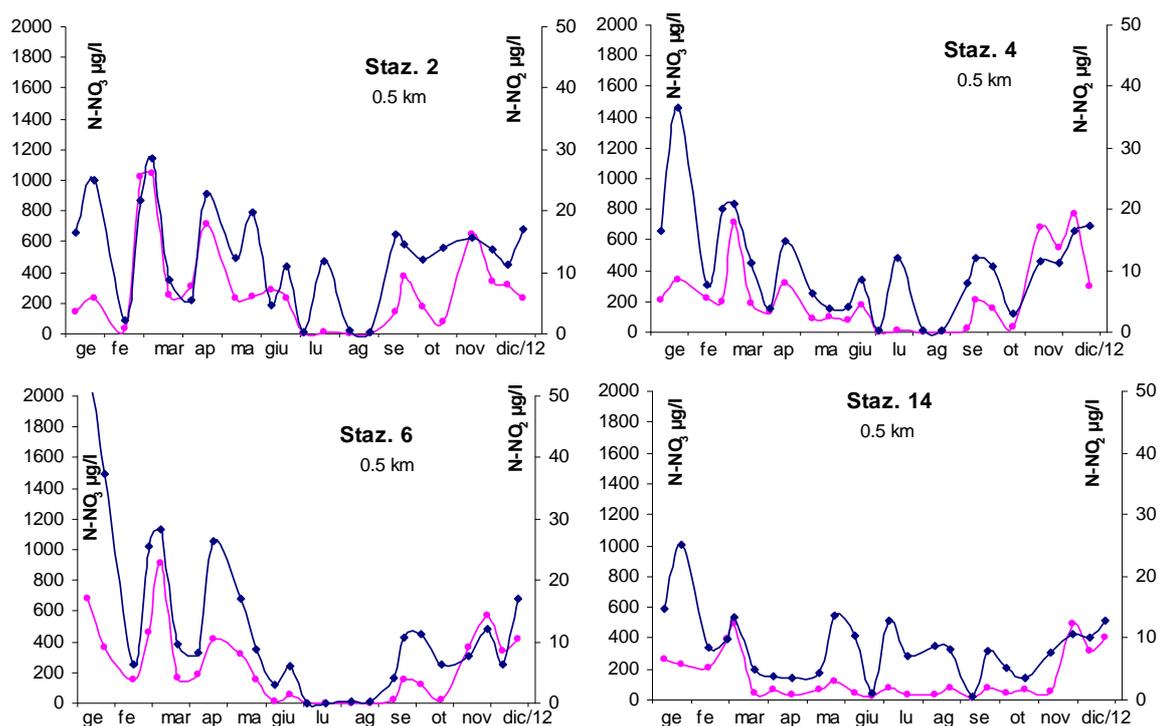


Figura 64 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea fucsia) e dell'azoto nitroso (linea blu) in superficie nelle stazioni di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Casalborsetti e Cesenatico a 0.5 km dalla costa

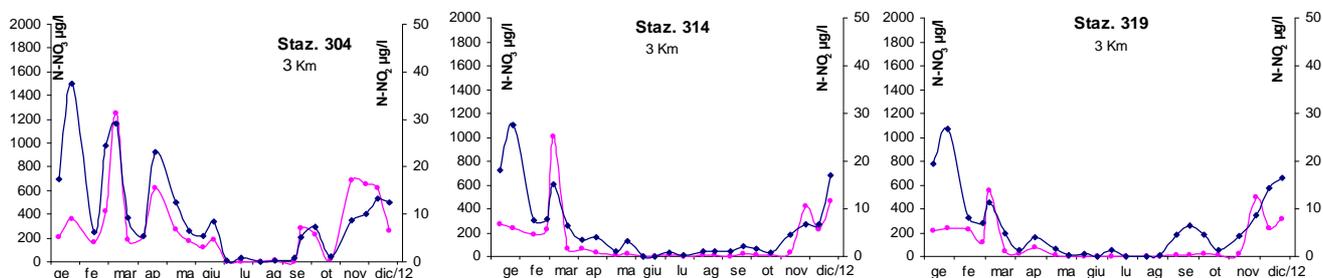


Figura 65- Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea fucsia) e dell'azoto nitroso (linea blu) in superficie nelle stazioni di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica a 3 km dalla costa

Le medie dei valori annuali di concentrazioni e le relative deviazioni standard rappresentate in Figura 66 evidenziano un trend generale di diminuzione dei valori passando da nord verso sud e da costa verso largo. Stesso andamento si desume dalle elaborazioni delle medie per stagione (Figura 67) con i massimi valori del parametro in inverno; i valori medi più alti si evidenziano nell'area settentrionali e precisamente nelle stazioni a 0.5 e 3 km davanti a Casalborsetti. Proprio in questa zona si sono registrate nel 2012 i valori più alti; infatti il valore più elevato pari a 56.15 µg/l è stato registrato nella stazione 6 (Casalborsetti) a 0.5 km dalla costa il 9 gennaio.

Nel mese di gennaio in entrambi i controlli eseguiti si sono registrati i valori più alti in assoluto nell'area compresa tra Porto Garibaldi e Casalborsetti.

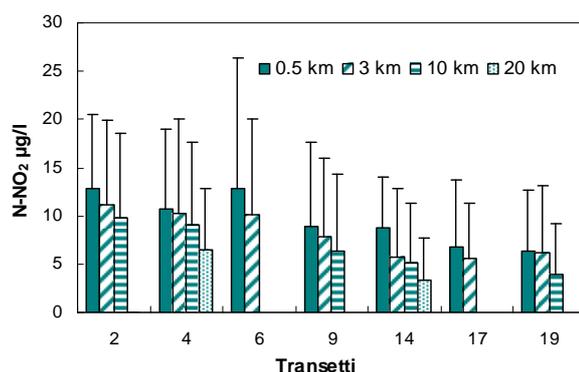


Figura 66 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitroso in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

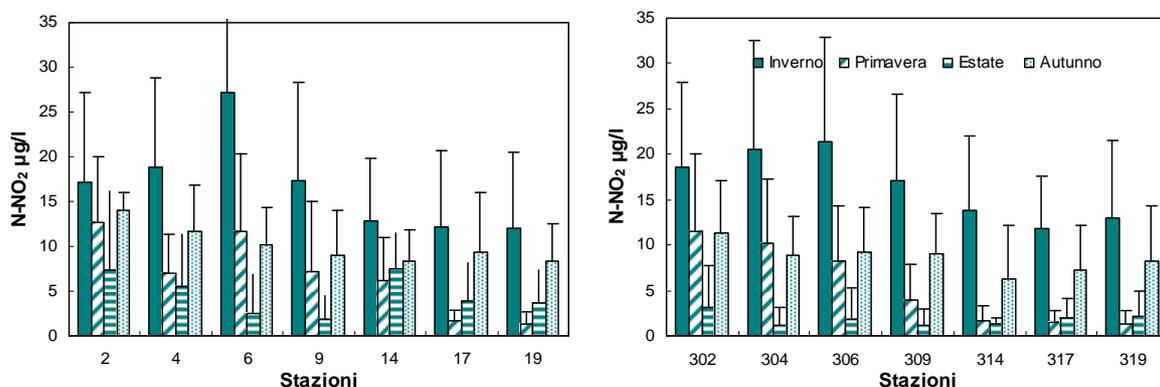


Figura 67 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitroso in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le distribuzioni temporali (Figura 68) dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) mostrano una variabilità maggiore in superficie rispetto alle variazioni sul fondo che si mantengono più omogenee. Nelle stazioni più al largo nel periodo compreso tra agosto e ottobre i valori di fondo hanno superato quelli di superficie. Tale condizione si verifica dopo che si sono riscontrati eventi di carenza di ossigeno sul fondo, a seguito della mineralizzazione della sostanza organica e ricircolazione della componente prodotta.

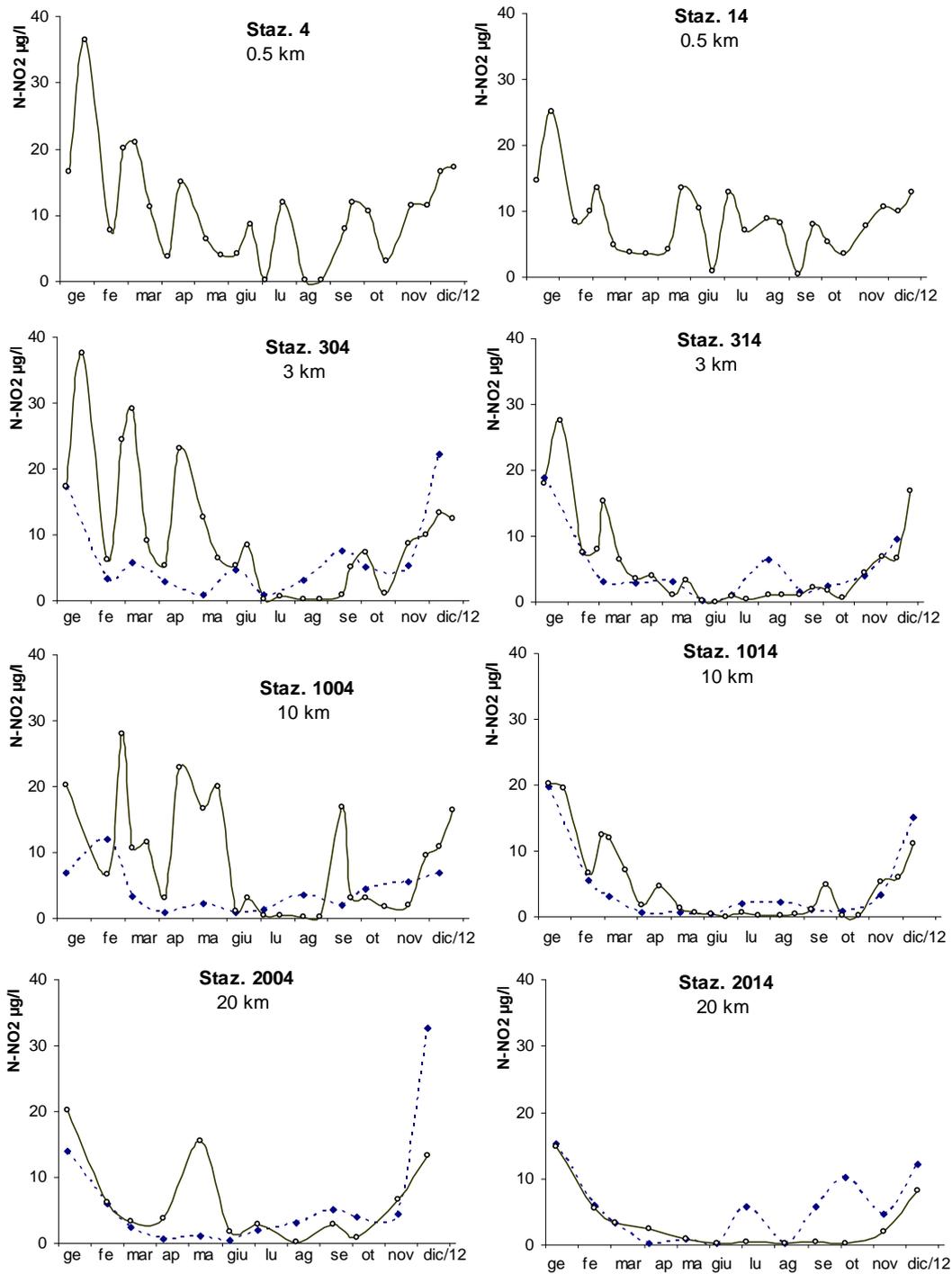


Figura 68 – Andamento temporale dell’azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

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

L'azoto ammoniacale rappresenta un'altra forma solubile dell'azoto. La sua presenza nelle acque superficiali è normalmente di origine fluviale e legata anche all'immissione di reflui generati dagli insediamenti urbani costieri. Gli istogrammi delle medie elaborati in Figura 69 mostrano una diminuzione delle concentrazioni lungo i transetti da costa al largo e da nord a sud più evidente ovviamente per le stazioni a 0.5 km dalla costa. Fa eccezione la stazione 14, antistante Cesenatico, che registra il dato più alto.

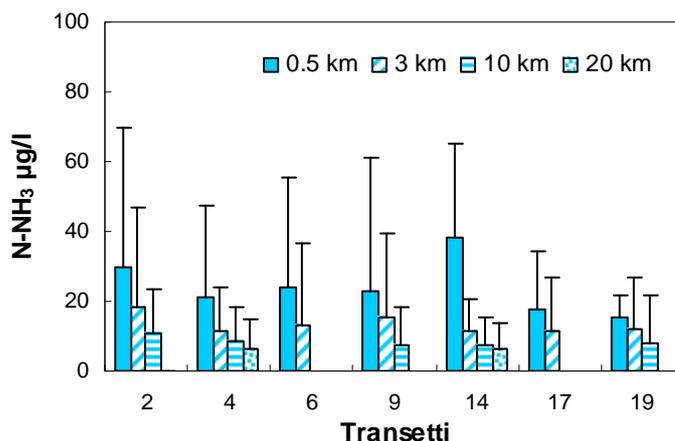


Figura 69 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5, 3,10 e 20 km dalla costa

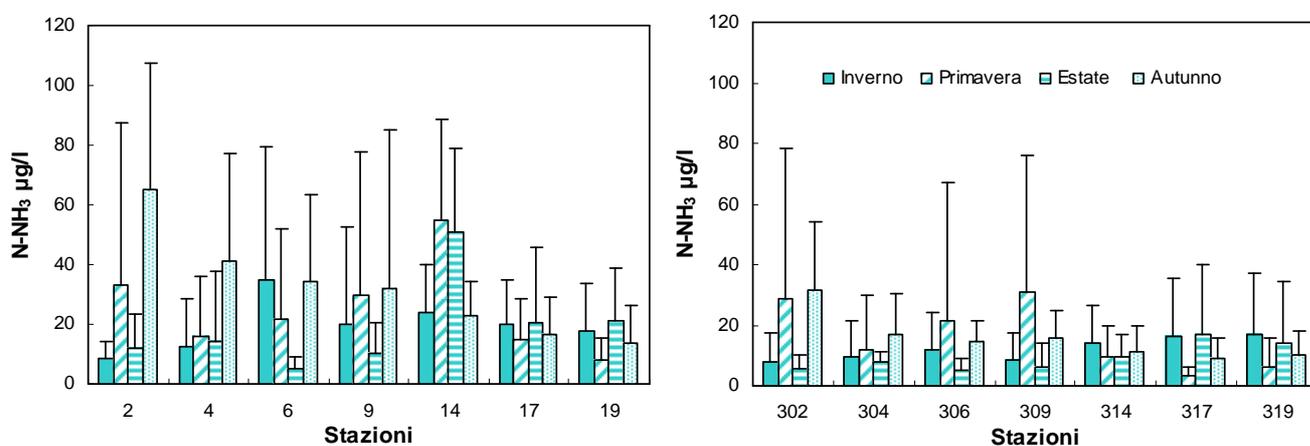


Figura 70 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'elaborazione dell'azoto ammoniacale per stagione (Figura 70) mostra un'elevata variabilità fra le aree monitorate dovuta all'influenza diretta del territorio sull'ambiente marino più costiero; infatti a 3 km i valori medi, anche se rimangono variabili durante il susseguirsi delle stagioni, rimangono più bassi.

Nelle acque di fondo le concentrazioni dell'azoto ammoniacale tendono a superare quelle rilevate in superficie a seguito della mineralizzazione della sostanza organica che avviene sul fondo che rende solubile l' $N-NH_3$ e che in seguito lo rilascia lungo la colonna d'acqua (Figura 71).

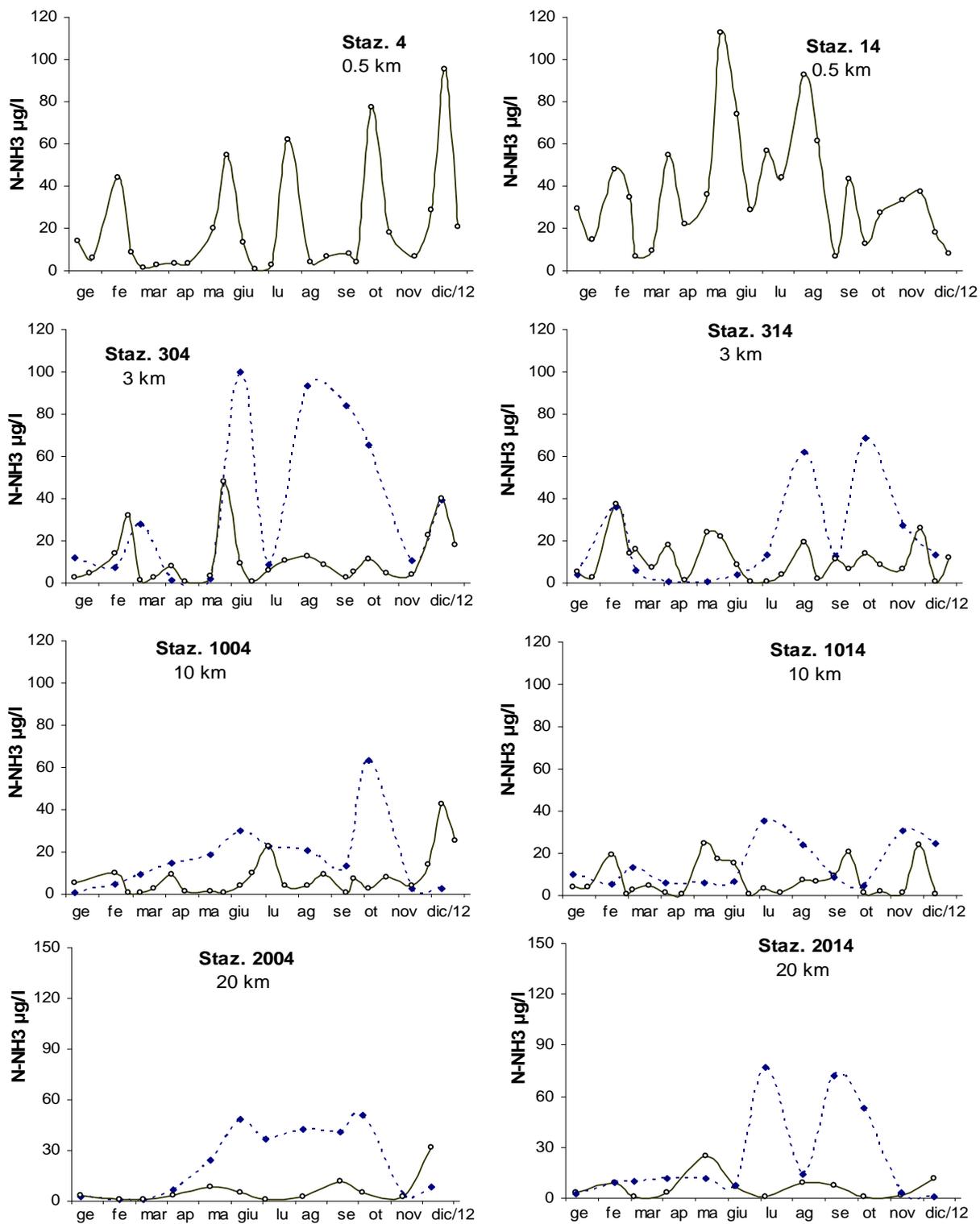


Figura 71 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

In Figura 72 sono rappresentate le mappe di distribuzione delle medie mensili dell'azoto ammoniacale nei mesi in cui le concentrazioni, nelle acque superficiali sono state maggiori. Il valore più elevato nel 2012 è stato pari a 159.46 $\mu\text{g}/\text{l}$ nella stazione a 3 km antistante Casalborgorsetti durante il monitoraggio del 15 febbraio.

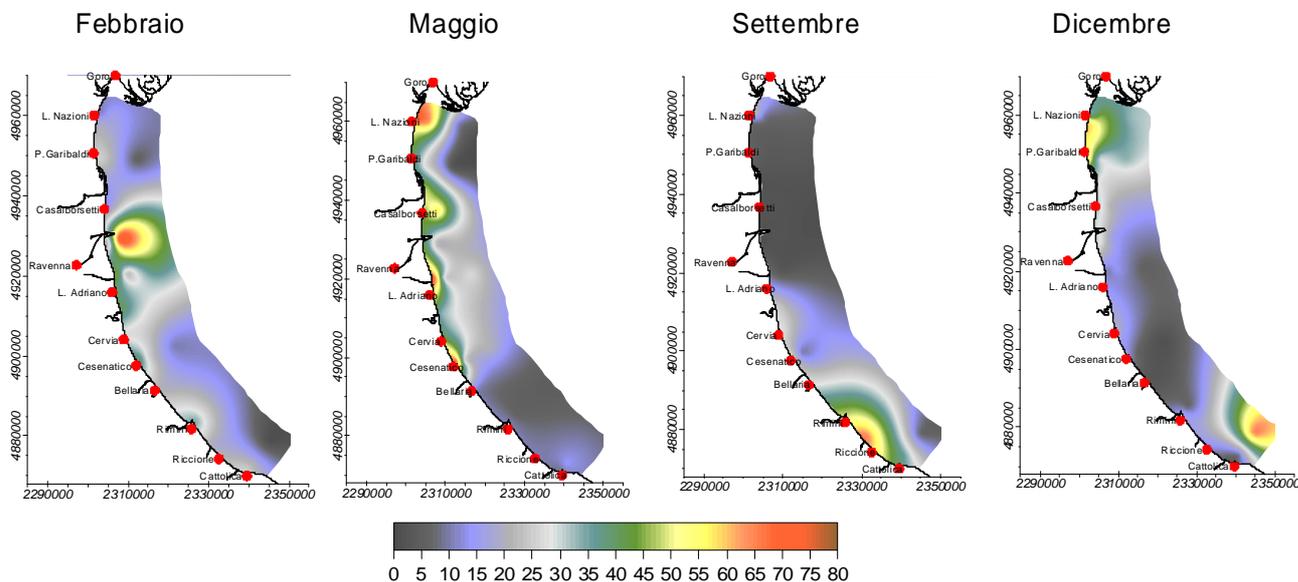


Figura 72 – Mappe di distribuzione dell'azoto ammoniacale da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali nei mesi di febbraio, maggio, settembre e dicembre (medie mensili)

4.4.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

La somma delle concentrazioni analizzate delle tre forme azotate solubili (N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃) è denominata DIN (azoto inorganico disciolto).

Gli istogrammi in Figura 73 riportano le variazioni dei valori medi mensili del DIN del 2012 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2012 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolati nel lungo periodo, è stato quello di riportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. I valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario, i valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

Si evidenzia in generale un decremento della concentrazione del DIN durante tutto il periodo considerato soprattutto nei mesi più freddi; fa eccezione il mese di marzo che mostra al contrario un incremento in tutte e tre le stazioni anche se in quella più meridionale (St. 319) la variazione rimane più limitata. Per la stazione 304 si osserva una differenza, con valori più elevati rispetto la media climatologica anche in aprile e novembre mentre nei mesi estivi i valori si mantengono pressoché analoghi alla media climatologica del periodo.

L'elaborazione Figura 74 prende in considerazione le medie geometriche annuali nel lungo periodo (1982-2012) in tre aree costiere considerate più rappresentative della costa emiliano romagnola; anche in questo caso si evidenzia una diminuzione dei valori nel 2012 sia nelle aree meridionale sia in quelle centro settentrionali.

Il valore più elevato registrato pari a 1558 $\mu\text{g/l}$ è stato rilevato nella stazione 9, a 0.5 km antistante L. Adriano, il 27 febbraio.

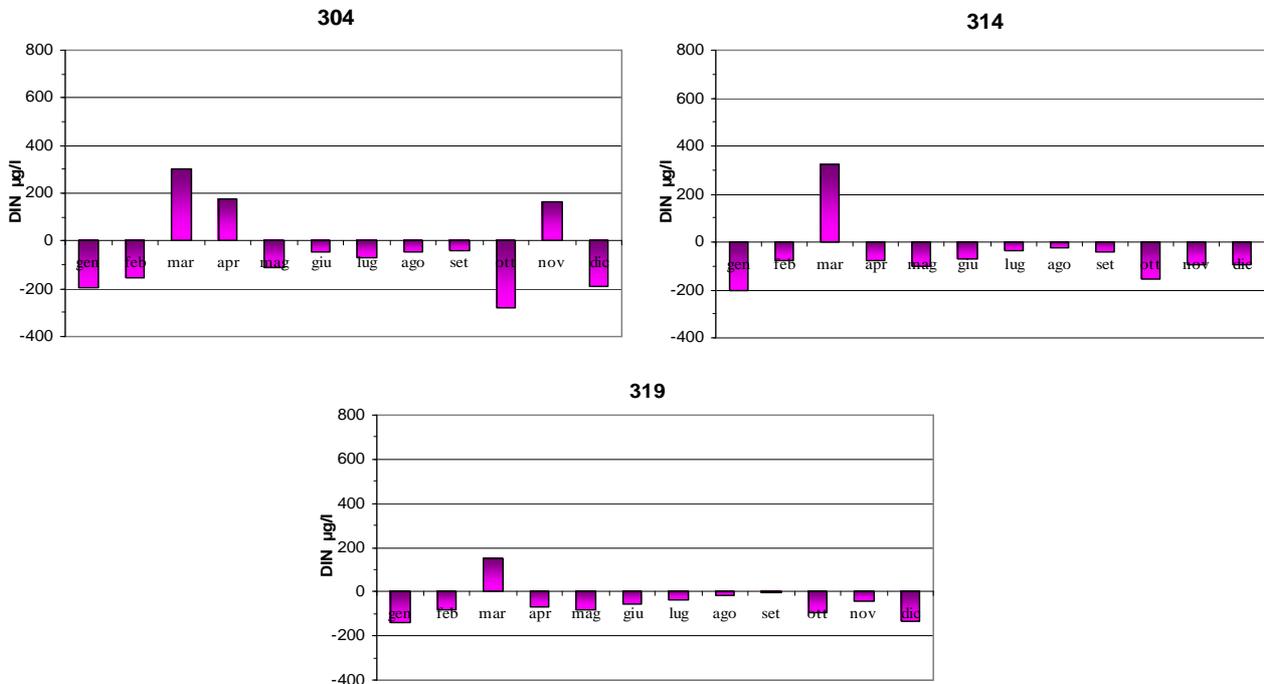


Figura 73 - Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 P. Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

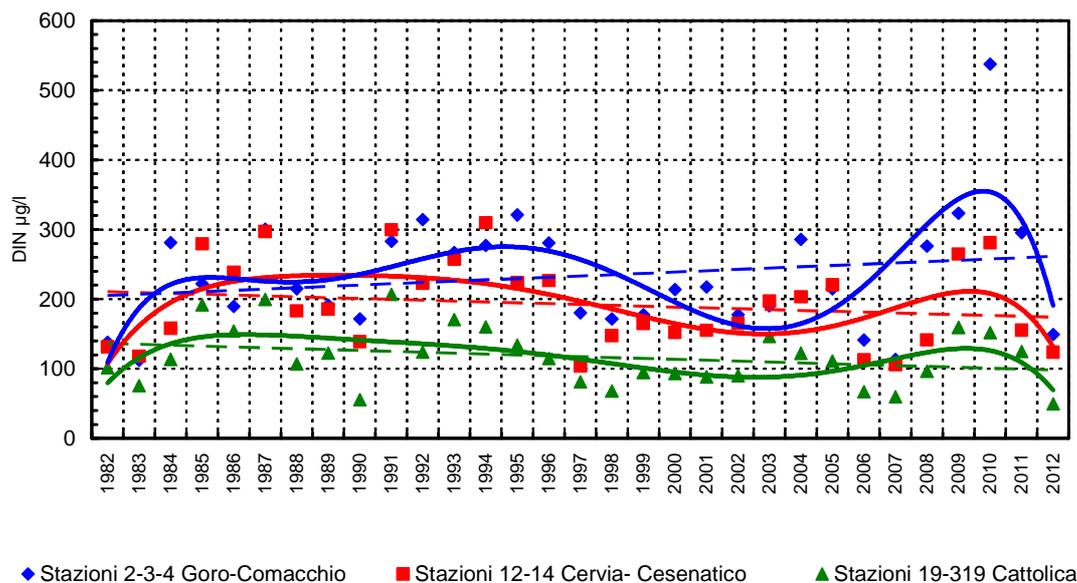


Figura 74 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2012)

La forma azotata che maggiormente incide sui valori di DIN è l'azoto nitrico (N-NO₃) messo in evidenza anche nella Figura 75 che rappresenta i valori delle tre forme azotate rilevate nella stazione a 0.5 km davanti a L. Adriano.

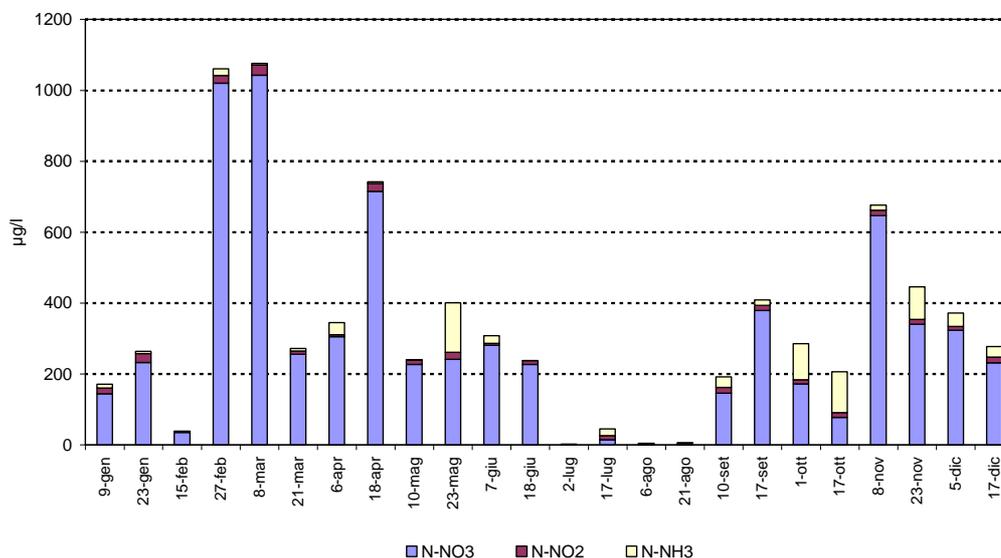


Figura 75 - Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione 2 di Lido di Volano

4.4.2.e Azoto totale (N tot)

L'andamento dell'azoto totale in superficie tende a mantenersi pressoché simile a quello delle altre componenti azotate quindi con valori più elevati nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle più meridionali lungo la costa. Osservando i valori medi elaborati nei diagrammi multipli di Box e Whiskers si evidenzia questa situazione osservando in particolare le quattro stazioni più a nord (Stazioni 2, 4, 6 e 9) a confronto con le altre (Figura 76).

Il gradiente tende a diminuire anche lungo i transetti da costa verso il largo (Figura 77), questo trend risulta ben evidente lungo il transetto 14 antistante Cesenatico.

Analizzando le medie stagionali, le concentrazioni più elevate si registrano nel periodo invernale ed a seguire in quello primaverile. In generale in tutte le stazioni; i valori più bassi si osservano in estate in concomitanza con i minori apporti dai bacini costieri regionali e dal bacino padano (Figura 78).

Il valore più basso pari a 188 µg/l è stato registrato il 4 aprile nella stazione 19 mentre il valore più elevato di 2395 µg/l il 27 febbraio davanti Lido Adriano a 0.5 km.

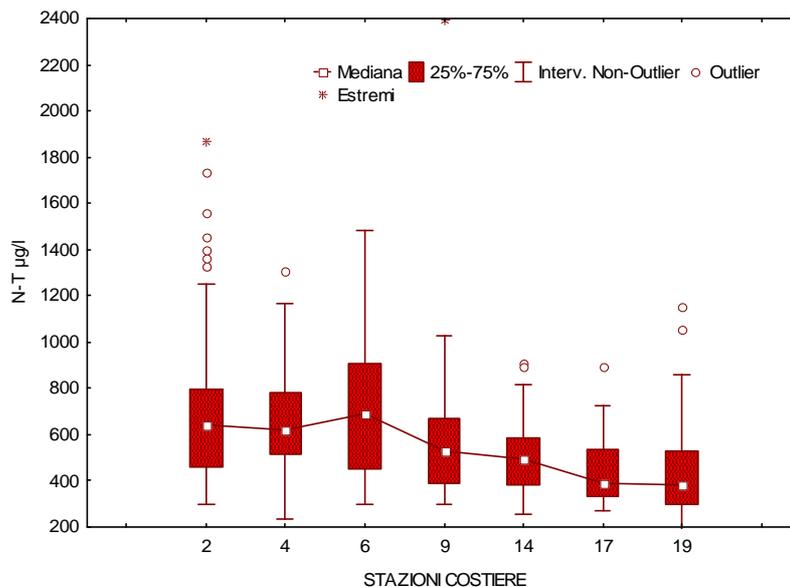


Figura 76- Diagrammi multipli di Box e Whiskers di distribuzione dell'azoto totale nelle stazioni costiere

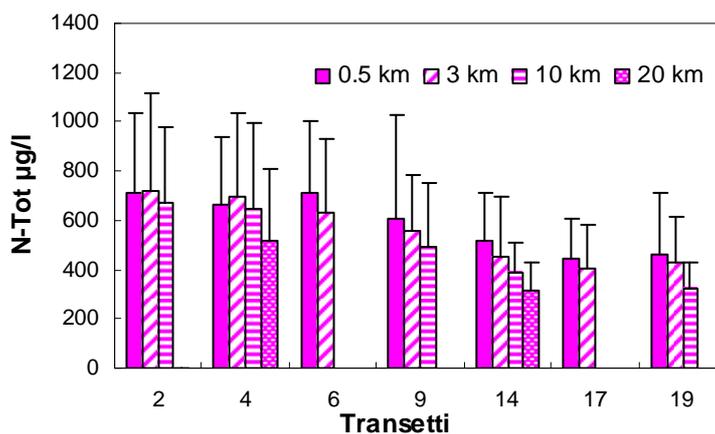


Figura 77 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie

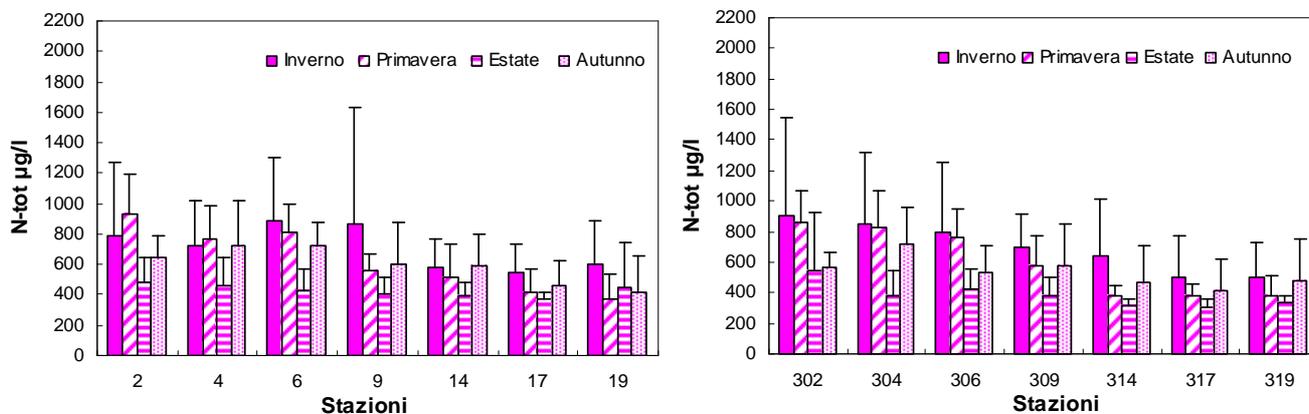


Figura 78 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie

In Figura 79 sono riportate negli istogrammi le variazioni dei valori medi mensili dell'azoto totale rilevati nel 2012 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319), a confronto con il valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2012 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolati nel lungo periodo, è stato quello di rapportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. I valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario, i valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

Gli incrementi più significativi si evidenziano nel mese di marzo in tutte le tre le stazioni e nel mese di aprile e giugno solo per la stazione 304.

Nella stazione 319 si nota un leggero incremento dei valori rispetto alla condizione "normale" di riferimento indicate dalla climatologia.

In tutte le tre stazioni si registra una diminuzione nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre.

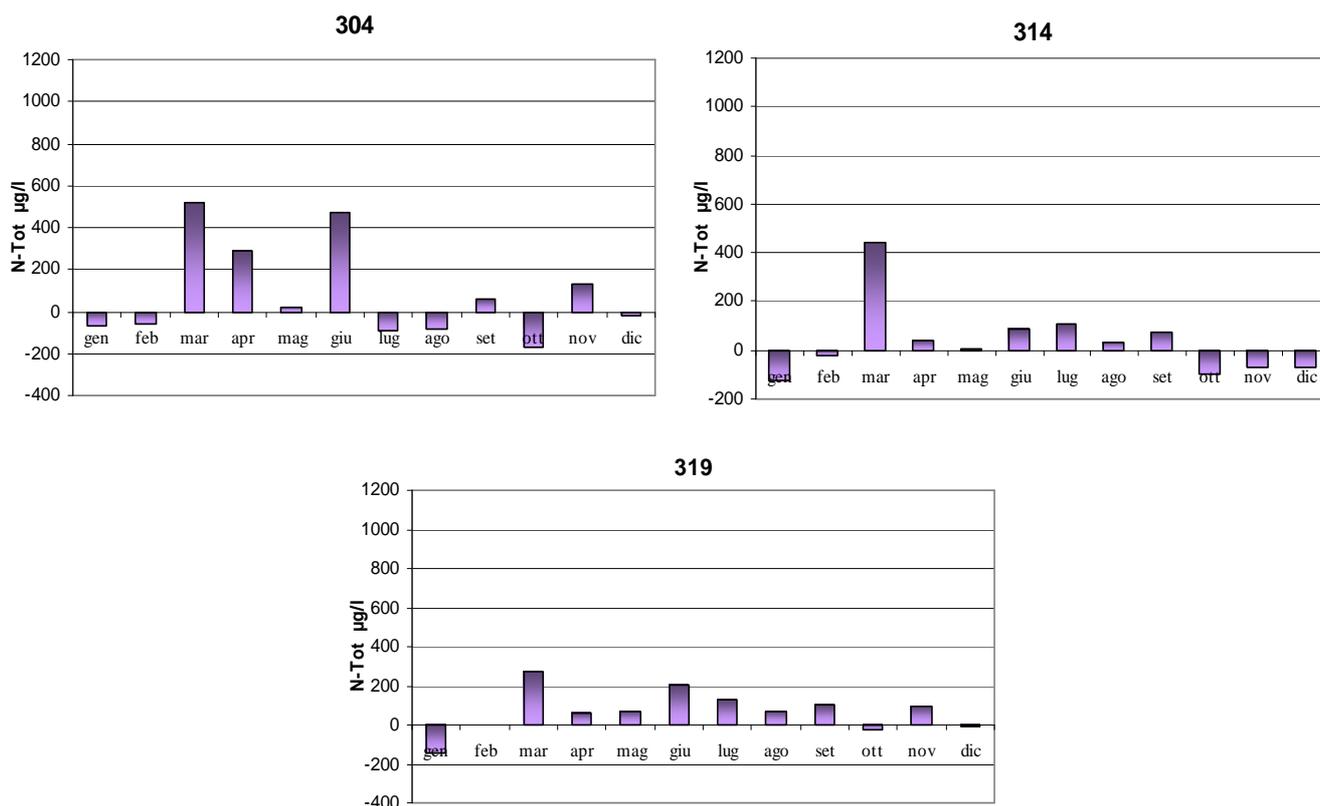


Figura 79 - Variazione dei valori medi mensili dell'azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319) in confronto al valore medio climatologico

4.4.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

Nel 2012 le concentrazioni di fosforo reattivo evidenziano un'alta variabilità soprattutto nelle stazioni costiere settentrionali più strettamente correlate agli apporti dei bacini fluviali, in particolare dal bacino padano che, come più volte sottolineato, contribuisce a condizionare la qualità ambientale dell'ecosistema marino in questa zona.

L'andamento medio stagionale del parametro registra i valori massimi durante il periodo autunnale in stretta correlazione con portate elevate registrate a Pontelagoscuro a novembre e a dicembre (Figura 80), mentre i valori minimi si rilevano in tutte le stazioni durante l'estate.

Se invece si analizzano le medie annuali lungo i transetti (Figura 81) si nota un generale trend negativo da costa al largo; fanno eccezioni le stazioni 9 (Lido Adriano) e 14 (Cesenatico): nella stazione 9 i valori medi si mantengono pressoché costanti e nella stazione di Cesenatico si notano valori medi simili da un alto per le stazioni a 0.5 e 20 e dall'altro per quelle a 3 e 10 km.

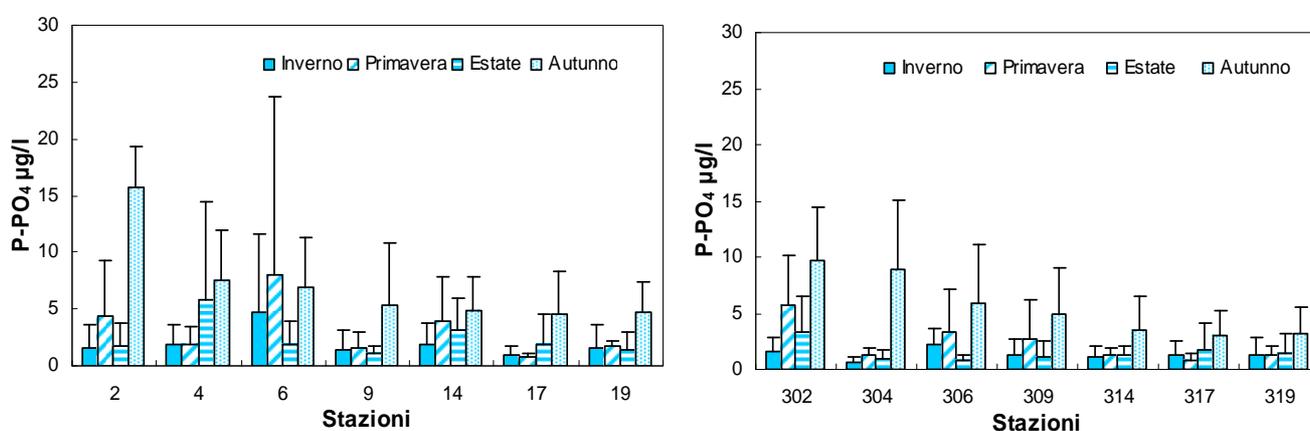


Figura 80 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'ortofosfato nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie

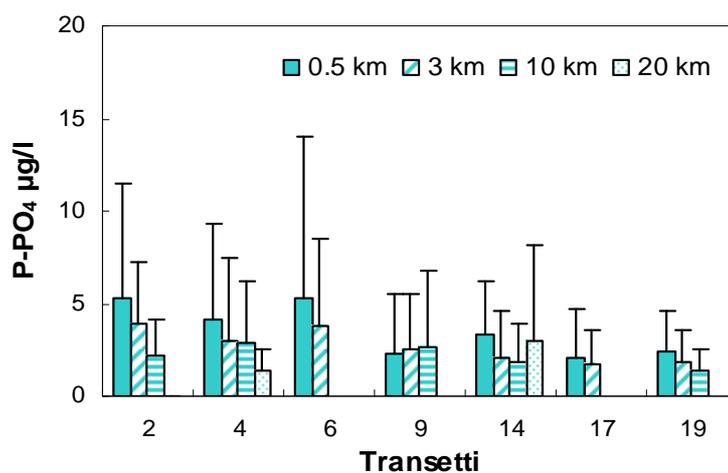


Figura 81 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'ortofosfato nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie

I grafici multipli di Box e Whiskers in Figura 82 evidenziano la marcata variabilità di concentrazione dell'ortofosfato nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4 e 6) rispetto a quelle meridionali. Considerando i valori medi le stazioni 9 e 17 hanno registrato sia le concentrazioni minime che i valori maggiormente costanti. Il valore più alto in assoluto rilevato nel 2012 è stato pari a 40 µg/l nella stazione a 0.5 km antistante Casalboretetti il 18 aprile.

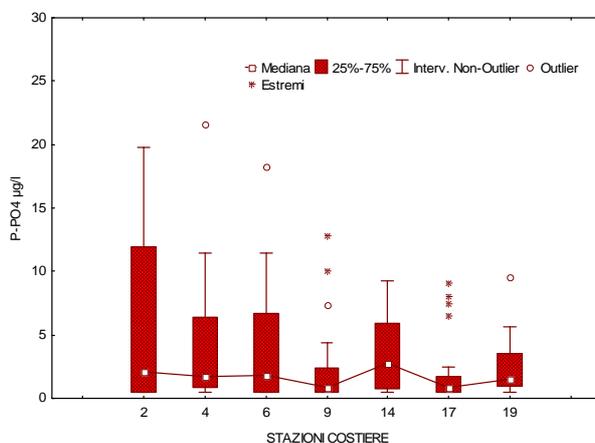


Figura 82 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers di distribuzione dell'ortofosfato nelle stazioni costiere

Le mappe di distribuzione elaborate in Figura 83 rappresentano bene le fluttuazioni dell'ortofosfato in superficie nei mesi di gennaio, novembre e dicembre. A gennaio si è osservata una condizione pressoché omogenea in tutte le stazioni monitorate con concentrazioni basse a sostegno anche delle limitate portate dal bacino padano sia a fine 2011 sia a inizio 2012 (Figura 40).

Al contrario a novembre e dicembre le concentrazioni sono aumentate soprattutto nell'area settentrionale e a fine anno nelle stazioni più meridionali in costa, in relazione anche alle abbondanti precipitazioni che hanno incrementato gli apporti dai bacini costieri regionali.

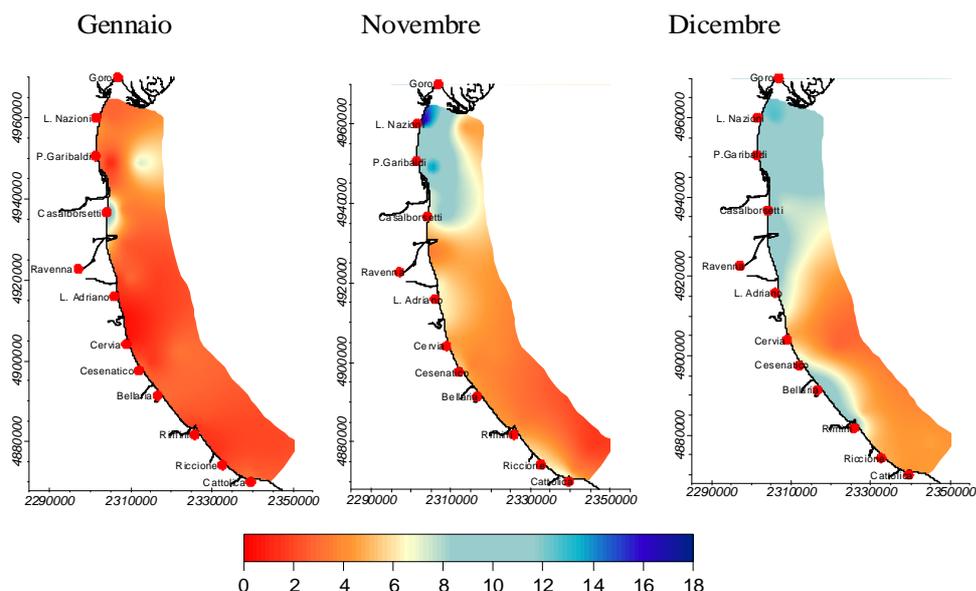


Figura 83 - Mappe di distribuzione dell'ortofosfato (µg/l) in superficie rilevate a gennaio, a novembre e a dicembre da costa fino a 10 km al largo (media mensile)

Negli istogrammi di Figura 84 sono riportate le variazioni dei valori medi mensili dell'ortofosfato rilevati nel 2012 nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi (304), Cesenatico (314) e Cattolica (319) in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002). L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2012 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolate nel lungo periodo, è stato quello di rapportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione.

Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

In entrambe le tre stazioni considerate i valori si mantengono in linea con la media climatologica del periodo anche se si osserva in generale una leggera diminuzione più marcata nelle stazioni 304 e 314 nel mese di gennaio.

La stazione 304 di Porto Garibaldi si discosta da un andamento generale pressoché omogeneo nel mese di novembre in quanto registra un incremento delle concentrazioni del fosforo reattivo rispetto ai valori di riferimento.

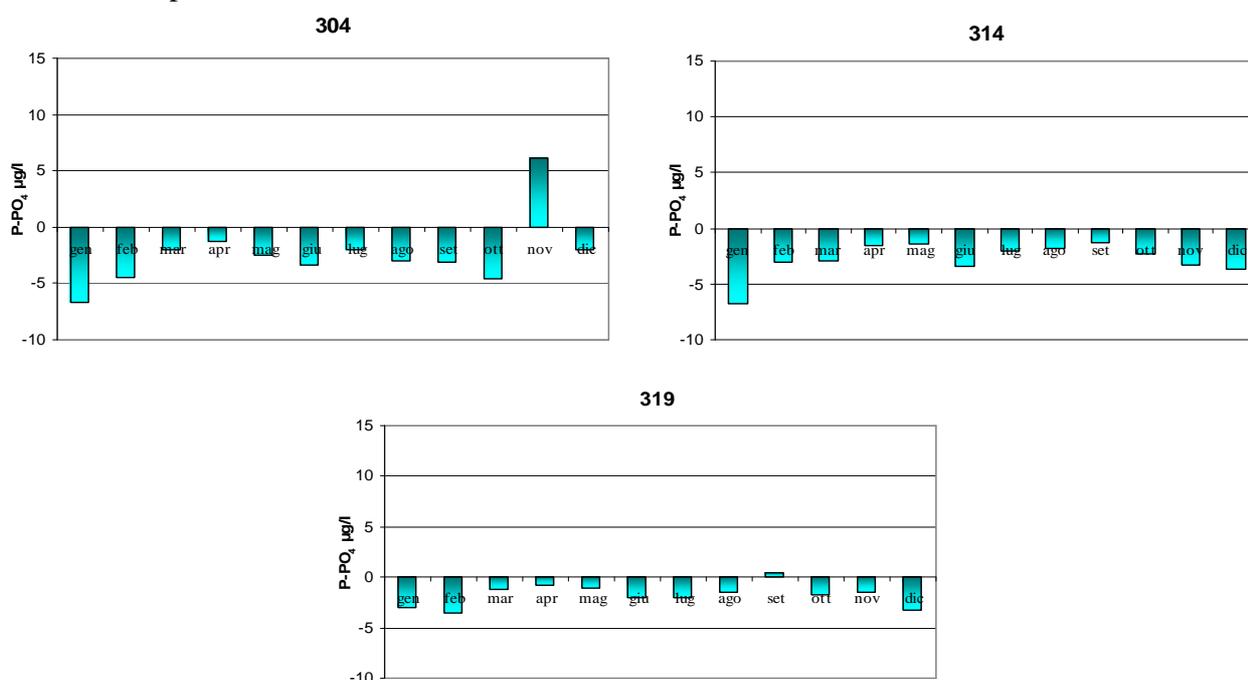


Figura 84 - Variazione dei valori medi mensili dell'ortofosfato rilevati nel 2012 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319) in confronto al valore medio climatologico

Lo sviluppo dei fenomeni eutrofici è dipendente dagli apporti di nutrienti veicolati a mare dai bacini costieri adriatici, soprattutto dal Po. Al fine quindi di ridurre questi fenomeni e di conseguenza migliorare lo stato qualitativo delle acque costiere, è necessario controllare e rimuovere i carichi di nutrienti generati e liberati proprio dai bacini e immessi in mare. La componente DIN (somma delle concentrazioni delle tre forme azotate solubili: N-NO₃, N-NO₂ e N-NH₃) viene utilizzata con il P-PO₄ nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano romagnole il fosforo è sempre stato l'elemento chiave che limita e controlla i fenomeni eutrofici, mentre l'azoto riveste un ruolo non limitante. Il processo alla base di

questa considerazione è legato al meccanismo secondo il quale il fitoplancton assume i nutrienti in soluzione secondo lo stesso rapporto molare che questi elementi hanno all'interno della biomassa algale, cioè N/P elementare = 16, riferito al peso atomico $N/P = 7.2$. Se il rapporto nell'acqua di mare supera il valore N/P di 7.2 si afferma che il fosforo è il fattore limitante la crescita algale e l'azoto in eccesso presente nelle acque non può essere utilizzato dalle alghe.

Questo significa che gli interventi di risanamento per migliorare lo stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere soprattutto una riduzione degli apporti di fosforo. In genere il fosforo è il fattore limitante la crescita algale nelle acque costiere emiliano romagnole e in generale in tutto l'Adriatico settentrionale, pertanto rimane l'elemento su cui maggiormente devono essere concentrati gli sforzi per contrastare l'eutrofizzazione costiera.

Nella Figura 85 vengono rappresentati gli andamenti temporali delle concentrazioni lungo i due transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico sottolineando la relazione del fosforo con gli apporti dai bacini costieri e come tale influenza sia maggiore nel transetto più settentrionale rispetto a quello centrale.

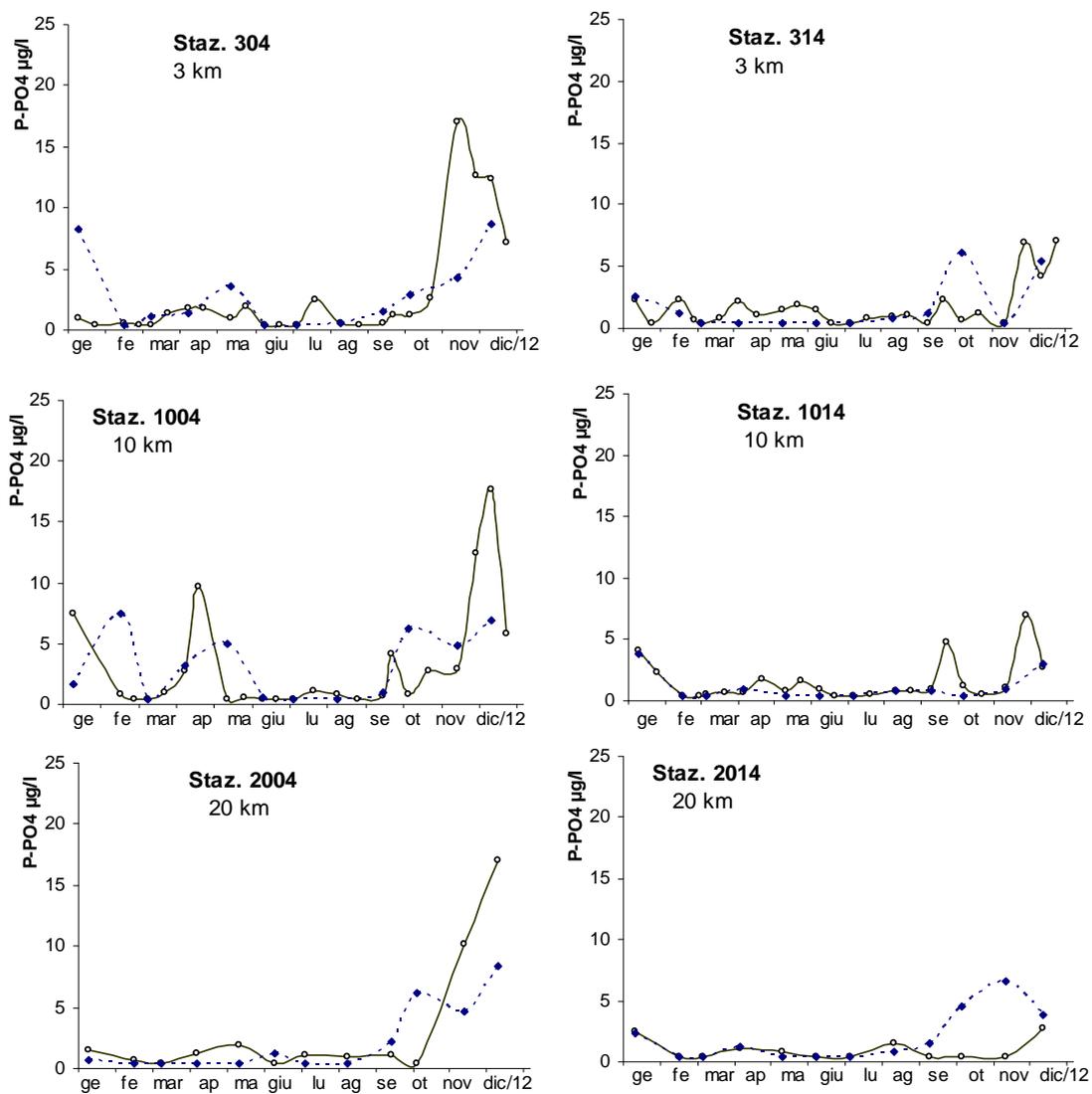


Figura 85 - Andamento temporale dell'ortofosfato in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo la direttrice di Porto Garibaldi e di Cesenatico

4.4.2.g Fosforo totale (*P tot*)

L'andamento annuale del fosforo totale evidenzia nel 2012 una discreta variabilità in particolare nelle aree più costiere e nella zona settentrionale rispetto a quella meridionale. Lungo i transetti le medie annuali delineano un trend in diminuzione da nord a sud e da costa al largo (Figura 86); il valore più basso rilevato durante i controlli è stato pari a 2.56 µg/l nella stazione a 10 km al largo da Cattolica mentre quello più elevato è stato misurato nella zona nord a 3 km antistante Lido di Volano il 17 luglio pari a 133.2 µg/l.

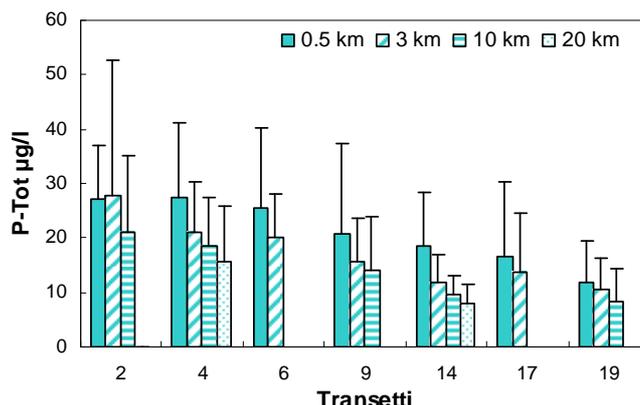


Figura 86.- Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie

La distribuzione dei valori medi stagionali e le relative deviazioni standard elaborata negli istogrammi di Figura 87 evidenzia un trend negativo da nord verso sud in tutti e quattro i periodi, più marcato nelle stazioni a 0.5 km rispetto a quelle posizionate a 3 km.

Si evidenzia una certa variabilità anche per quanto riguarda i massimi valori stagionali, infatti nelle stazioni più settentrionali i massimi si registrano nelle stagioni primavera ed estate e i minimi in inverno mentre nelle altre stazioni in generale è l'inverno il periodo con concentrazioni maggiori di fosforo totale. Anche a fine anno le concentrazioni sono più alte rispetto a primavera e all'estate. In particolare nella stazione 17 (Rimini) in autunno si registrano i valori più elevati per quanto riguarda la zona meridionale. Nella zona più al largo invece è nella stazione 302, in estate, che si rilevano le concentrazioni massime.

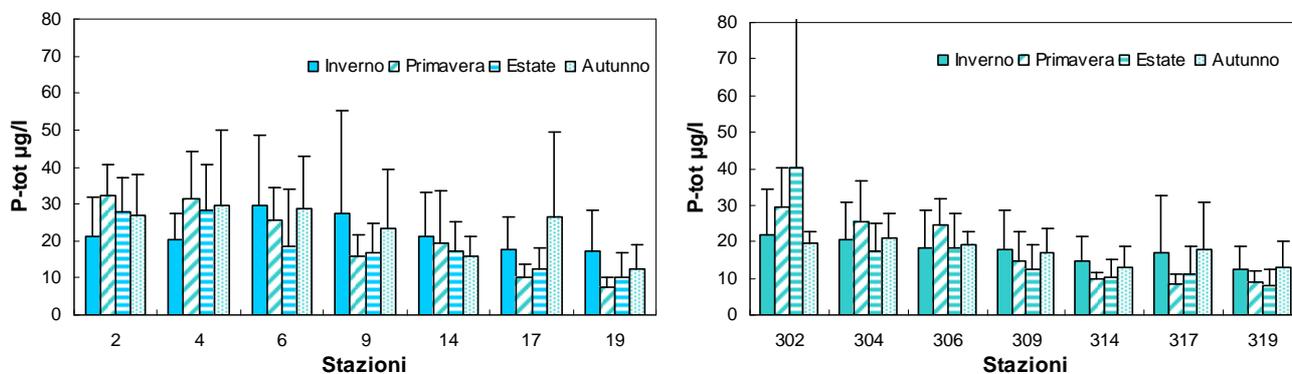


Figura 87 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie

Nelle acque di fondo le concentrazioni di fosforo totale rimangono più omogenee rispetto alla superficie e l'andamento temporale lungo il transetto di Porto Garibaldi (Figura 88) sottolinea questa condizione.

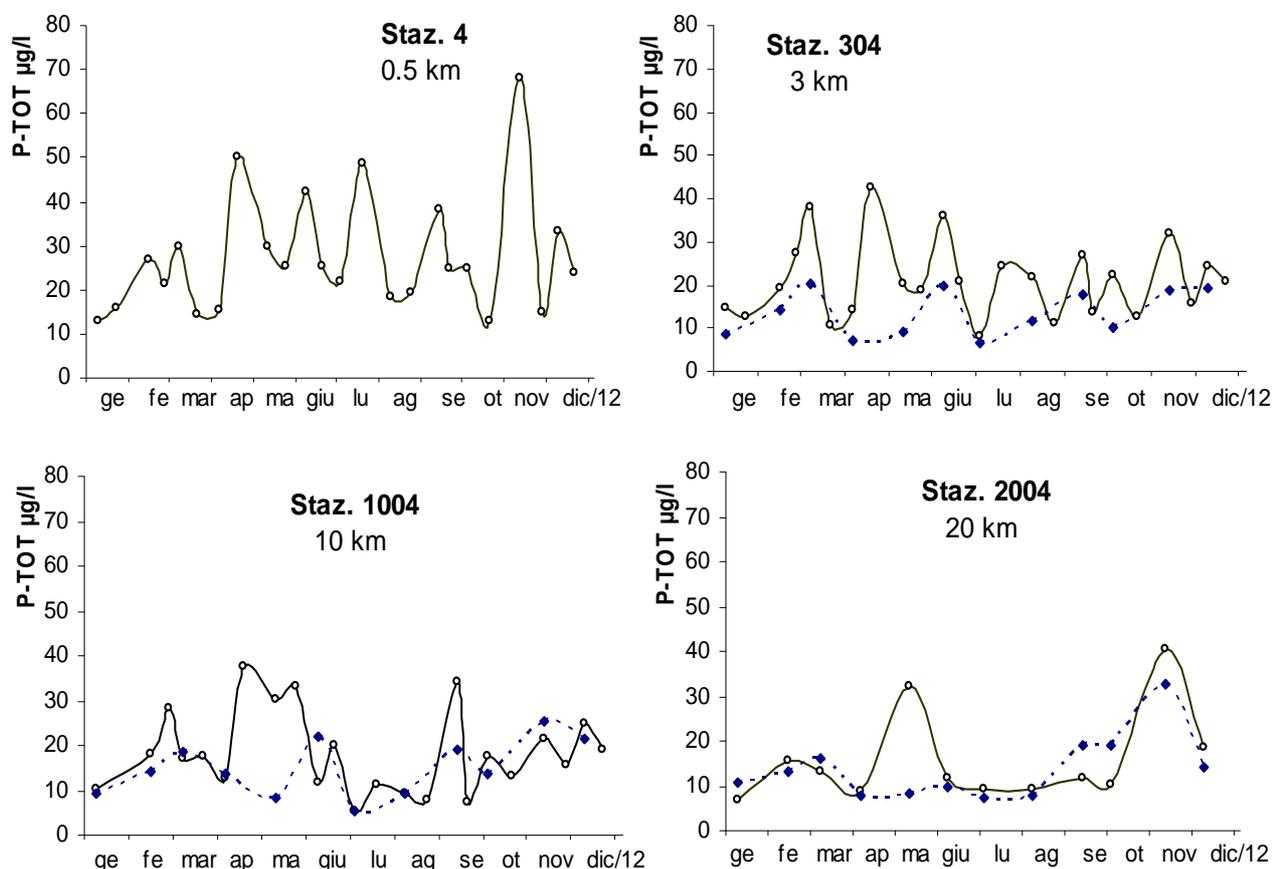


Figura 88 - Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo le direttrici di Porto Garibaldi

In Figura 89 sono riportate le medie geometriche annuali del fosforo totale calcolate in tre aree costiere. In generale le stazioni di Goro e Comacchio delimitano l'area più settentrionale influenzata dagli apporti del Po presentando i più elevati livelli trofici durante l'anno; la stazione di Cattolica delimita l'area più meridionale meno condizionata dal bacino padano con bassi livelli trofici; ed infine le stazioni centrali della costa emiliano romagnola, collocate a 0.5 km a Cervia e a Cesenatico sono caratterizzate da una situazione trofica intermedia.

In tutte e tre le aree esaminate si è verificata, nel lungo periodo, una diminuzione delle concentrazioni del fosforo totale, corrispondente ad una diminuzione dei carichi di circa il 30%. Nei diagrammi sono rappresentate le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate), che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, e quelle di ordine superiore (linee continue), che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. La tendenza di ordine superiore evidenzia due cicli di circa 10 anni, ciascuno con i massimi raggiunti nel 1985, e nel 2004. I valori relativi al 2012 mantengono il trend in diminuzione registrato negli anni precedenti.

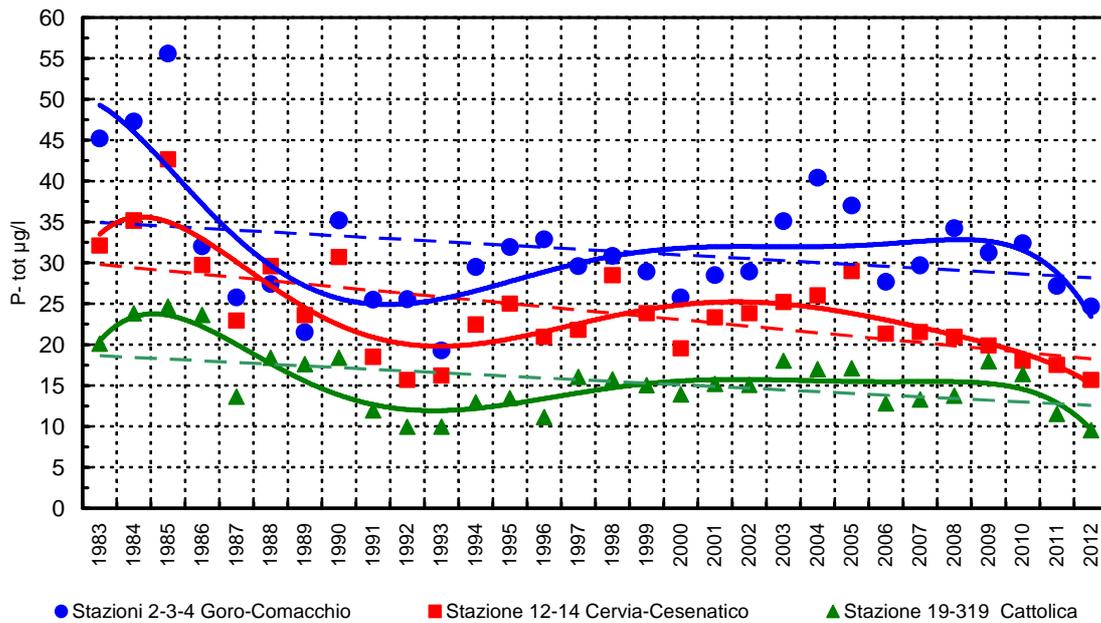


Figura 89 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo totale in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2012)

I valori rappresentati in Figura 90 sono le medie geometriche calcolate nelle stazioni a 3 km antistanti Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. L'approccio metodologico seguito è analogo a quello avuto per il fosforo reattivo al fine di valutare gli scostamenti e/o variazioni delle concentrazioni avute nell'anno 2012 rispetto a quelle calcolate nel lungo periodo. Anche in questo caso si è riportato il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione.

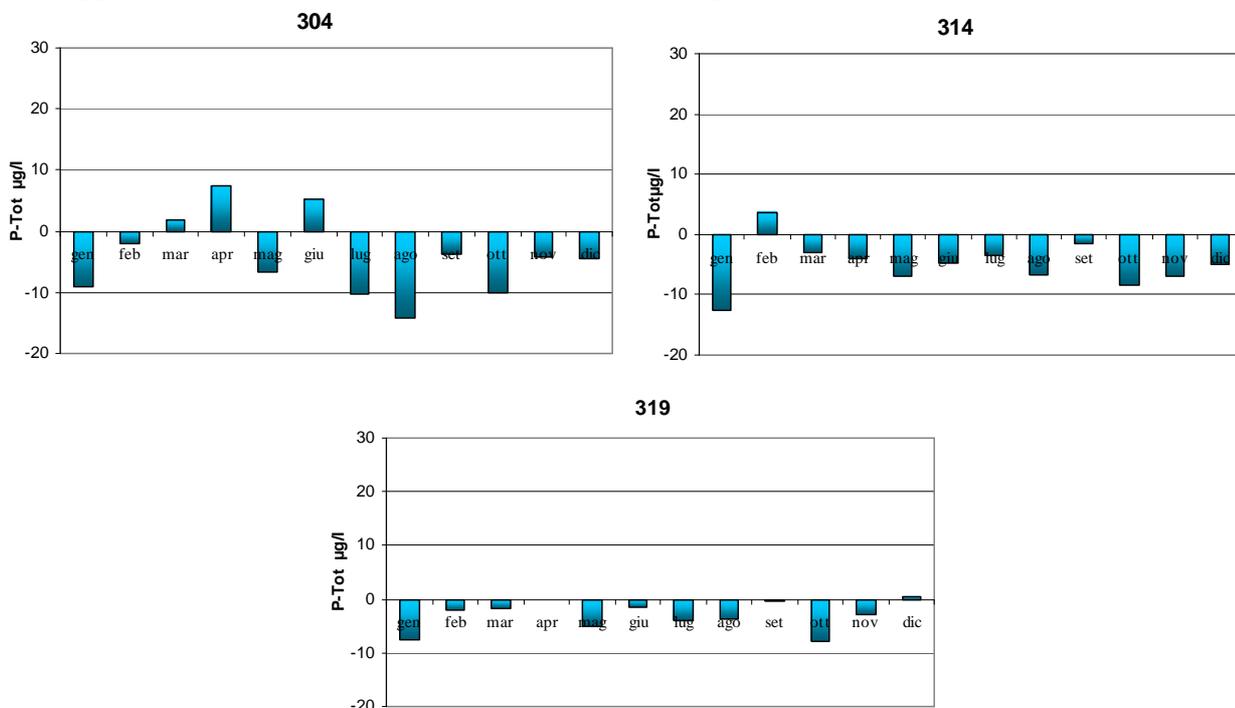


Figura 90 - Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale rilevati nel 2012 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319) in confronto al valore medio climatologico

Si osserva un comportamento abbastanza simile in tutte e le tre stazioni considerate con valori che tendono a diminuire rispetto ai valori di riferimento; nella stazione 304 questa tendenza è più marcata soprattutto nel mese di luglio e di agosto mentre in aprile e giugno i valori sono risultati essere in aumento rispetto alla media “normale” di riferimento.

La Figura 91 mostra gli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e del fosforo totale nel 2012 nella stazione 2 di Lido di Volano a 0.5 km dalla costa. Gli istogrammi evidenziano la differenza di concentrazione dei due parametri con prevalenza netta del fosforo totale nei mesi dove anche gli apporti dl bacino padano sono stati ridotti o scarsi; la componente ortofosfatica infatti è la forma che viene immediatamente assimilata dalla biomassa fitoplanctonica e quindi meno rintracciabile.

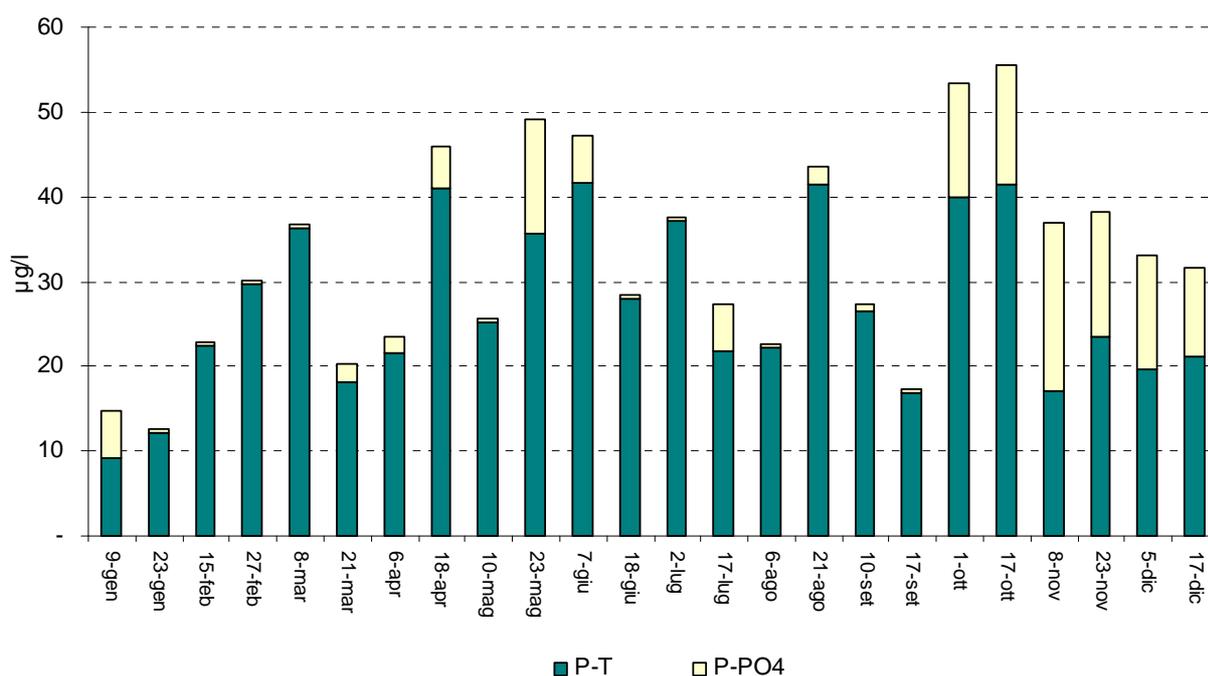


Figura 91 - Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e del fosforo totale nelle 2012 nella stazione 2 (Lido di Volano)

4.4.2.h Silice reattiva (Si-SiO₂)

Anche nel 2012 l’andamento della silice reattiva nelle acque superficiali si allinea con quello degli altri nutrienti elaborati nei paragrafi precedenti. I valori più elevati si sono registrati nelle stazioni più in costa e localizzate nell’area settentrionale. In Figura 92 sono rappresentate le medie annuali e le relative deviazioni standard della silice che sottolineano bene il trend in diminuzione da nord a sud lungo la costa. Mentre nelle stazioni meridionali la diminuzione avviene anche lungo i transetti da costa verso il largo, in quelle più settentrionali questa diminuzione è minima. Questa condizione è correlata alla maggior influenza degli apporti padani che insistono su questa zona condizionando la qualità ambientale delle acque soprattutto in superficie.

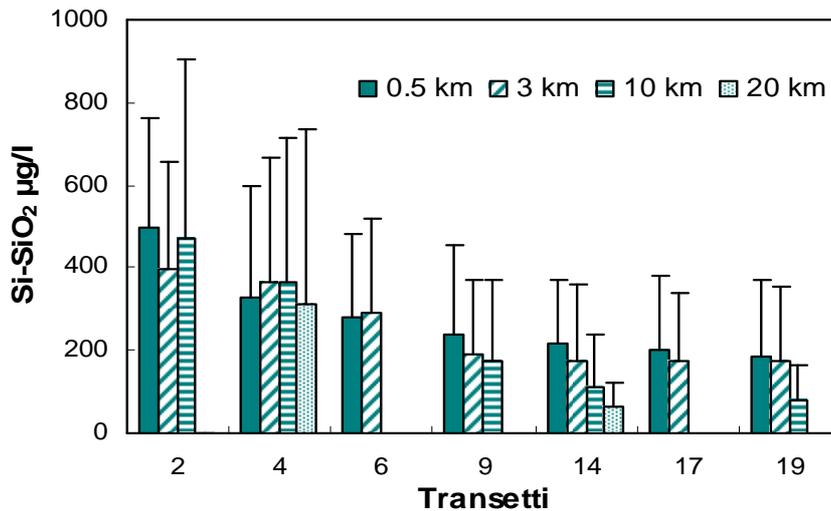


Figura 92 - Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie

Anche i diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 93) evidenziano la maggior concentrazione e la maggior variabilità del parametro nell'area centro settentrionale rispetto a quella meridionale.

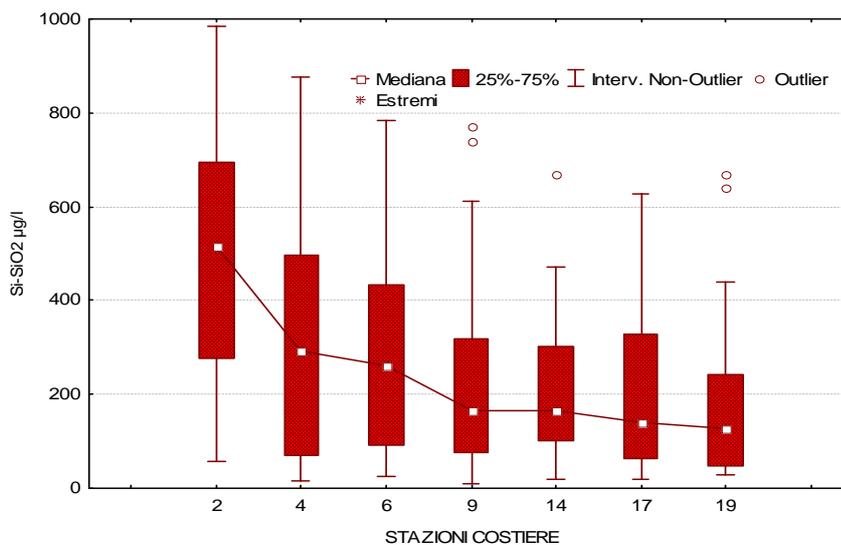


Figura 93 - Diagramma multipli di Box e Whiskers annuali riferiti alla Si-SiO₂ nelle stazioni costiere

Le mappe di distribuzione della Si-SiO₂ (Figura 94) fotografano bene la condizione delle acque nell'area a ridosso del delta padano: esse si presentano ricche di Si-SiO₂ in particolare in primavera ed in autunno. Gli andamenti temporali della silice per le due stazioni agli estremi della rete di monitoraggio, la stazione 2 (Lido di Volano) e la stazione 19 (Cattolica), sottolineano la maggiore variabilità del parametro nelle acque più settentrionali rispetto a quelle meridionali (Figura 95).

Il valore più elevato rilevato nel 2012 è pari a 1817.6 µg/l nella stazione 1002, 10 km antistante Lido di Volano, durante il monitoraggio del 10 maggio.

Silice reattiva

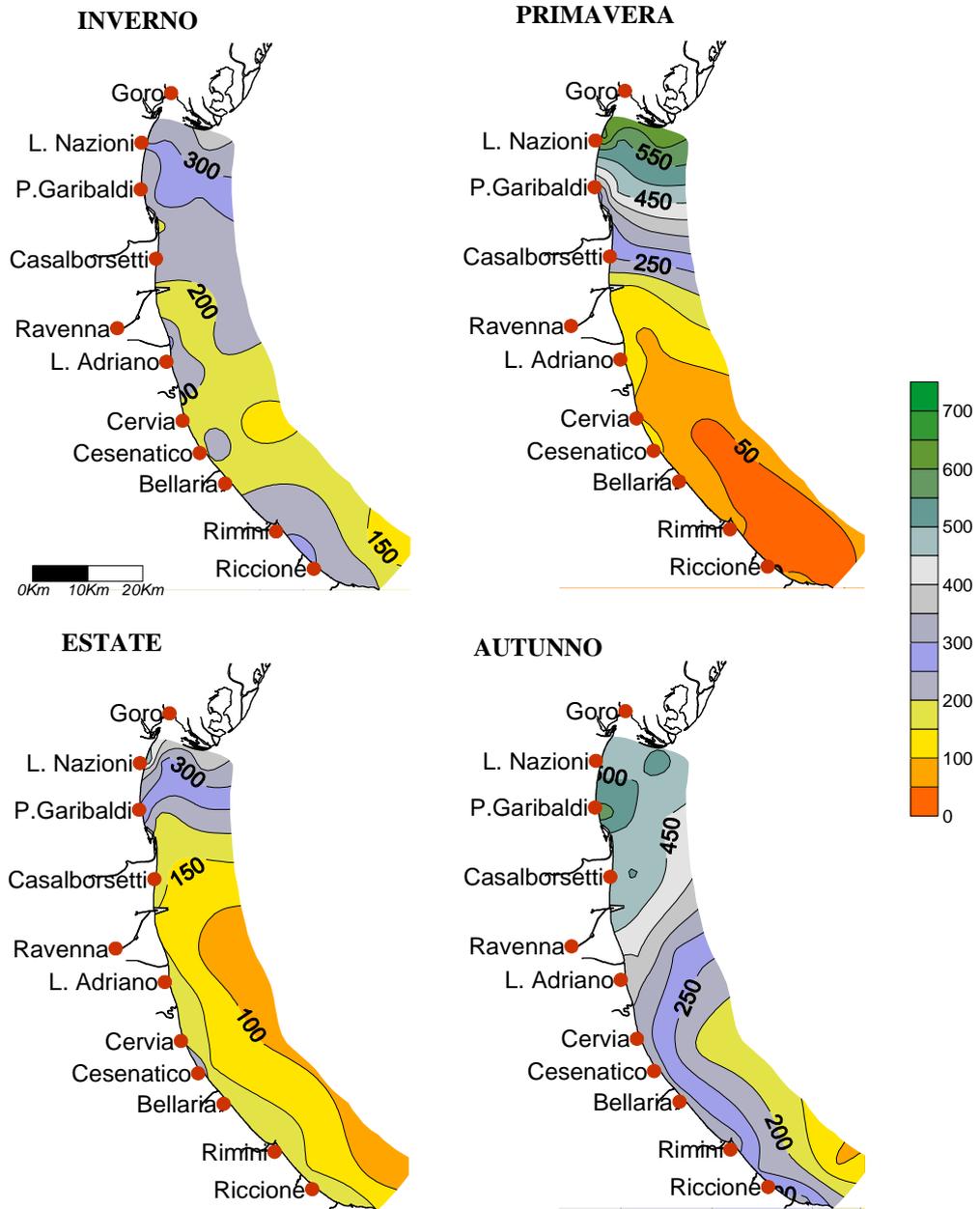


Figura 94 - Mappe di distribuzione della Si-SiO₂ (µg/l) in superficie da costa fino al largo (medie stagionali)

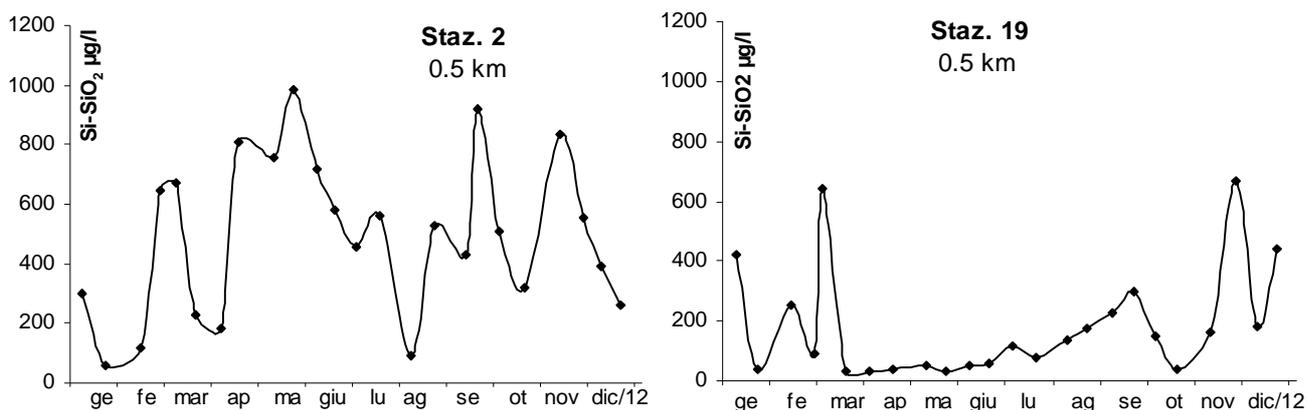


Figura 95 - Andamento temporale della Si-SiO₂ nella stazione 2 di Lido di Volano e 19 Cattolica

4.4.2.i Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

$$\text{N/P Ratio} = \frac{\text{N}-(\text{NO}_3+\text{NO}_2+\text{NH}_3)}{\text{PO}_4} = \frac{\text{DIN}}{\text{DIP}}$$

La componente DIN viene utilizzata con il P-PO₄ nel calcolo del rapporto N/P. 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 96) posizionate in particolare nella zona più settentrionale (stazioni 2 e 302 di L. di Volano), centrale (stazioni 14 e 314 di Cesenatico) e meridionale (stazioni 19 e 319 di Cattolica), evidenzia un'ampia variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica), con i minimi nel periodo estivo. Nell'intero periodo in esame prevale lo stato di fosforo-limitazione ad eccezione di alcuni sporadici casi in estate. L'andamento variabile del rapporto N/P tende a ridursi nelle stazioni meridionali.

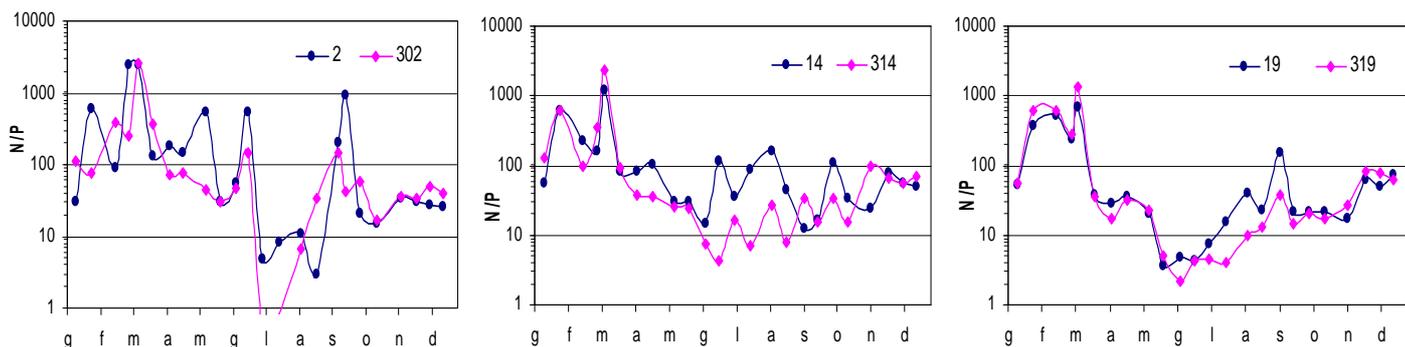
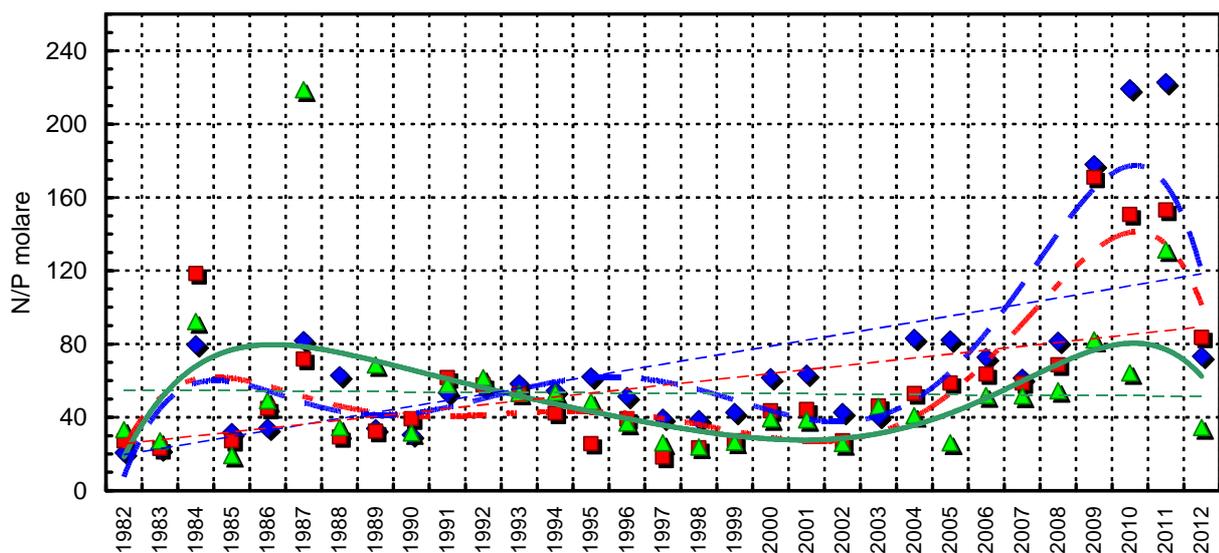


Figura 96 - Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni campione; la linea blu è relativa alle stazioni più costiere (2, 14 e 19), la linea fucsia a quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per quanto riguarda il rapporto N/P si è voluto rappresentare il trend evolutivo dei valori nelle tre aree costiere considerando il lungo periodo 1982-2012. Il calcolo delle medie geometriche annuali nel 2012 ha evidenziato una diminuzione rispetto ai due anni precedenti in tutte le aree, in particolare nelle stazioni più settentrionali dove la diminuzione è più netta (Figura 97).



◆ Stazioni 2-3-4 Goro-Comacchio ■ Stazioni 12-14 Cervia-Cesenatico ▲ Stazioni 19-319 Cattolica

Figura 97 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2012)

4.5 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

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

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

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

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

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

L'Indice Trofico permette infatti di ottenere un sistema di sintesi dei parametri trofici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici in modo da rendere le informazioni comparabili su un largo range di condizioni trofiche, evitando nello stesso tempo l'uso soggettivo di denominatori trofici tipici della terminologia limnologica.

I parametri fondamentali che concorrono alla definizione di un indice di trofia devono rispondere ai seguenti requisiti:

- essere pertinenti ad un disegno di Indice Trofico per le acque marino-costiere e quindi devono essere rappresentativi in termini sia di produzione di biomassa fitoplanctonica che di dinamica della produzione stessa, identificando i fenomeni in maniera significativa e inequivocabile;
- prendere in considerazione i principali fattori causali ed esprimere la massima variabilità complessiva del sistema;
- essere basati su misure e parametri di routine solitamente rilevati nella maggior parte delle indagini marine e nell'ambito di campagne di monitoraggio costiero.

Il set di parametri utilizzati per il calcolo dell'Indice Trofico (TRIX) si dividono in due categorie:

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

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

b) Fattori nutrizionali:

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

L'analisi dei dati mostra che nessuno dei parametri selezionati per il TRIX si distribuisce in maniera normale. L'esperienza insegna che per i parametri di interesse, la semplice trasformazione Log-decimale è più che indicata per approssimare alla distribuzione normale le distribuzioni dei dati grezzi.

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

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

Numericamente tale indice è differenziato in classi da 0 a 10 che coprono l'intero spettro di condizioni trofiche che vanno dalla oligotrofia (acque scarsamente produttive tipiche di mare aperto), alla eutrofia (acque fortemente produttive tipiche di aree costiere eutrofizzate, 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 trophic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Envirometrics Vol 9 issue 3 : 329-357.

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

In Figura 98 sono riportate le medie annuali del TRIX nelle stazioni posizionate a 0.5 e 3 km dalla costa in rapporto anche al valore limite di classe TRIX Buono/Sufficiente (linea nera). In generale il parametro mostra un netto trend in diminuzione nord sud. Le stazioni più settentrionali superano il valore limite di 5.0 sia a 0.5 km da costa sia a 3 km, quelle centrali (stazione 9 e 14) rimangono, in costa, al limite tra la classe Buono/Sufficiente, mentre a 3 km il valore medio rientra nella classe "Buono". In ultimo per le stazioni 17 e 19, più a sud lungo la costa, i valori di TRIX sono risultati essere sempre al disotto del valore limite di 5.

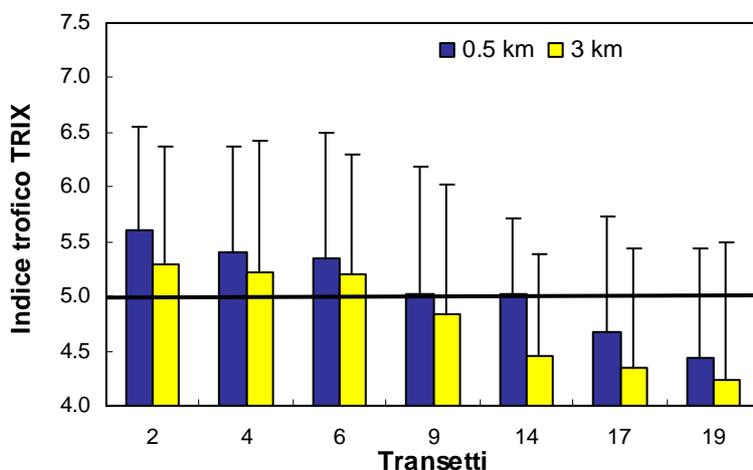


Figura 98 - Medie annuali del TRIX nel 2012 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa.

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06 (vedi Paragrafo 2.2.4), nel 2012 il valore medio annuale delle stazioni appartenenti al corpo idrico CD1 è stato di 5.4, mentre in quelle appartenenti al corpo idrico CD2 il valore medio annuale è stato di 4.6 (Figura 99). Tali valori identificano per il CD1 una condizione della qualità ambientale che non raggiunge lo stato “Buono”, caratterizzata da acque molto produttive con livello di eutrofia elevato e scarsa trasparenza, ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono comportare stati di sofferenza nel comparto bentonico, mentre per il CD2 il valore per il 2012 è stato di 4.6 che identifica quindi una condizione “Buona” della qualità ambientale.

Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel periodo 1996-2012 (vedi Figura 100), si evidenzia nuovamente il gradiente in diminuzione dell’Indice Trofico da nord verso sud e per il 2012 in particolare si segnala un netto abbassamento dei valori in tutte le stazioni. In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell’Indice Trofico in superficie nell’intera area monitorata (1200 km²) e mediata per stagione (vedi Figura 101). Le mappe indicano in inverno il raggiungimento di una condizione di “sufficiente” lungo tutta la costa. Questa condizione di stato trofico permane in primavera solo nella zona più a nord mentre nelle altre zone si instaura una condizione buona. In estate migliora lo stato trofico in tutte le stazioni raggiungendo una qualità ambientale “Buona” che rimane stabile in autunno per più della metà dell’area costiera. L’immissione di apporti elevati dal bacino padano e da quelli costieri hanno causato un abbassamento dell’indice di qualità ambientale da “buono” a “sufficiente” nelle altre zone monitorate.

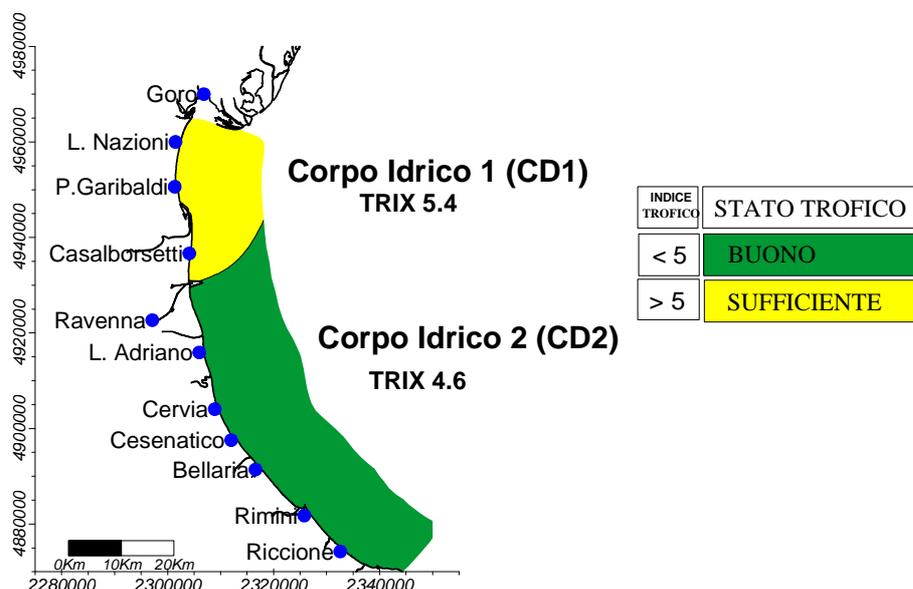


Figura 99 - Valori medi annuali 2012 di TRIX nei due corpi idrici

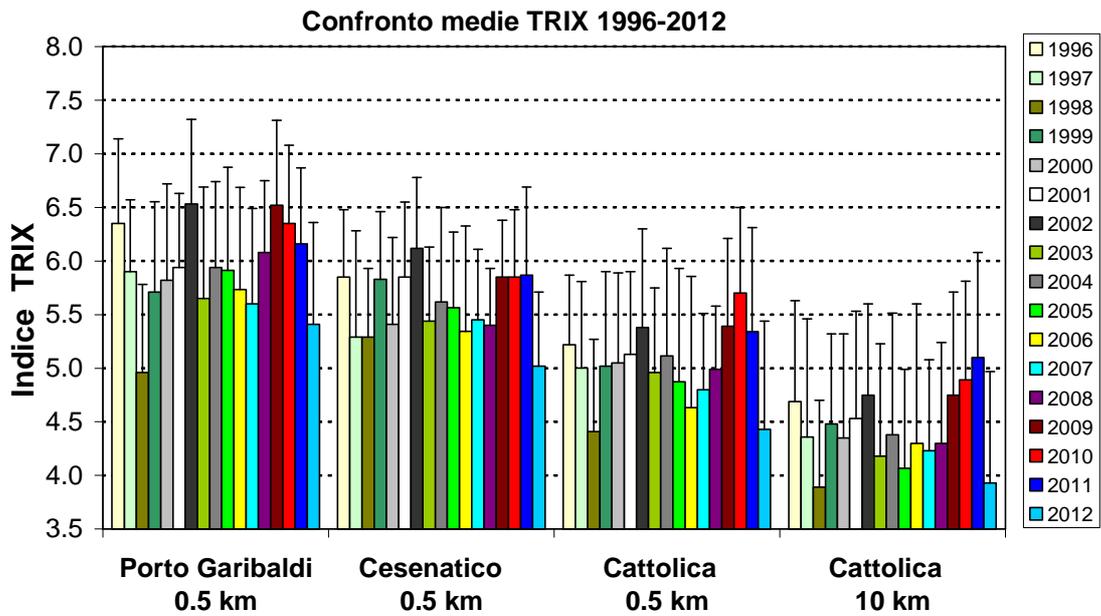


Figura 100 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2012 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19) e nella stazione al largo 10 km di Cattolica (stazione 1019)

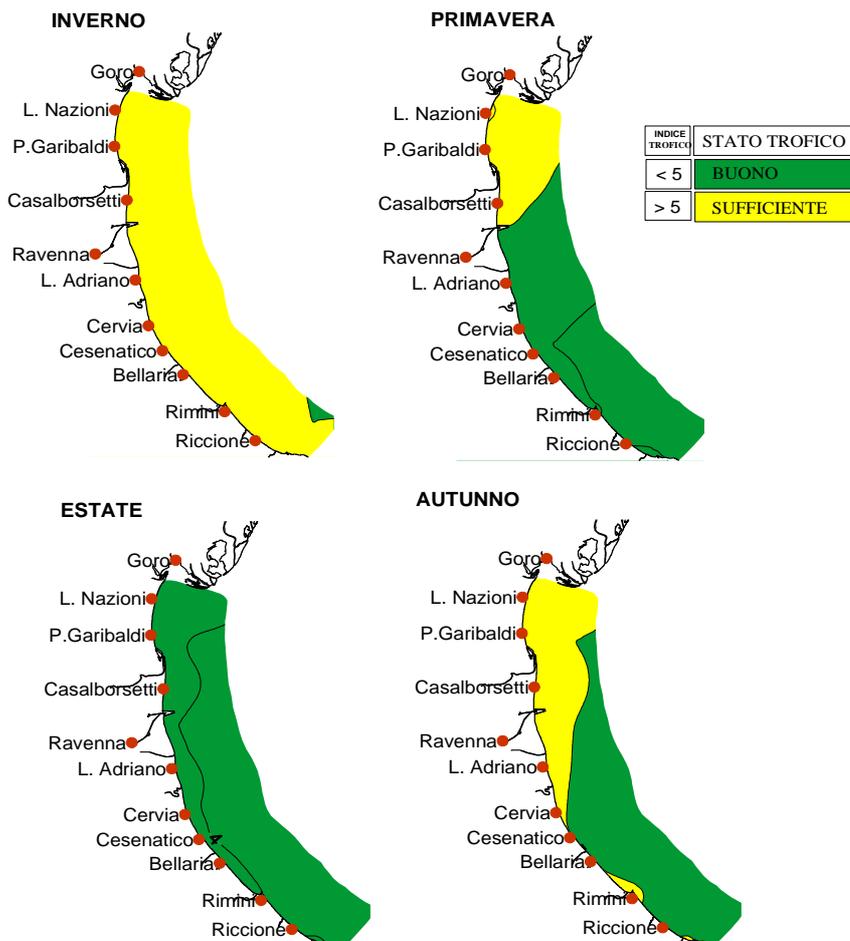


Figura 101 - Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

4.5.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L'analisi degli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX mostra una similitudine sia nelle stazioni settentrionali che in quelle meridionali (Figura 102) pur presentando in queste ultime valori più bassi ed una maggior variabilità per l'indice TRIX.

In generale, valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX intorno a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a". Nel 2012, il frequente superamento del valore di 2 di TRBIX testimonia sia nella stazione 4 che nella stazione 19 come la componente fitoplanctonica abbia contribuito in minima parte alla condizione di produttività del sistema.

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella figura Figura 103 attraverso l'utilizzo di uno scatter plot calcolato utilizzando i dati del TRIX verso il TRBIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km all'interno del CD1 e del CD2; il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di TRIX e TRBIX rispettivamente.

La localizzazione della combinazione dei valori all'interno di ciascun quadrante viene interpretata in base alla tabella allegata in Figura 103.

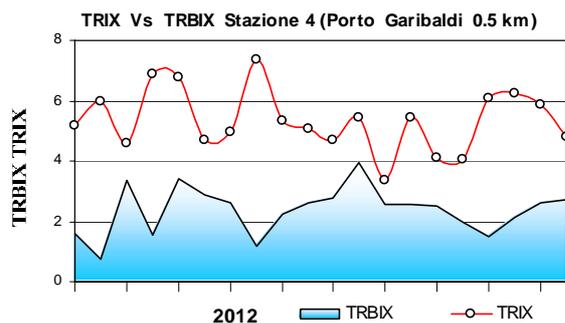
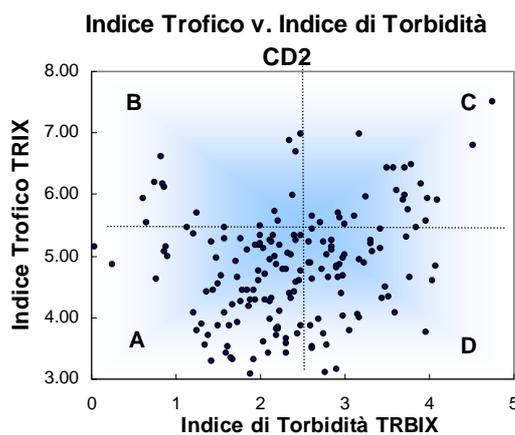
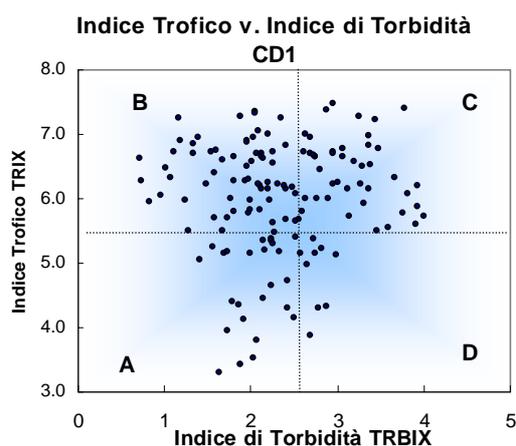


Figura 102 - Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra che per il CD1, quindi nell' area compresa da Lido di Volano a Casalborette, la maggior parte dei valori si distribuiscono nei quadranti B e C che identificano, in termini di TRBIX, acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale e valori di trasparenza più o meno ridotta. Nell'area compresa tra Lido Adriano e Cattolica, CD2, i dati si distribuiscono soprattutto nel quadrante A e D ed in minima parte nel C ad indicare un incremento della componente minerale rispetto a quella fitoplanctonica.



Schema di interpretazione dei quadranti derivati dalla combinazione del TRIX vs. TRBIX	
Quadrante B Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.	Quadrante C Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso-fangoso associato ad una variazione cromatica verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.
Quadrante A Acque poco o scarsamente colorate da fitoplancton e presenza di torbidità minerale; colore poco limoso con tonalità verde-azzurro-blu marino. Trasparenza alta.	Quadrante D Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunastro. Trasparenza molto ridotta.

Figura 103 - Diagrammi 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.Lgs152/06) in quanto soggetta a processi di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati e riportati al Paragrafo 2.2.4 (CD1 e CD2) sono corpi idrici a rischio ai quali viene applicato il monitoraggio operativo come previsto dal D.56/09.

L'attività di monitoraggio è finalizzata alla valutazione dello Stato di Qualità Ambientale delle acque marino; 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 biologici
 - composizione, abbondanza e biomassa del fitoplancton, segnalazione di fioriture di specie potenzialmente tossiche o nocive;
 - composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici e segnalazione dei taxa sensibili;
 - composizione, abbondanza e copertura dell'altra flora acquatica e segnalazione di taxa sensibili.

Nella costa emiliano-romagnola vengono monitorati solo i primi 2 elementi biologici sopra elencati, non essendo presenti macroalghe su substrati naturali né fanerogame marine.
- ◆ Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici
 - profondità, morfologia del fondale, caratteristiche del sedimento (sostanza organica e granulometria), regime correntometrico.
- ◆ Elementi fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici
 - trasparenza, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, nutrienti, clorofilla "a".
- ◆ Inquinanti specifici a sostegno degli elementi biologici
 - sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, ricercate nell'acqua e nel sedimento, di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative (tab. 1/B e 3/B D.56/09).

Gli elementi che possono contribuire alla definizione dello Stato Chimico sono gli inquinanti specifici dell'elenco di priorità ricercati nell'acqua, nel sedimento e, facoltativamente, nei mitili (tab. 1/A, 2/A e 3/A D.56/09).

5.1 RETE DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06 è costituita da 23 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica, a varie distanze dalla costa (da 0.5 km fino a 5 km). Nella Tabella 3 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento e in Figura 104 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio effettuata nel 2012 è schematizzata in Tabella 4. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico e relativa frequenza di indagine.

L'attività di monitoraggio nel 2012 è stata svolta in conformità a quanto previsto in tab. 3.7 del D.56/09 anche se con alcune variazioni che verranno descritte di seguito.

Tabella 3 - Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06 e s.m.ei.

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



Figura 104 - Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino-costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06

Tabella 4 - Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio eseguita ai sensi del D.Lgs152/06 - Anno 2012

		Elementi per lo Stato Ecologico					Elementi per lo Stato Chimico				
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chim.-fis.	Elementi idromorfologici e chim.-fis.	Inquinanti specifici NON appartenenti all'elenco di priorità		Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità			Test ecotossicologici
		Fitoplancton	Macrozoobenthos			Tab. 1/B D.56/09	Tab. 3/B D.56/09	Tab. 1/A D.56/09	Tab. 2/A D.56/09	Tab. 3/A D.56/09	
Frequenza di indagine	Quindicinale	Trimestrale/ Semestrale	Quindicinale	In continuo, Annuale	Trimestrale	Semestrale	Mensile	Semestrale	Annuale	Annuale	
Codice stazione di indagine	2										
	302										
	4										
	SFBC4		Trimestrale								
	304		Semestrale								
	BIOTA1										
	6										
	306										
	308										
	9										
	SFBC9		Trimestrale								
	309		Semestrale								
	BIOTA2										
	14										
	SFBC14		Trimestrale								
	314		Semestrale								
	BIOTA3										
	17										
	317										
	19										
SFBC19		Trimestrale									
319		Semestrale									
BIOTA4											

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 4).

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 4) e non bimestrale come richiesto dalla nuova normativa (D.56/09).

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

L'analisi delle serie temporali del fitoplancton, della biomassa microalgale, degli elementi chimici e più in generale dei fattori trofici lungo la costa dell'Emilia-Romagna, risultante dai dati acquisiti in trenta anni di monitoraggi a frequenza settimanale, mostrano in linea di massima, una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal D.56/09.

La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton è finalizzata alle seguenti valutazioni:

- Abbondanza (cell/l) e composizione di Diatomee;
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Dinoflagellate;
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Altri fitoflagellati;

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

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

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

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

L'indicatore fitoplancton dal punto di vista quantitativo è in gran parte influenzato dagli apporti di acque superficiali di origine continentale e il 2012 si distingue come un anno caratterizzato da apporti nettamente inferiori alla media del periodo storico (Figura 42). In particolare il periodo invernale e precedente (novembre-dicembre 2011) e l'inizio della primavera sono stati caratterizzati da eccezionali periodi siccitosi. Questo ha influito a posteriori su tutta la comunità fitoplanctonica con abbondanze inferiori rispetto al triennio precedente (Figura 105).

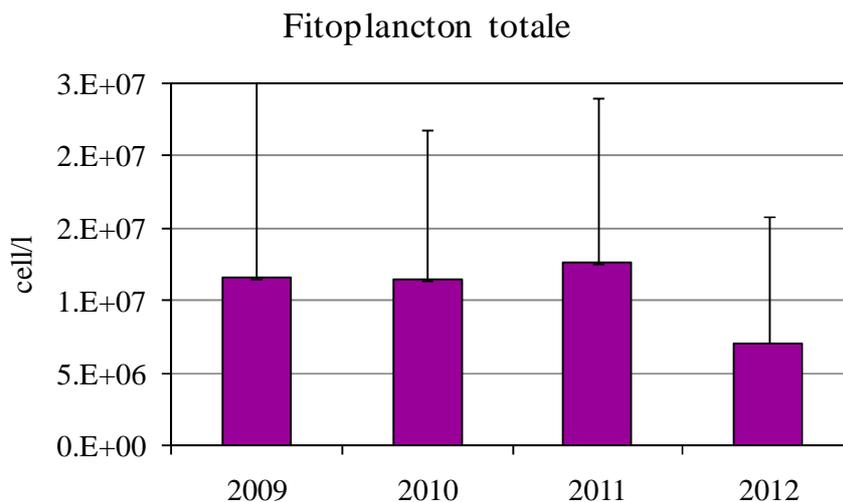


Figura 105 - Medie annuali di fitoplancton totale

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

Gli andamenti annuali delle abbondanze riferite a questa classe nelle stazioni sottocosta (Figura 106), mostrano una similitudine costante in tutte le stazioni sia settentrionali che meridionali, fanno eccezione la stazione 6 e 9 non sempre allineate con l'andamento generale soprattutto nei periodi in cui si registrano, per queste stazioni, le abbondanze minori.

Analizzando il contributo delle Diatomee da un punto di vista quantitativo (Figura 106) si nota un sostanziale decremento da inizio a fine anno con i massimi concentrati nel periodo invernale primaverile. In estate le abbondanze rimangono relativamente basse fino al mese di settembre quando si registra un picco seppur di scala inferiore rispetto a quelli registrati in primavera, in particolare per le stazioni 2 (Lido di Volano) 4 (Porto Garibaldi) e 9 (Lido Adriano).

Inoltre la Figura 107 evidenzia che le abbondanze registrate nelle stazioni meridionali sono inferiori rispetto alle stazioni settentrionali, sia sottocosta (0,5 km) che al largo (3 km); le stazioni settentrionali più al largo (3 km) mostrano abbondanze maggiori rispetto a quelle situate sotto costa (0,5 km) essendo sotto l'influenza della plume padana spesso ricca di nutrienti. I taxa più rappresentativi per abbondanza e frequenza durante tutto il 2012 sono *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp (Figura 110). Il primo domina tutto l'inverno a partire già da novembre e per poi finire ad inizio primavera. Invece bloom di *Chaetoceros* spp. si verificano in primavera inoltrata tra aprile e maggio, in agosto e in settembre (Figura 109).

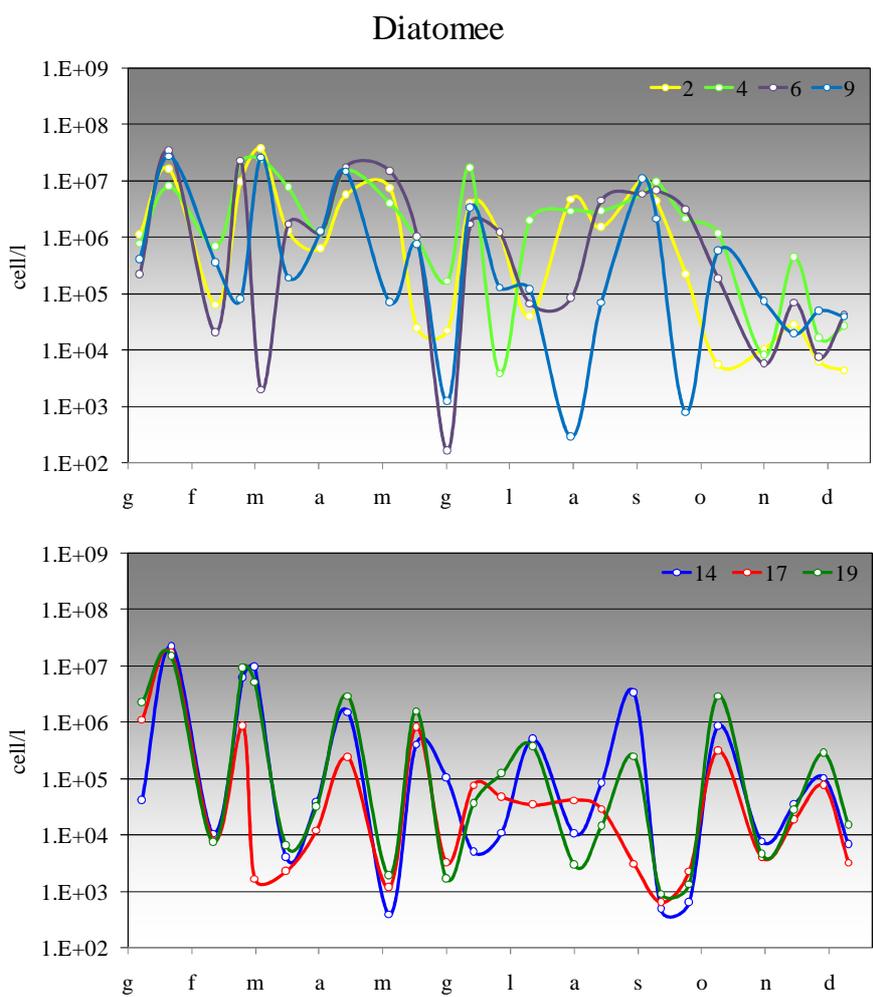


Figura 106 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)

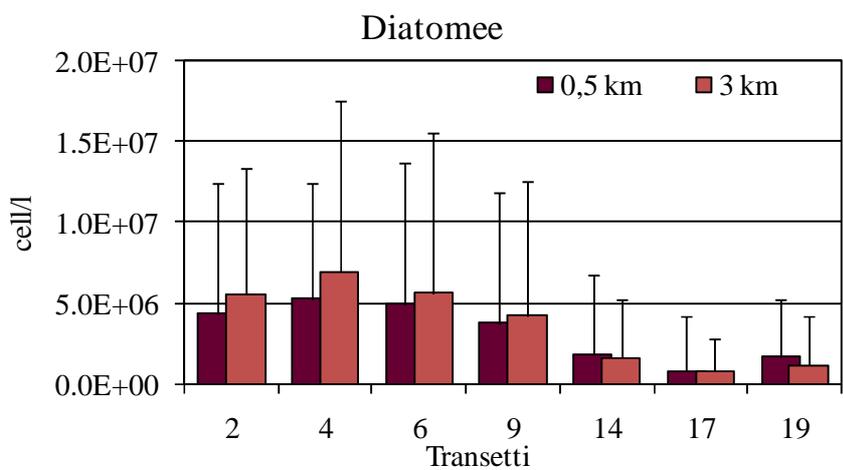


Figura 107 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

La concentrazione massima di *Skeletonema* spp. (36.6×10^6 cell/L) si registra nella stazione 2 (Lido di Volano) nel monitoraggio dell'8 marzo mentre il quantitativo massimo di *Chaetoceros* spp. (15.1×10^6 cell/l) nel monitoraggio del 18 giugno nella stazione 4 (Porto Garibaldi).

Altri taxa che hanno sviluppato fioriture durante l'anno sono: *Thalassiosira* spp. 2.9×10^6 cell/l, valore registrato il 17 settembre nella stazione 309 (Lido Adriano); *Nitzschia* spp. 2.5×10^6 cell/l, valore registrato il 17 settembre nella stazione 6 (Casalborsetti).

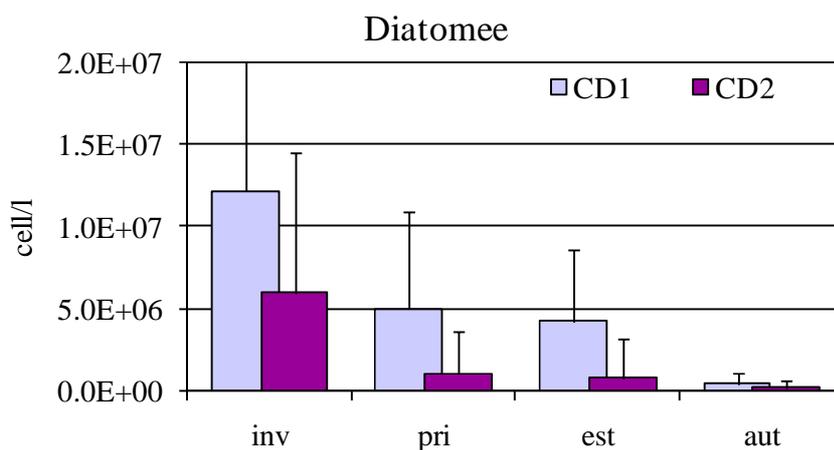


Figura 108 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

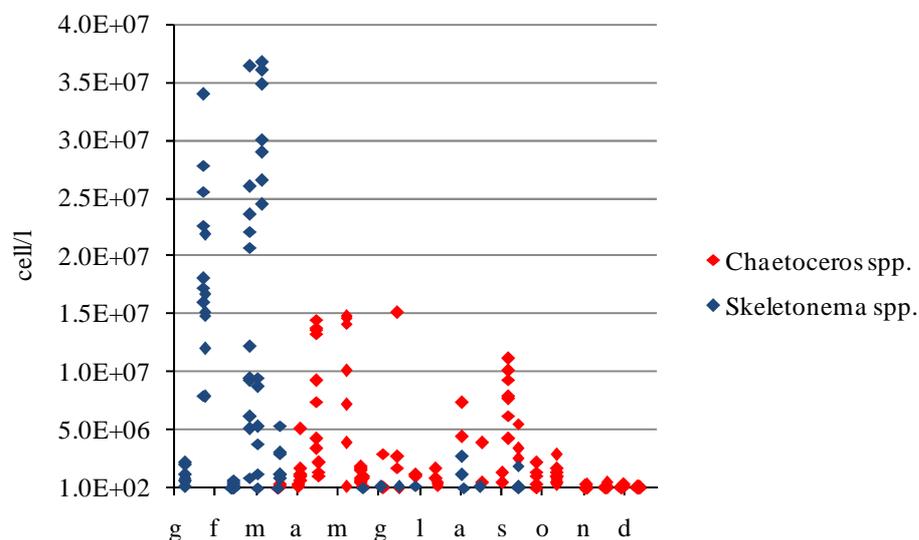


Figura 109 - Distribuzione annuale delle abbondanze di *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp.

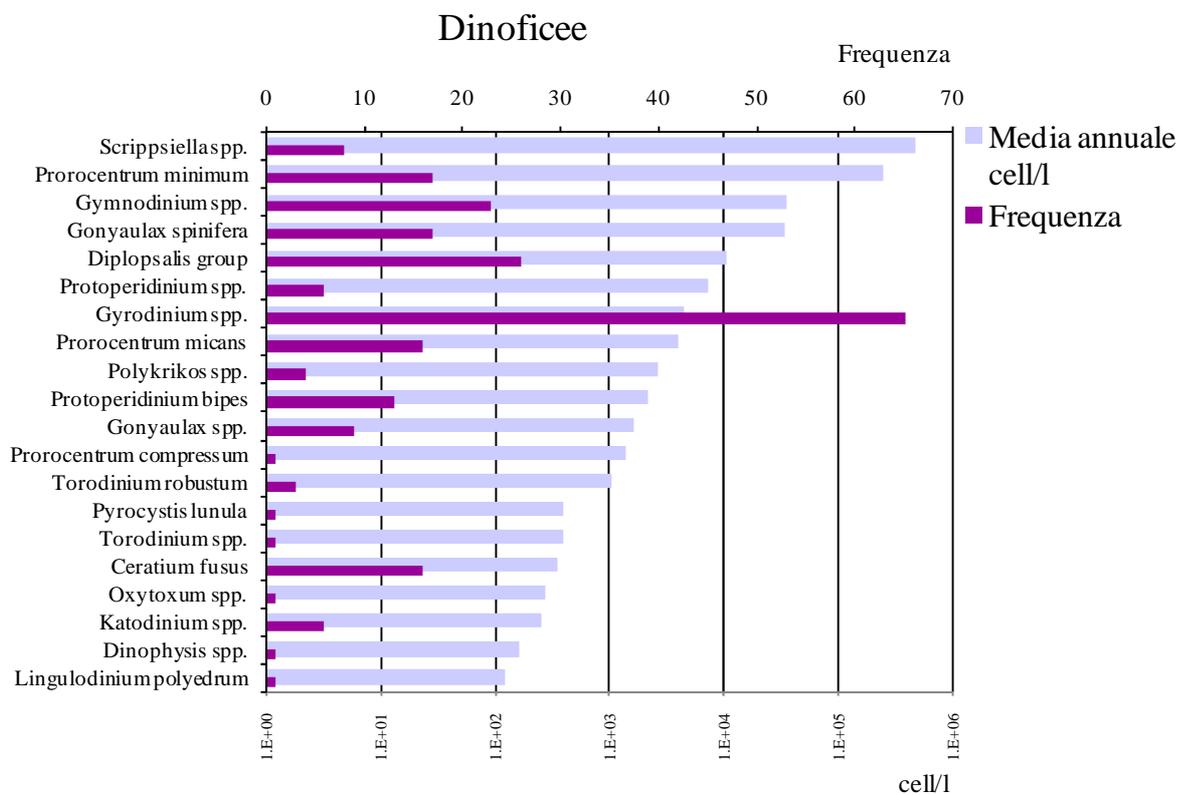
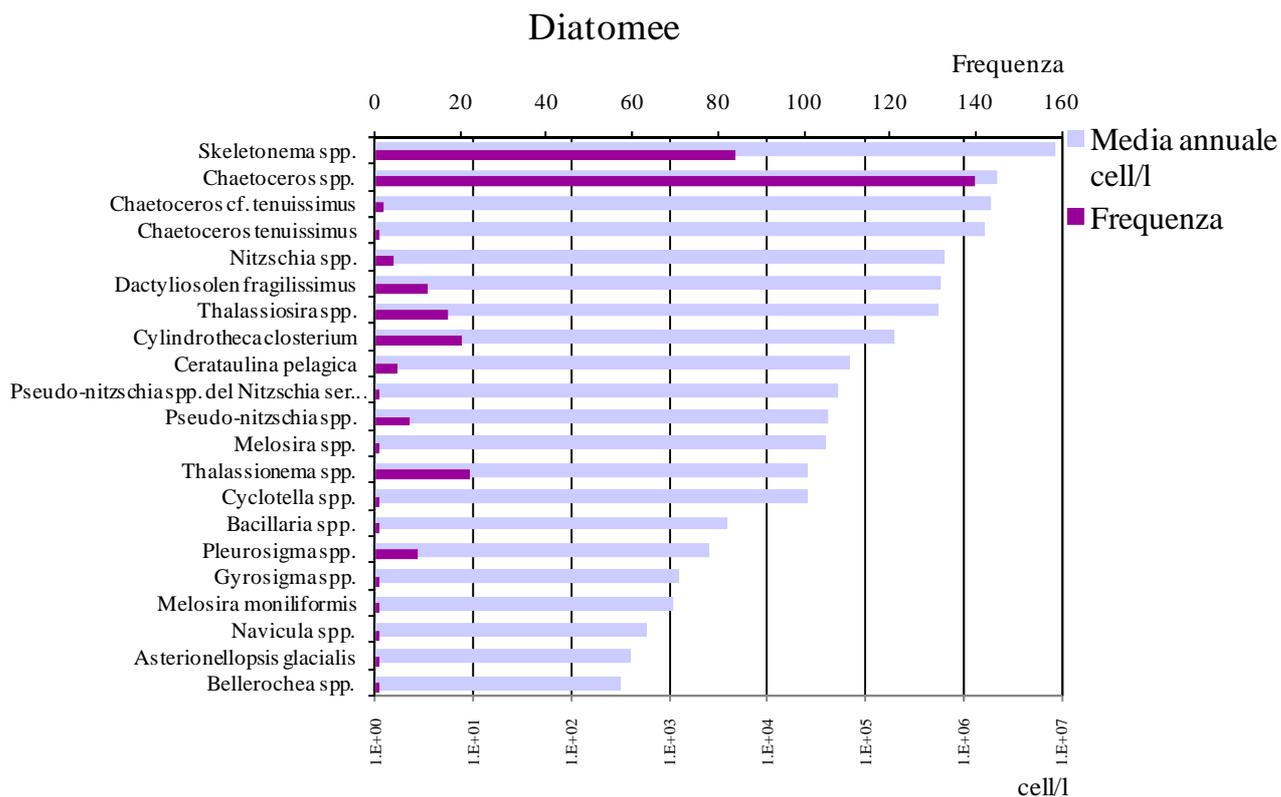


Figura 110 – Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (anno 2012)

Per quanto riguarda la classe delle Dinofitee (Dinophyceae) gli andamenti delle abbondanze rilevate sottocosta (Figura 111) sono più dissimili nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle meridionali. Dal punto di vista quantitativo questa classe non mostra variazioni rilevanti rispetto al 2011 se si considerano gli andamenti delle medie quindicinali, eccezione fatta per il periodo tra giugno ed agosto; durante questi tre mesi si sono verificati sporadici ma consistenti episodi di fioriture a carico di *Scrippsiella* spp. e *Prorocentrum minimum* nelle stazioni più settentrionali (2, 4, 304, 6). In particolare si registrano rispettivamente 3.5×10^6 cell/l il 17 luglio nella stazione 2 (Lido di Volano) e 1.0×10^6 cell/l il 18 giugno nella stazione 304 (Porto Garibaldi). Questi taxa hanno fatto registrare i valori più alti tra i taxa dominanti anche se presenti con frequenze basse (Figura 110), mentre *Gyrodinium* spp. risulta il taxa che è comparso con maggior frequenza durante l'anno (Figura 110).

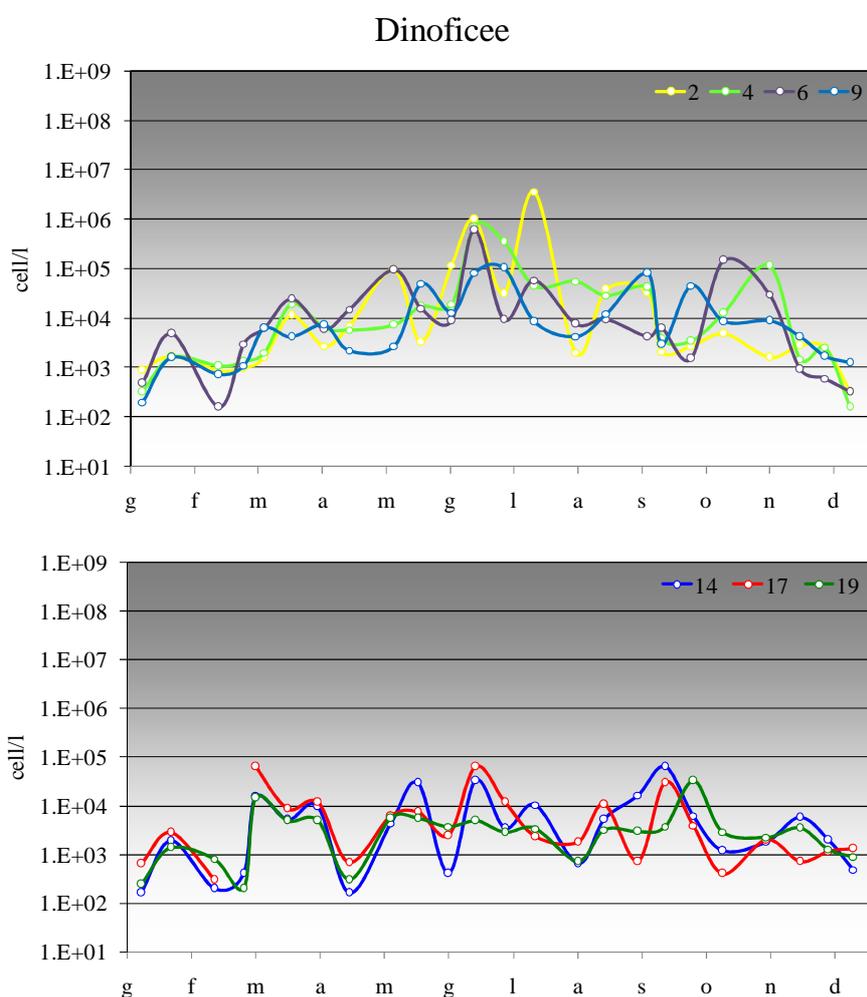


Figura 111 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinofitee nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)

Le abbondanze maggiori si riscontrano in primavera ed estate e nelle stazioni più settentrionali (Figura 112). Nella stazione 2 si registra il valore medio annuale più elevato (Figura 113) a causa dell'episodio di fioritura di *Scrippsiella* spp. già citato sopra. Gli Altri fitoflagellati determinano una frazione importante dell'abbondanza totale di fitoplancton; questo gruppo risponde bene e in tempi brevi in concomitanza di apporti cospicui di acqua dolce in mare (Figura 114).

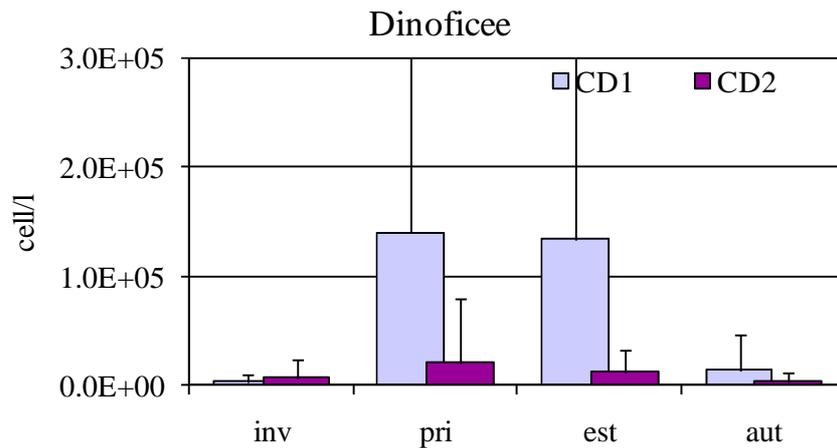


Figura 112 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

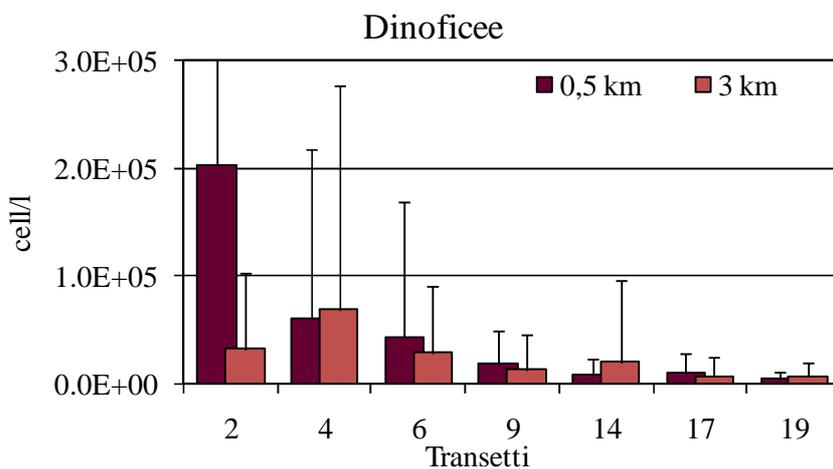


Figura 113 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

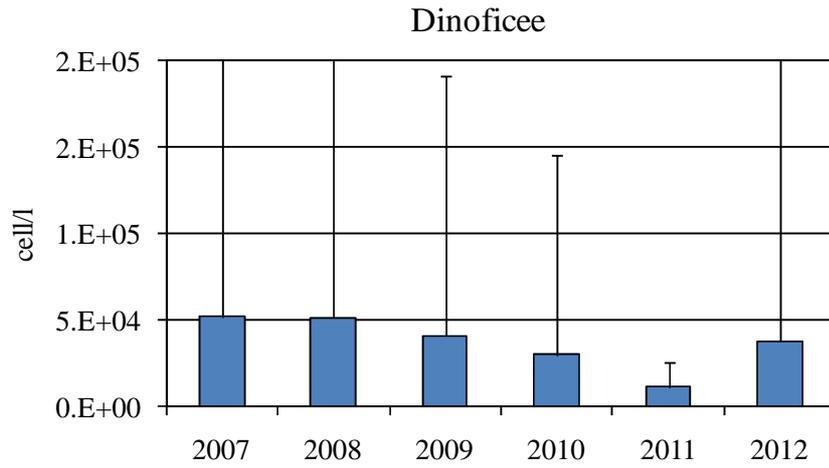


Figura 114 - Andamento delle medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee

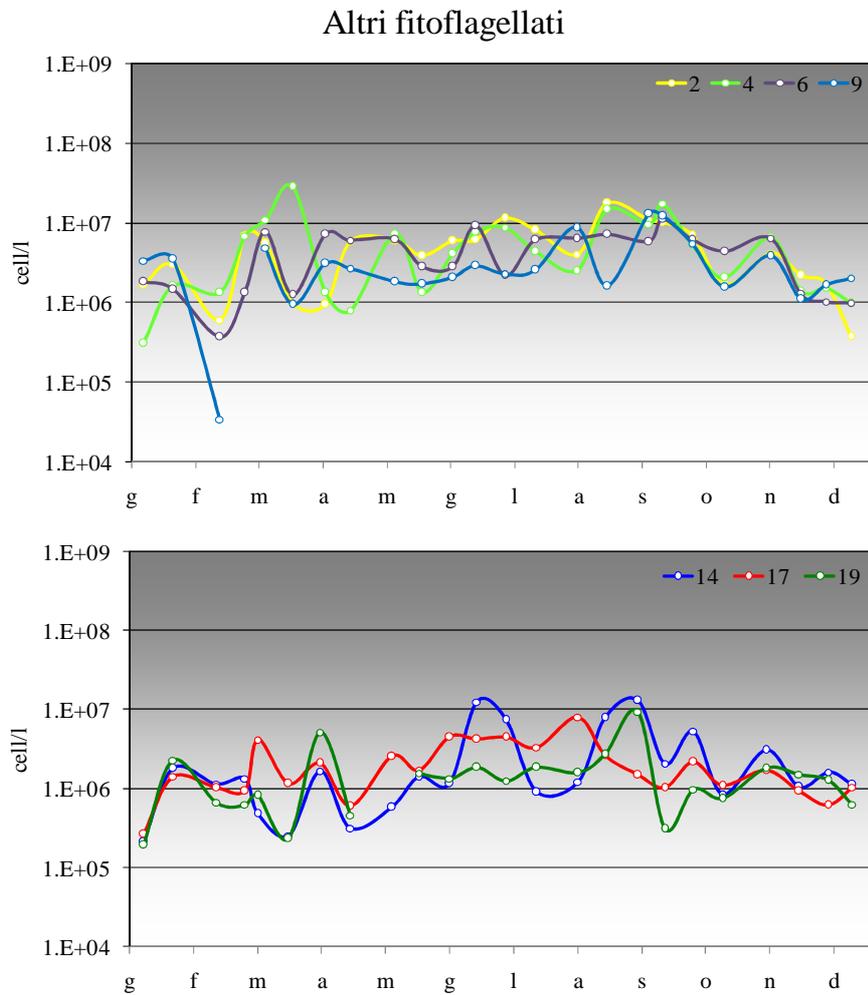


Figura 115 - Andamento annuale delle abbondanze degli altri fitoflagellati nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)

Come si è osservato per le Diatomee, anche questo gruppo ha risentito del periodo siccitoso invernale ed i quantitativi registrati sono nettamente inferiori rispetto a quelli degli anni precedenti.

Questo è evidente analizzando le abbondanze rilevate sotto costa nel periodo invernale sia a nord che a sud (Figura 115). Se si considerano le abbondanze medie annuali (Figura 116), si osserva un gradiente decrescente da nord a sud. Solo la stazione 4 (Porto Garibaldi) si discosta leggermente da questo gradiente registrando valori superiori rispetto alla stazione stazione 2 più settentrionale. Come per le Dinoficee gli Altri Fitoflagellati tendono ad aumentare nel periodo estivo ed in particolare nel settore settentrionale (Figura 117).

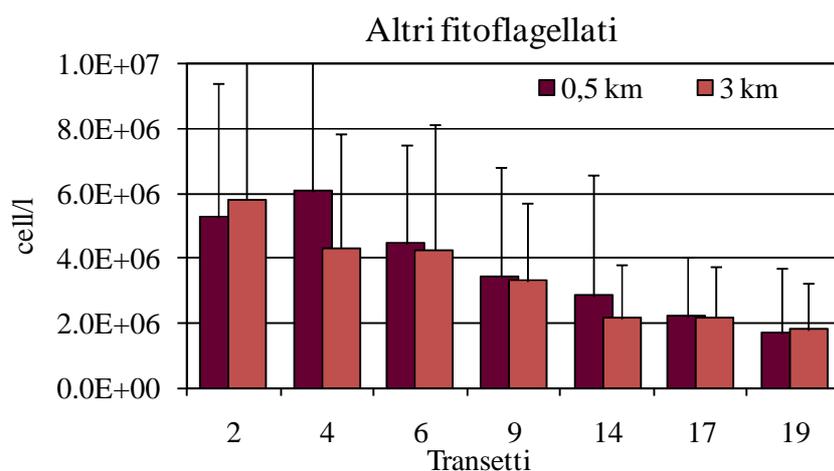


Figura 116 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze degli Altri fitoflagellati nelle stazioni a 0.5 e 3 km

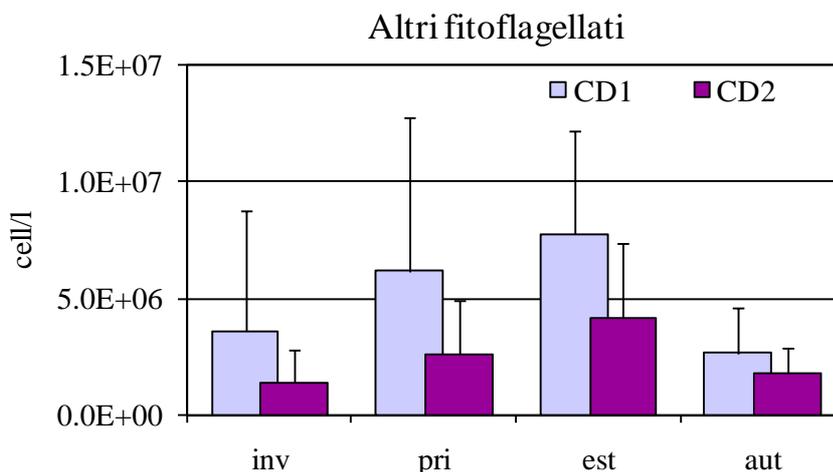


Figura 117 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze degli Altri fitoflagellati nei corpi idrici CD1 e CD2

Tabella 5 - Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2012

Classe	Taxa
Bacillariophyceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Bellerochea</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>tenuissimus</i>
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>
Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>
Bacillariophyceae	<i>Gyrosigma</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Melosira moniliformis</i>
Bacillariophyceae	<i>Melosira</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia</i> ser. complex
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> spp.
Dinophyceae	<i>Ceratium fusus</i>
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> spp.
Dinophyceae	<i>Diplopsalis</i> group
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>
Dinophyceae	<i>Gonyaulax</i> spp.
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Katodinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Lingulodinium polyedrum</i>
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> spp.
Dinophyceae	<i>Polykrikos</i> spp.
Dinophyceae	<i>Prorocentrum compressum</i>
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>
Dinophyceae	<i>Prorocentrum minimum</i>
Dinophyceae	<i>Protoperidinium bipes</i>
Dinophyceae	<i>Protoperidinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Pyrocystis lunula</i>
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> spp.
Dinophyceae	<i>Torodinium robustum</i>
Dinophyceae	<i>Torodinium</i> spp.

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

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

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

Il D.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;
- valore di riferimento (mg/m^3) 1.8;
- limite di classe: Buono/Elevato $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ con RQE 0.75, Buono/Sufficiente $3.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ con RQE 0.51.

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

Andando a considerare le medie geometriche stagionali (Figura 118) le concentrazioni maggiori si registrano per CD1 in inverno, nelle stagioni a seguire tendono a diminuire. Nel CD2 le concentrazioni maggiori si registrano sempre in inverno; in primavera ed estate subentra un calo maggiore del 50% rispetto ai valori invernali mentre in autunno si assiste ad un lieve aumento del parametro a causa delle precipitazioni avutesi in novembre.

In Figura 119 si nota come in inverno, primavera ed estate le concentrazioni di clorofilla “a” siano sostenute dalle abbondanze di Diatomee e Dinoflagellate piuttosto che di Altri Fitoflagellati, questi ultimi sostengono invece le concentrazioni di clorofilla autunnali.

Osservando le medie geometriche annuali di clorofilla “a” calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale nel 2012, si può affermare che il valore soglia di $3.5 \mu\text{g}/\text{l}$ non viene superato effettuando una valutazione a livello di corpi idrici (Figura 120) invece, valutando le singole stazioni (Figura 121) si hanno lievi superamenti nelle stazioni settentrionali (2, 4, 6) sia sotto costa che al largo e solo sottocosta per la stazione 9.

In (Figura 122) vengono riportate le medie mensili di clorofilla “a” per ogni stazione costiera (0.5 km) e al largo (3 km). Tra le stazioni costiere appartenenti a CD1 la 4 di Porto Garibaldi è quella che mostra le concentrazioni medie mensili maggiori, mentre per il CD2 è la stazione 9 di Lido Adriano. I massimi valori di clorofilla “a” sono stati registrati il 24 gennaio nella stazione 314 di Cesenatico con $42.50 \mu\text{g}/\text{l}$ e il 23 gennaio nella stazione 4 (Porto Garibaldi) con $39.50 \mu\text{g}/\text{l}$; in entrambi i rilevamenti era in atto una fioritura di *Skeletonema* spp.

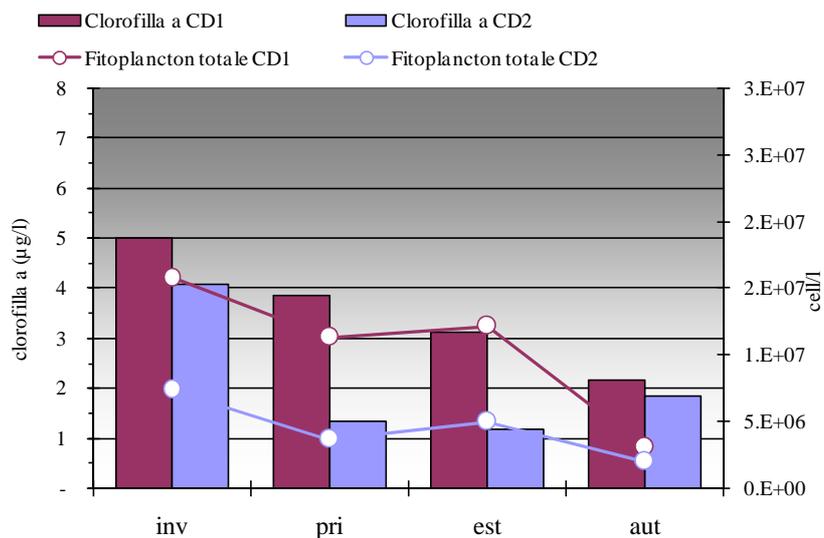
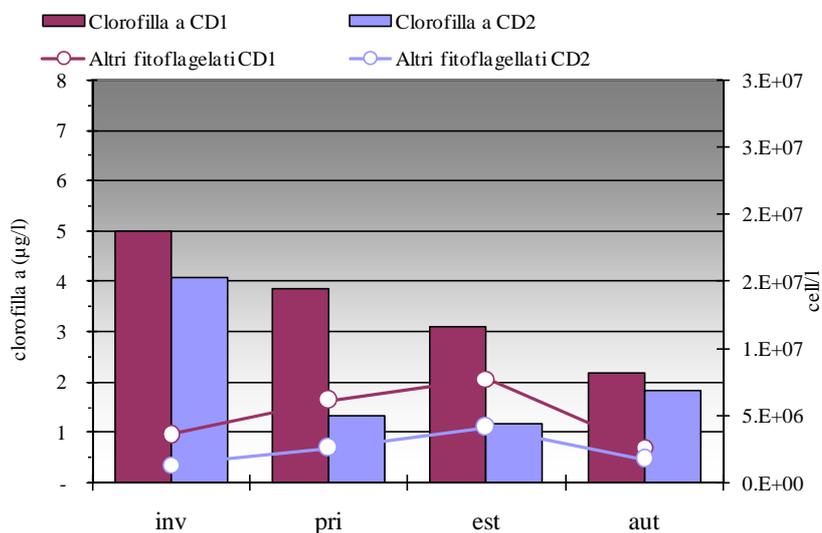


Figura 118 - Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla "a" e di fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

a)



b)

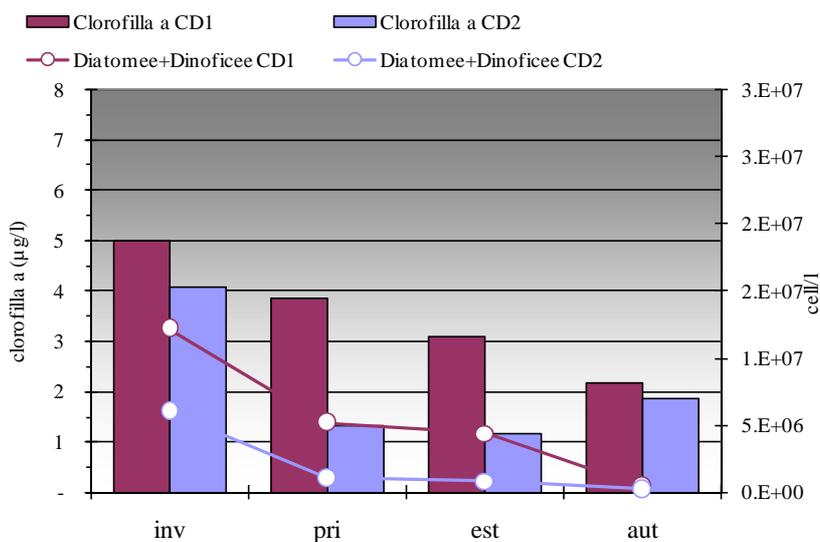


Figura 119 - Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla "a" confrontati con a) Altri fitoflagellati b) Diatomee+Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

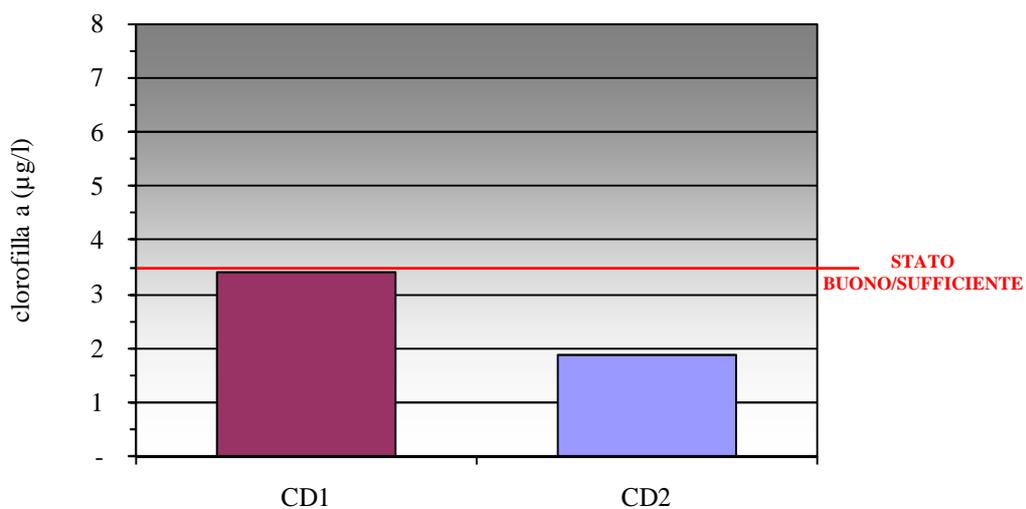


Figura 120 - Medie geometriche annuali di clorofilla “a” nei corpi idrici calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale

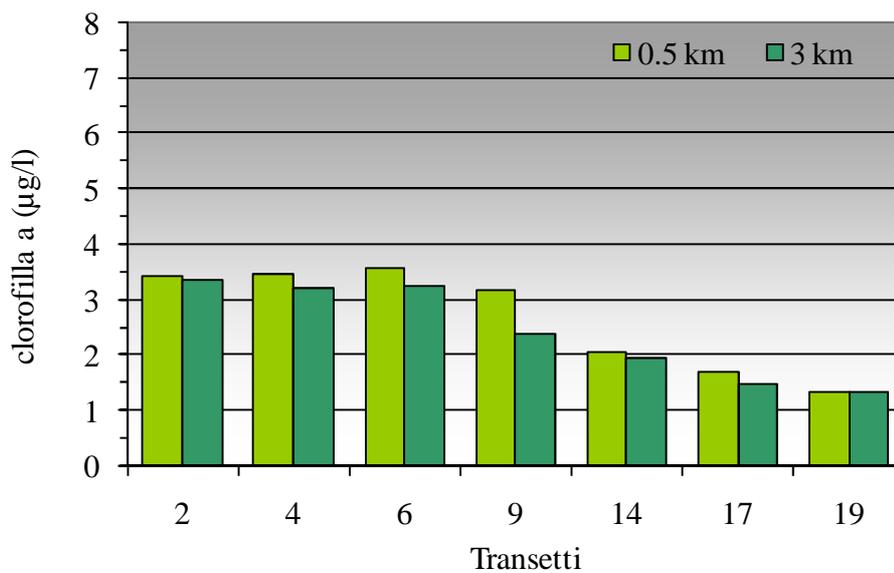


Figura 121 - Medie geometriche annuali di clorofilla “a” nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale

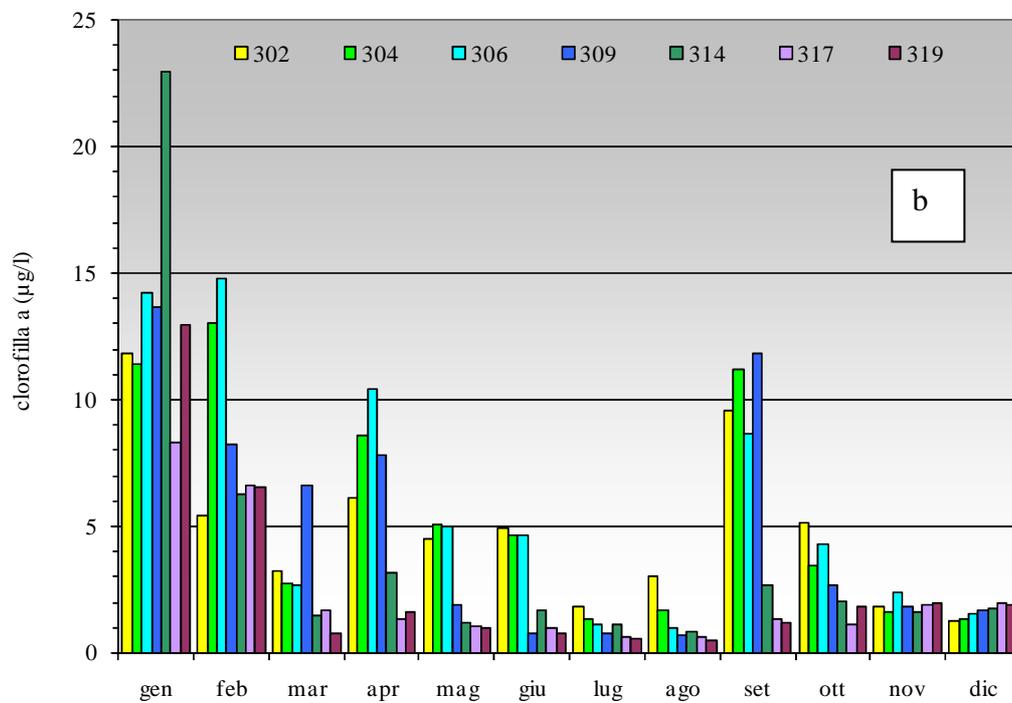
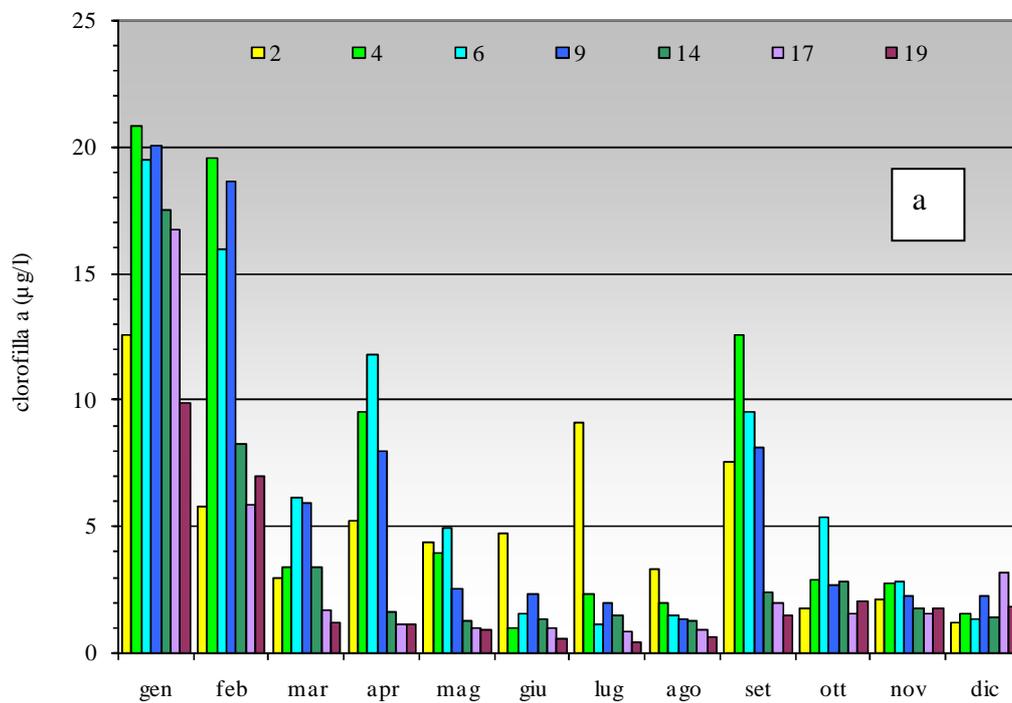


Figura 122 - Medie mensili di clorofilla "a" nelle stazioni a 0.5 km (a) e a 3 km (b)

5.2.1.b Macrozoobenthos

Lo studio delle comunità macrobentoniche dei fondi marini viene soprattutto applicato nelle indagini degli ambienti perturbati, soggetti a diversi tipi di inquinamento o dei sistemi naturalmente ipossici. I lavori che ne emergono riguardano sia descrizioni delle variazioni della struttura delle comunità bentoniche in relazione ai gradi di alterazione ambientale, sia metodi in grado di stabilire, con maggior o minor efficacia, il grado di alterazione sulla base delle caratteristiche strutturali della comunità. Infatti gli organismi bentonici non potendo compiere grandi spostamenti sono sottoposti per tutto il proprio ciclo vitale alle condizioni ambientali più o meno perturbate presenti nella zona, mostrando di conseguenza gli effetti dell'esposizione prolungata a diversi fattori ambientali e di inquinamento. Tali effetti si manifestano alterando la fisionomia del popolamento sia in termini di composizione in specie, sia in termini di numero di specie e rapporti di abbondanza tra specie.

Le biocenosi sono delle associazioni di popolazioni di specie diverse che popolano lo stesso habitat e che interagiscono tra di loro e con l'ambiente fisico. Le biocenosi comprendono specie caratteristiche la cui presenza è di fondamentale importanza per la loro individuazione; di conseguenza la loro delimitazione è definita dalla composizione tra le specie caratteristiche esclusive e/o preferenziali e le accompagnatrici. La composizione granulometrica nonché le batimetrie sono condizioni necessarie ma non sufficienti alla individuazione delle biocenosi.

Vengono di seguito riportati i risultati riguardanti due biocenosi: quelle delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, dal francese *Sables Fins Bien Calibrés*) e quella dei VTC (Fanghi Terrigeni Costieri, dal francese *Vases Terrigènes Côtières*).

Le biocenosi delle SFBC sono costituite da sedimento composto di sabbie fini generalmente sprovvisto di elementi grossolani come il detrito conchigliare. Si tratta di una biocenosi puramente animale il cui macrobenthos è dominato soprattutto dal Phylum dei Molluschi e degli Anellidi (Policheti) a cui seguono gli Artropodi (Crostei), gli Cnidari e gli Echinodermi.

Le biocenosi dei VTC occupano aree sottoposte ad un basso regime idrodinamico in cui avviene la sedimentazione dei fanghi di origine terrigena.

La 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 3).

La frequenza di campionamento è trimestrale o stagionale: febbraio, maggio, agosto, novembre per le stazioni posizionate a 1 km dalla costa e, semestrale (aprile, novembre) per le stazioni ubicate a 3 km dalla costa (vedi Tabella 4).

Anche la frequenza di campionamento per l'indagine sul macrozoobenthos, per le stesse considerazioni riportate per il fitoplancton, sono più ravvicinate rispetto alla frequenza di misure richiesta dal D.56/09.

La necessità di raddoppiare la frequenza di campionamento che da semestrale, come prevede la normativa, passa a trimestrale per le stazioni ubicate a circa 1 km dalla costa è dovuta anche in considerazione delle variazioni significative degli stati di ossigenazione delle acque bentiche che influiscono sulla dinamica della popolazione degli organismi di fondo e quindi sul numero di specie e individui che compongono la comunità.

Tabella 6 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC

Phylum	SFBC4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	304	309	314	319
Anellida	16	14	18	14	10	12	10	17
Arthropoda	10	8	17	10	3	5	11	13
Cnidaria	0	0	0	0	2	0	0	1
Echinoderma	0	0	2	1	0	1	2	2
Idroidomeduse	0	0	1	0	0	0	1	0
Mollusca	11	9	21	17	5	11	10	14
Phoronida	2	0	2	0	0	1	0	0
Sipuncula	1	1	1	1	1	1	1	2
Totale	40	32	62	43	21	31	35	49

Tabella 7 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	304	309	314	319
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917	X			
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X
	CAPITELLIDAE	<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963				X
		<i>Eumida sanguinea</i>	Berthold, 1827				X
	EUNICIDAE	<i>Eumicidae indet.</i>	Cuvier, 1817				X
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X		X	X
	FLABELLIGERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)				X
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833		X		
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818		X		
	LUMBRINERIDAE	<i>Lumbrineris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)		X		X
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834				X
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958				X
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000			X	X
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863		X		
		<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)		X		
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865		X		X
	NEPHTYDAE	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X	X	X
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia cuvieri</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)				X
		<i>Orbinidae indet.</i>	Quatrefages, 1865	X			
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841		X	X	X
	PARAONIDAE	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959			X	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865			X	X
		<i>Chone sp.</i>	Kroyer, 1856			X	
	SABELLIDAE	<i>Megalomma lanigera</i>	(Grube, 1846)		X		
		<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832	X			
SIGALIONIDAE	<i>Sthenelais boa</i>	(Johnston, 1833)	X				
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	
SPIONIDAE	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	
TEREBELLIDAE	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)	X				
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X
		<i>Apseudes latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)				X
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867		X	X	X
		<i>Iphinoe tenella</i>	J.O.Sars, 1878		X	X	X
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)				X
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867			X	

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	304	309	314	319
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965			X	X
		<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			X	X
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			X	X
	PORTUNIDAE	<i>Carcinus aestuarii</i>	Nardo, 1847	X	X	X	X
		<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)			X	
PROCESSIDAE	<i>Processa nouveli nouveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975				X	
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne longicorne</i>	(Bate, 1858)			X	X	
CNIDARIA	ACTINARIA	<i>Anthozoa indet.</i>		X			
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)	X			X
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphipholis squamata</i>	(Delle Chiaje, 1828)			X	X
		<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843				X
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844		X		
		<i>Trachythone tergestina</i>	(M. Sars, 1857)			X	
IDROIDOMEDUSE	TUBULARIIDAE	<i>Ectopleura crocea</i>	(L. Agassiz, 1862)			X	
MOLLUSCA	ARCIDAE	<i>Anadara inaequivalvis</i>	(Bruguière, 1789)	X	X	X	X
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X
	DONACIDIAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)				X
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)		X	X	X
	MONTACUTIDAE	<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)			X	
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)				X
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X		
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X		
	NUCULANIDAE	<i>Nuculana pella</i>	(Linné, 1758)				X
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)		X	X	X
		<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)				X
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)		X		X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)		X		
TELLINIDAE	<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X	
	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)			X	X	
VENERIDAE	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)			X	X	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889		X		
SIPUNCULA	GOLFINGIIDAE	<i>Golfingia sp.</i>				X	
	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766	X	X	X	X

Tabella 8 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	4	9	14	19	
ANNELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917			X	X	
		<i>Ampharete</i> sp.	Malmgren, 1866	X				
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X	
	EUNICIDE	<i>Eumida sanguinea</i>	Berthold 1827			X		
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X	X	X		
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)				X	
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X		X	
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861		X			
	LUMBRINERIDAE	<i>Lumbrineris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)		X			
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958	X	X			
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X	X	X	X	
	MALDANIDAE	<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)		X			
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865				X	
		<i>Maldanidae</i> sp.	Grube, 1860				X	
	NEPHTYDAE	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	
	NEREIDIDAE	<i>Nereis</i> sp.					X	
		<i>Nereididae</i> indet.					X	
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Auouin & Milne-Edwards, 1833		X	X		
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X		X	X	
	OPHELIIDAE	<i>Ophelia</i> sp.		X				
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia cuvieri</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)	X	X	X		
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	
	PARAONIDAE	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X				
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865				X	
	SABELLIDAE	<i>Chone</i> sp.	Kroyer, 1856			X	X	
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			X	X	
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)	X		X		
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	
		<i>Prionospio cirrifer</i>	Wiren, 1883			X		
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870	X		X		
TEREBELLIDAE	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)	X	X		X		
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	
		<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)			X		
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)			X		
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)			X		
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867	X	X	X	X	
		<i>Iphinoe</i> sp.				X		
	CAPRELLIDAE	<i>Iphinoe tenella</i>	J. O. Sars, 1878	X	X	X	X	
		<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X	
	SIPHONOCETIDAE	<i>Siphonocetes dellavallei</i>	Stebbing, 1899			X		
		<i>Siphonocetes</i> sp.		X				
	DIAGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)			X		
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)				X	
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867	X	X	X	X	
	ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)			X		
		<i>Erichthonius</i> sp.				X		
	LEUCOTHOIDAE	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			X		
		<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965		X		X	
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976				X	
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)		X	X	X	
		<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)	X		X		
	PROCESSIDAE	<i>Processa noveli noveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975	X				
	PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X	X	X	
	UROTHOIDAE	<i>Urothoe poseidonis</i>	Reibisch, 1905	X				
	ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphipholis squamata</i>	(Della Chiaje, 1828)			X	X
		LOVENIIDAE	<i>Echinocardium cordatum</i>	Pennant, 1777			X	
	IDROIDOMEDUSE	TUBULARIIDAE	<i>Ectopleura crocea</i>	(L. Agassiz, 1862)			X	
	MOLLUSCA	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)			X	
		ARCIDAE	<i>Anadara inaequivalvis</i>	(Bruguère, 1789)			X	X
			<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X
		CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)		X	X	X
<i>Lentidium mediterraneum</i>			(Costa O.G., 1829)	X		X		
CYLICHNIDAE		<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)			X	X	

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	4	9	14	19
	DONACIDIAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X		X	
	IRAVADIIAE	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)				X
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)	X	X		
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	X	X	X	
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)				X
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)		X	X	X
		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	(Lamarck, 1819)				X
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X		X	
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)			X	X
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)				X
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		X	X	X
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)	X		X	X
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)		X	X	X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)				X
	TELLINIDAE	<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)				X
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X		X	X
		<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)				X
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)	X		X	
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
<i>Dosinia lupinus</i>		(Linné, 1758)	X	X	X	X	
<i>Tapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)				X	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X		X	
		<i>Phoronis sp.</i>		X		X	
SIPUNCULA	GOLFIGIIDAE	<i>Golfingia sp.</i>					X
	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766	X	X	X	X

Anche questo anno le biocenosi delle SFBC hanno mostrato un numero maggiore di specie rispetto a quella delle VTC (Tabella 6) per le stazioni di Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico; la stazione di Cattolica presenta invece più specie nelle VTC (49) rispetto alle SFBC (43). La stazione di Cesenatico ha mostrato il maggior numero di specie per le SFBC (45) mentre la stazione di Cattolica quello maggiore per le VTC (49).

Dalla tabella sulla presenza specie nelle VTC (Tabella 7) e nelle SFBC (Tabella 8) si desume quanto segue:

nel Phylum degli Anellida si sono rinvenute 39 specie in particolare 31 specie per le SFBC e 29 per le VTC. Il polichete *Owenia fusiformis* è risultato essere il più abbondante in entrambe le biocenosi in autunno con 931 ind/m² nella stazione 314 ed in estate nella stazione 14 con 3738 ind/m². Oltre ad *Owenia fusiformis*, i policheti più frequenti sono risultati per entrambe le biocenosi: *Nephtys hombergi*, *Prionospio caspersi*, *Melinna palmata*, *Diopatra neapolitana*.

Nel Phylum degli Arthropoda classe Crustacea si sono rinvenuti un totale di 25 taxon di cui 23 nelle SFBC e 15 nelle VTC. Il crostaceo più abbondante è stato *Pariambus typicus* nell'area di Cesenatico dove ha raggiunto presenze elevate con 2934 ind/m² nella stazione a 3 km e con 4470 ind/m² nella stazione a 500 metri. La presenza sempre abbondante dell'anfipode *Ampelisca diadema*, quest'anno si è mantenuta con abbondanze inferiori ai 110 ind/m². Nel Phylum degli Cnidari si sono rinvenuti due taxon *Calliactis parasitica*, Anthozoa indet., solo nelle stazioni delle VTC. Il ritrovamento di organismi appartenenti a questo Phylum nelle biocenosi dei fondi mobili è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvencono epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi).

Nel Phylum degli Echinoderma sono state classificate un totale di 4 specie nelle biocenosi delle VTC e 2 specie nelle biocenosi delle SFBC. In particolare nelle stazioni più a sud (stazioni 14, 314, 19, 319) è stata rinvenuta la specie *Amphipholis squamata*. La specie *Echinocardium cordatum* nella stazione 14. La specie *Amphiura chiajei* nella stazione 319. La specie *Trachythyone elongata* nella stazione 309.

Nel Phylum delle Idroidomeduse è stata ritrovata solo una specie *Ectopleura crocea* nella stazione 314 (Cesenatico) per le VTC e nella stazione 14 per le SFBC.

Nel Phylum dei Molluschi sono stati classificati 30 taxon. In particolare nelle stazioni delle SFBC sono state trovate 27 specie e nelle stazioni dei VTC 17 specie. 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 per le VTC è stato il bivalve *Anadara traversa* nella stazione 314 in autunno; sempre nella stessa stazione e nello stesso periodo si sono raggiunte alte abbondanze anche di *Chamelea gallina* (2071 ind/m²) e di *Corbula gibba* con 2015 ind/m². Nelle SFBC il bivalve *Chamelea gallina* ha raggiunto 8395 ind/m² nella stazione 14 di Cesenatico in autunno.

Il Phylum Phoronidea è stato ritrovato nelle VTC solo nella stazione 309 con *Phoronis psammophyla*. Nelle SFBC è stato ritrovato nelle stazioni 4 e 14; nelle stesse stazioni è stato ritrovato anche *Phoronis* sp.

Il Phylum dei Sipuncula è stato ritrovato in tutte le stazioni delle VTC e delle SFBC con la specie *Sipunculus nudus*; nella stazione di Cattolica sia a 3 km che ad i km è stato rilevato anche *Golfingia* sp.

Applicazione dell'Indice M-AMBI e AMBI

Il macrozoobentos è uno degli elementi biologici indicati per la valutazione ecologica nei corpi idrici, in particolare la direttiva 2000/60 si focalizza su alcune metriche delle comunità del macrobentos come il livello di diversità e di abbondanza degli invertebrati nonché la proporzione tra organismi più o meno sensibili ai livelli di disturbo-stress.

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

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

Tabella 9 - 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 9 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 10 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2012 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 123 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 124 per la biocenosi delle VTC.

Tabella 10 - Valori di Shannon (H), ricchezza specifica (S) e AMBI, per le stazioni considerate

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	INV	1.23	6	3.46
4	PRI	2.32	13	1.83
4	EST	2.45	17	0.96
4	AUT	2.45	27	2.18
9	INV	2.44	13	3.15
9	PRI	3.01	11	2.01
9	EST	2.47	17	2.82
9	AUT	2.68	16	2.67
14	INV	2.75	35	2.75
14	PRI	2.14	31	2.10
14	EST	2.13	32	1.25
14	AUT	2.60	37	0.95
19	INV	2.60	15	2.84
19	PRI	1.31	20	2.62
19	EST	2.82	24	2.75
19	AUT	2.77	17	1.59
304	PRI	2.59	13	2.56
304	AUT	1.58	17	3.83
309	PRI	3.67	25	2.28
309	AUT	2.9	18	3.01
314	PRI	2.61	18	2.34
314	AUT	2.99	28	2.44
319	PRI	1.62	22	2.73
319	AUT	3.45	35	2.11

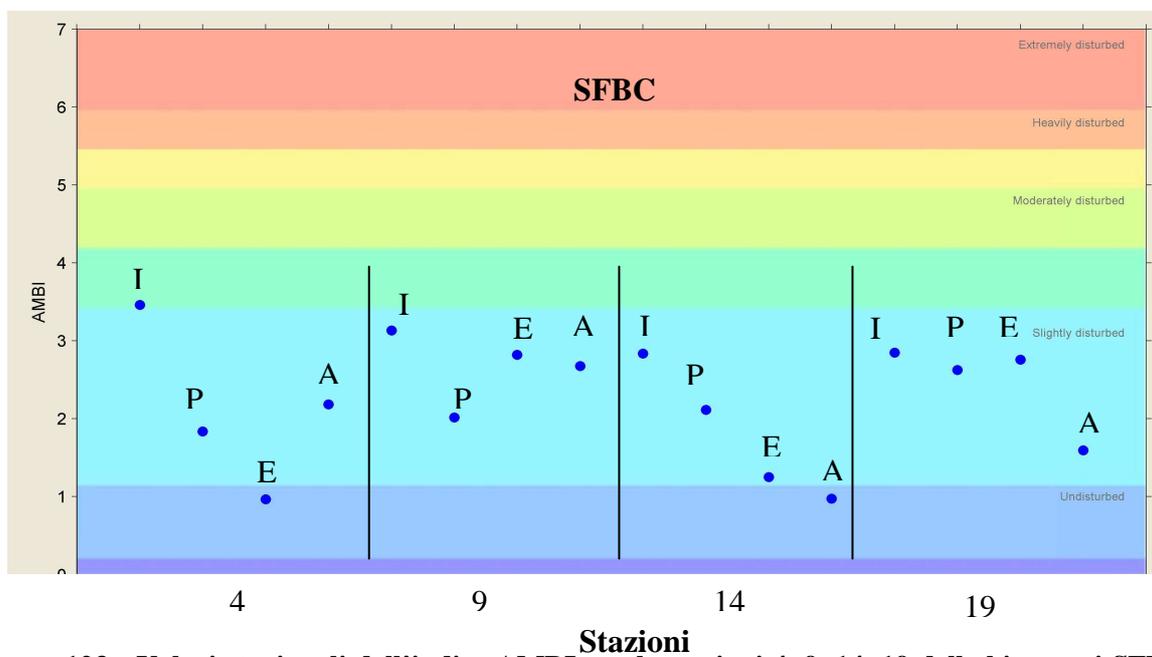


Figura 123 - Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (I= Inverno, P= Primavera, E= Estate, A= Autunno)

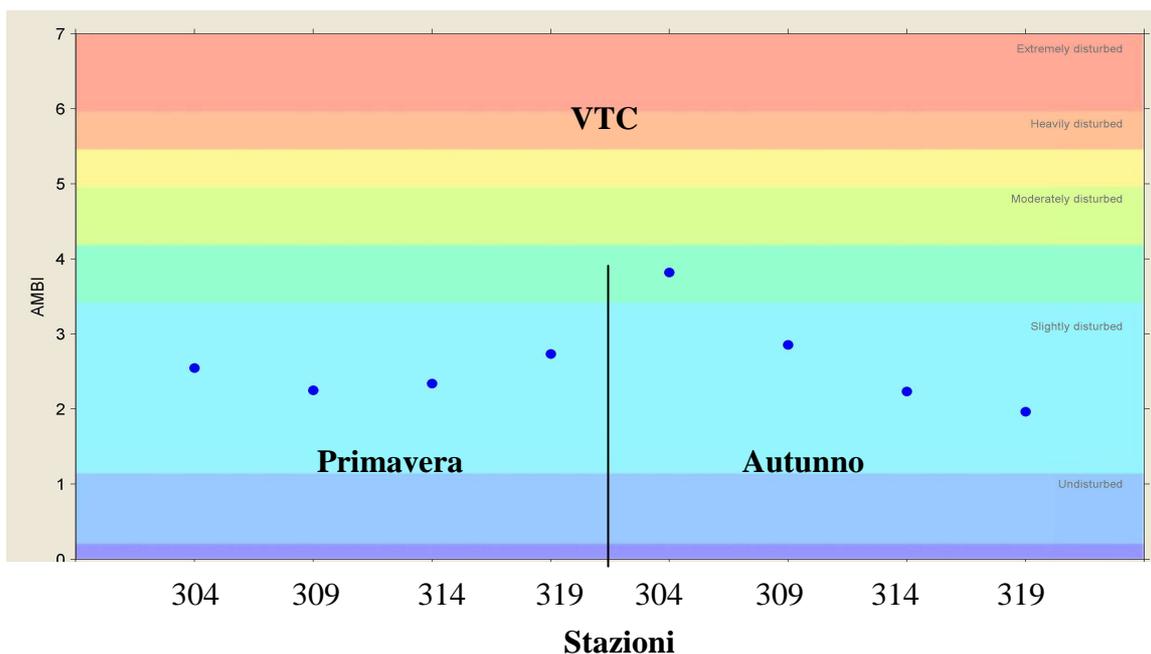


Figura 124 - Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l'analisi multivariata (*Multi Dimensional Scaling* MDS) (Figura 125) evidenzia come le stazioni mostrino dei cluster che raggruppano per similarità le stazioni fra loro invece che la stagionalità; questo è particolarmente evidente per le stazioni 14 e 4. Meno netti appaiono i cluster per le stazioni 9 e 19 che tendono a mostrare similarità pressochè identiche in autunno ed in estate.

Per le biocenosi delle VTC, l'analisi multivariata (Figura 126) evidenzia due cluster piuttosto aperti sul fattore stagione con una generale separazione della stagione primaverile sul lato superiore del grafico e di quella autunnale sul lato inferiore (cluster più compattato).

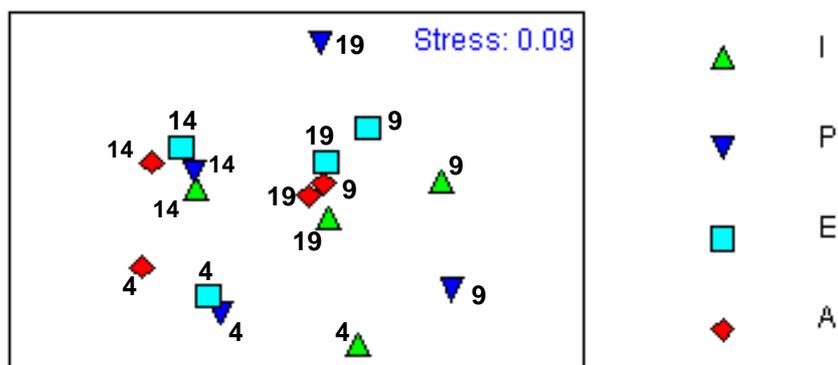


Figura 125 - MDS Biocenosi delle SFBC

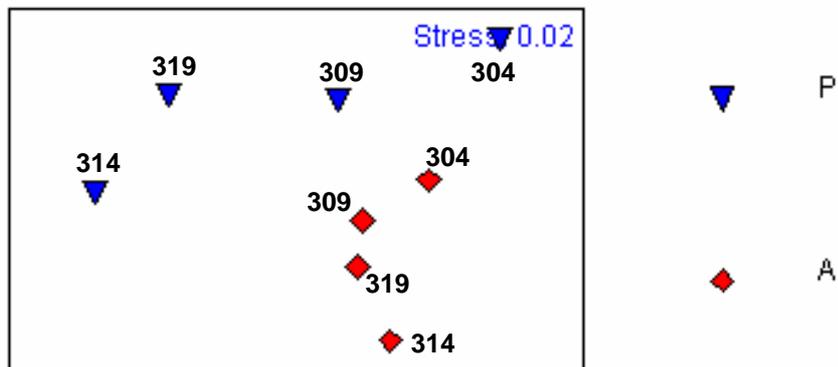


Figura 126 - MDS Biocenosi delle VTC

5.2.2 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.

5.2.2.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 104). 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 3. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l’anno nella prima e terza settimana del mese (vedi Tabella 4).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal D.260/10 sono riportati in Tabella 11. 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 11 - 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 12 a Tabella 18).

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.260/10 definisce il limite di classe tra lo stato buono e quello sufficiente per il TRIX (espresso come valore medio annuo). Per il macrotipo 1 (Alta stabilità) che corrisponde a quello della costa emiliano-romagnola, il limite di classe è 5.0; in pratica per raggiungere la classe Buono è necessario ottenere un valore di TRIX inferiore a 5.

Come già riportato nel Paragrafo 4.5.1, il valore medio del TRIX per tutta la costa emiliano-romagnola da 0.5 a 3 km al largo, calcolato su un set di dati di monitoraggio rilevati come richiesto dal D.56/09, è di 5.0 condizione di stato che identifica una situazione al limite fra lo stato Buono e Sufficiente.

Tabella 12 - 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 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.45	17.24	29.27	8.58	1.74	5.05	294.14	12.76	29.65	711.55	27.07	5.51	496.05	354.87	27.99	5.61	2.66
Errore standard	0.04	1.56	0.98	0.50	0.18	1.04	59.12	1.59	8.15	66.59	2.03	1.25	54.36	139.35	2.37	0.19	0.18
Mediana	8.39	16.08	28.51	7.90	1.55	2.45	231.41	13.16	14.76	642.22	24.34	2.15	516.90	44.77	28.98	5.61	2.30
Moda					1.00	2.00			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.19	7.63	4.79	2.46	0.90	5.09	289.61	7.78	39.93	326.22	9.96	6.13	266.31	682.68	11.59	0.94	0.86
Varianza campionaria	0.04	58.28	22.90	6.04	0.81	25.92	83874.02	60.59	1594.23	106421.40	99.29	37.56	70919.15	466049.59	134.32	0.88	0.75
Curtosi	0.33	-1.13	-0.20	0.60	6.35	5.52	1.98	-0.46	2.07	0.06	-1.13	-0.48	-0.90	6.26	-0.40	0.27	-0.72
Asimmetria	1.03	0.13	-0.40	1.05	2.34	2.15	1.54	0.00	1.76	0.91	0.16	0.94	0.04	2.61	0.49	-0.48	-0.05
Intervallo	0.72	24.76	18.37	9.73	3.90	21.53	1041.05	28.31	139.61	1152.34	32.40	19.37	927.68	2442.99	41.25	3.66	3.18
Minimo	8.22	5.05	19.25	5.09	1.00	1.17	1.40	0.14	0.42	300.46	9.24	0.44	57.21	2.90	11.71	3.45	0.82
Massimo	8.94	29.82	37.62	14.82	4.90	22.70	1042.45	28.45	140.03	1452.80	41.64	19.81	984.89	2445.89	52.96	7.11	4.00
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.22	2.02	1.04	0.38	2.15	122.29	3.29	16.86	137.75	4.21	2.59	112.45	288.27	4.89	0.40	0.37

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.49	16.33	30.23	9.09	1.97	6.85	229.04	10.75	21.04	665.41	27.45	4.30	327.73	167.54	27.05	5.41	2.44
Errore standard	0.04	1.63	0.86	0.54	0.18	2.12	47.08	1.68	5.36	54.97	2.78	1.07	54.80	69.07	2.38	0.19	0.16
Mediana	8.45	15.32	31.52	8.61	1.90	2.60	181.88	10.96	8.16	620.51	24.77	1.70	291.64	74.69	23.69	5.39	2.58
Moda	8.86				2.10	2.80						0.44					
Deviazione standard	0.19	7.97	4.19	2.66	0.88	10.41	230.64	8.21	26.23	269.30	13.63	5.26	268.47	338.35	11.68	0.95	0.80
Varianza campionaria	0.04	63.58	17.56	7.08	0.78	108.37	53194.10	67.48	688.25	72524.23	185.87	27.71	72077.79	114482.58	136.34	0.90	0.64
Curtosi	-0.72	-1.15	0.06	0.40	1.92	5.75	0.71	2.82	2.03	0.34	2.17	3.79	-0.81	18.59	-0.12	0.01	-0.15
Asimmetria	0.47	0.08	-0.84	0.89	1.41	2.52	1.26	1.24	1.68	0.66	1.45	1.88	0.60	4.15	0.71	0.00	-0.20
Intervallo	0.63	25.83	15.17	10.08	3.40	39.20	768.96	36.28	94.86	1071.69	55.29	21.12	859.78	1666.44	45.11	4.02	3.21
Minimo	8.23	3.10	19.91	5.65	0.80	0.30	1.40	0.14	0.42	233.26	12.71	0.44	14.80	4.02	9.42	3.35	0.73
Massimo	8.86	28.93	35.08	15.73	4.20	39.50	770.36	36.42	95.28	1304.95	68.00	21.56	874.58	1670.45	54.53	7.38	3.93
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.37	1.77	1.12	0.37	4.40	97.39	3.47	11.08	113.72	5.76	2.22	113.37	142.87	4.93	0.40	0.34

Tabella 13 - 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 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.51	16.83	29.99	8.90	2.40	4.90	268.64	11.11	18.32	718.88	27.75	5.07	394.36	193.33	30.34	5.29	2.21
Errore standard	0.04	1.60	0.88	0.47	0.23	0.96	54.76	1.81	5.86	81.64	5.07	0.95	53.41	105.35	2.34	0.22	0.13
Mediana	8.44	16.00	31.30	8.62	1.95	3.00	200.22	9.73	5.37	623.71	21.30	3.72	383.46	48.68	28.44	5.41	2.10
Moda				8.83	1.90	2.90			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.20	7.82	4.33	2.31	1.15	4.71	268.27	8.85	28.70	399.97	24.82	4.65	261.67	516.09	11.46	1.08	0.63
Varianza campionaria	0.04	61.10	18.76	5.32	1.31	22.19	71970.39	78.25	823.55	159977.76	615.98	21.62	68471.68	266349.41	131.26	1.16	0.40
Curtosi	0.87	-1.25	1.29	1.07	0.32	5.00	2.72	-0.57	9.16	2.04	15.06	-0.56	-1.05	21.81	-0.41	0.21	-0.17
Asimmetria	1.24	0.01	-1.20	1.29	1.15	1.99	1.58	0.63	2.81	1.37	3.55	0.85	0.33	4.59	0.18	-0.40	0.33
Intervallo	0.71	24.17	17.66	8.22	4.20	20.30	1096.29	28.77	127.63	1672.38	124.89	14.16	864.69	2565.67	44.98	4.42	2.62
Minimo	8.28	4.26	18.97	6.58	1.00	0.80	1.40	0.12	0.42	191.81	8.31	0.44	36.25	0.53	8.13	2.88	0.96
Massimo	8.98	28.44	36.64	14.80	5.20	21.10	1097.69	28.89	128.05	1864.19	133.20	14.60	900.94	2566.20	53.11	7.30	3.58
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.30	1.83	0.97	0.48	1.99	113.28	3.74	12.12	168.89	10.48	1.96	110.49	217.93	4.84	0.46	0.27

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.53	16.59	29.42	9.61	2.59	5.50	288.07	10.22	11.37	693.73	21.14	2.93	367.45	331.63	34.23	5.22	2.17
Errore standard	0.05	1.62	1.00	0.70	0.30	1.32	60.58	2.01	2.56	69.56	1.84	0.93	61.03	124.95	2.69	0.24	0.12
Mediana	8.47	15.78	30.29	8.92	2.00	2.45	206.31	7.96	6.92	633.71	20.42	1.11	322.07	132.61	30.01	5.26	2.14
Moda				9.00	1.90	1.60	1.40					0.44					2.95
Deviazione standard	0.22	7.92	4.88	3.44	1.46	6.47	296.80	9.83	12.55	340.77	9.03	4.57	298.98	612.15	13.17	1.19	0.60
Varianza campionaria	0.05	62.80	23.83	11.81	2.13	41.92	88089.07	96.54	157.46	116125.13	81.61	20.88	89386.12	374729.78	173.45	1.42	0.36
Curtosi	-0.82	-1.24	-0.22	1.75	0.32	2.73	3.49	1.44	2.78	2.30	0.16	4.00	-1.00	14.37	0.40	-0.54	-0.46
Asimmetria	0.53	0.03	-0.69	1.48	1.14	1.86	1.67	1.32	1.81	1.16	0.82	2.22	0.48	3.58	0.90	0.17	-0.14
Intervallo	0.77	25.27	17.52	13.59	5.10	23.90	1245.47	37.36	47.66	1485.35	34.22	16.65	893.72	2897.96	48.96	4.04	2.28
Minimo	8.16	3.19	18.89	5.70	0.90	0.50	1.40	0.12	0.42	251.70	8.34	0.44	19.16	5.20	13.26	3.40	1.01
Massimo	8.93	28.46	36.41	19.29	6.00	24.40	1246.87	37.48	48.08	1737.05	42.56	17.09	912.88	2903.16	62.22	7.43	3.28
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.35	2.06	1.45	0.62	2.73	125.33	4.15	5.30	143.89	3.81	1.93	126.25	258.49	5.56	0.50	0.25

Tabella 14 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 6 e 306 (Casalborsetti)

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.47	16.54	31.32	8.68	2.27	6.79	246.08	12.87	24.09	711.37	25.60	5.38	281.66	163.56	32.04	5.36	2.31
Errore standard	0.04	1.58	0.88	0.49	0.29	1.88	49.50	2.75	6.37	60.16	2.97	1.77	41.10	53.30	2.64	0.23	0.15
Mediana	8.43	16.03	32.69	8.52	1.90	2.81	161.10	8.52	10.30	692.66	22.54	1.84	260.33	49.72	29.91	5.63	2.23
Moda					1.90			0.12				0.44					
Deviazione standard	0.20	7.75	4.32	2.39	1.44	9.19	242.50	13.46	31.22	294.70	14.57	8.68	201.33	261.13	12.92	1.15	0.72
Varianza campionaria	0.04	60.13	18.68	5.70	2.07	84.43	58804.22	181.21	974.55	86851.00	212.32	75.37	40534.65	68189.78	166.91	1.32	0.52
Curtosi	1.10	-1.26	-0.19	0.95	2.55	4.97	0.89	3.63	2.65	0.42	-0.12	11.31	-0.09	7.65	-0.17	-1.02	0.20
Asimmetria	1.02	-0.01	-0.83	1.04	1.65	2.29	1.08	1.80	1.83	0.68	0.93	3.11	0.66	2.73	0.78	0.03	-0.13
Intervallo	0.82	24.66	15.73	8.90	5.70	35.60	905.60	56.03	114.49	1179.42	48.53	39.62	757.53	1101.60	45.45	3.89	3.10
Minimo	8.19	3.47	21.18	5.75	0.70	0.80	1.69	0.12	1.38	301.07	8.56	0.44	25.51	1.08	13.92	3.60	0.71
Massimo	9.02	28.13	36.91	14.65	6.40	36.40	907.29	56.15	115.87	1480.49	57.09	40.06	783.04	1102.68	59.38	7.49	3.81
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95	0.08	3.27	1.82	1.01	0.61	3.88	102.40	5.68	13.18	124.44	6.15	3.67	85.02	110.27	5.46	0.49	0.30

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.50	16.45	31.29	9.09	2.46	5.89	246.51	10.14	13.29	632.98	20.19	3.03	291.63	188.59	33.27	5.21	2.27
Errore standard	0.04	1.58	0.70	0.59	0.31	1.56	52.50	2.01	4.74	59.94	1.60	0.75	46.56	88.08	2.64	0.22	0.13
Mediana	8.47	16.00	31.12	8.49	1.85	3.06	182.14	8.57	5.31	521.88	20.41	1.67	241.77	81.88	31.62	5.34	2.26
Moda					1.80	1.30	1.40		0.42			0.44					
Deviazione standard	0.21	7.75	3.41	2.87	1.51	7.64	257.18	9.86	23.22	293.65	7.86	3.68	228.07	431.50	12.95	1.08	0.65
Varianza campionaria	0.04	60.06	11.62	8.22	2.29	58.31	66139.76	97.22	538.99	86229.11	61.74	13.57	52017.21	186195.59	167.63	1.17	0.43
Curtosi	-0.39	-1.12	-1.13	1.09	2.15	4.08	0.83	1.43	17.28	1.39	-1.21	2.95	0.92	20.28	-0.34	-0.27	-0.26
Asimmetria	0.67	-0.05	-0.01	1.09	1.41	2.18	1.18	1.28	3.94	1.30	0.17	1.89	1.00	4.39	0.79	0.26	0.28
Intervallo	0.73	25.47	11.07	11.40	6.10	27.00	912.83	37.80	114.39	1117.39	25.20	13.33	905.22	2137.05	43.06	3.86	2.59
Minimo	8.18	3.20	25.27	5.15	0.90	0.60	1.40	0.12	0.42	279.85	8.50	0.44	20.11	4.35	18.19	3.45	1.07
Massimo	8.92	28.67	36.34	16.55	7.00	27.60	914.23	37.92	114.81	1397.24	33.70	13.77	925.33	2141.41	61.25	7.32	3.66
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95	0.09	3.27	1.44	1.21	0.64	3.22	108.60	4.16	9.80	124.00	3.32	1.56	96.31	182.21	5.47	0.46	0.28

Tabella 15 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 9 (Lido Adriano) e stazione 14 (Cesenatico)

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.45	16.11	32.81	8.38	2.57	6.34	213.78	8.84	23.03	608.61	20.88	2.35	237.92	159.17	33.99	5.02	2.36
Errore standard	0.04	1.54	0.62	0.43	0.33	2.02	64.54	1.81	7.73	85.87	3.35	0.67	44.85	46.84	2.88	0.24	0.18
Mediana	8.40	16.57	33.65	8.17	2.40	2.55	86.08	6.32	10.39	527.68	14.64	0.84	164.49	74.48	30.72	4.98	2.29
Moda	8.37			1.90	1.30	1.40	0.31	0.42		14.56	0.44						
Deviazione standard	0.19	7.56	3.03	2.09	1.61	9.88	316.18	8.87	37.86	420.70	16.42	3.28	219.70	229.46	14.09	1.16	0.90
Varianza campionaria	0.04	57.18	9.21	4.36	2.59	97.57	99967.88	78.60	1433.73	176986.39	269.61	10.76	48268.25	52650.41	198.55	1.36	0.80
Curtosi	1.95	-1.19	-0.91	0.47	0.54	6.30	9.88	0.45	5.06	15.06	7.05	4.40	0.89	6.13	0.76	0.39	0.85
Asimmetria	1.03	0.00	-0.60	0.89	0.89	2.62	2.80	1.06	2.44	3.59	2.48	2.20	1.33	2.50	1.00	0.06	0.48
Intervallo	0.88	24.00	9.40	8.24	6.40	37.10	1446.08	31.61	138.86	2096.50	73.94	12.34	760.76	910.84	57.45	5.11	3.87
Minimo	8.10	3.67	27.09	5.49	0.10	0.50	1.40	0.11	0.42	298.48	5.88	0.44	9.41	3.44	13.58	2.39	0.87
Massimo	8.98	27.67	36.49	13.73	6.50	37.60	1447.48	31.72	139.28	2394.98	79.82	12.78	770.17	914.27	71.03	7.50	4.75
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95%)	0.08	3.19	1.28	0.88	0.68	4.17	133.51	3.74	15.99	177.64	6.93	1.39	92.77	96.89	5.95	0.49	0.38

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.15	15.62	34.24	7.52	2.31	3.70	152.88	8.70	38.03	521.07	18.41	3.44	217.60	140.74	32.02	5.02	2.66
Errore standard	0.09	1.54	0.50	0.31	0.22	1.38	32.08	1.09	5.54	38.27	2.04	0.62	31.71	51.13	2.34	0.14	0.16
Mediana	8.25	15.93	35.50	7.56	2.60	1.70	72.43	8.33	33.90	497.69	14.90	2.80	166.65	66.70	30.04	5.06	2.54
Moda				7.64	3.50	1.80					0.44						
Deviazione standard	0.45	7.55	2.46	1.51	1.06	6.77	157.16	5.33	27.14	187.49	9.99	3.02	155.36	250.48	11.45	0.69	0.78
Varianza campionaria	0.20	56.97	6.06	2.29	1.12	45.84	24698.15	28.46	736.85	35152.03	99.89	9.14	24136.24	62739.30	131.00	0.48	0.60
Curtosi	7.75	-1.29	1.66	-0.32	-1.28	18.41	0.06	2.62	1.32	-0.24	1.40	-0.94	1.66	13.43	-1.23	0.14	0.73
Asimmetria	-2.57	-0.03	-1.48	0.18	-0.36	4.14	1.19	1.08	1.16	0.71	1.37	0.71	1.21	3.56	0.26	-0.24	-0.32
Intervallo	2.19	24.17	9.55	6.33	3.40	33.10	489.75	24.62	105.71	652.30	37.41	8.85	649.48	1158.74	36.09	2.91	3.35
Minimo	6.51	2.91	27.16	4.51	0.50	0.60	6.49	0.52	6.64	253.81	8.21	0.44	20.28	12.35	15.81	3.52	0.61
Massimo	8.69	27.08	36.71	10.84	3.90	33.70	496.24	25.14	112.35	906.11	45.62	9.29	669.76	1171.09	51.90	6.43	3.96
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95%)	0.19	3.19	1.04	0.64	0.45	2.86	66.36	2.25	11.46	79.17	4.22	1.28	65.60	105.77	4.83	0.29	0.33

Tabella 16 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 309 (Lido Adriano) e stazione 314 (Cesenatico)

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.49	16.39	33.05	8.72	3.22	4.87	158.96	7.83	15.27	561.89	15.57	2.55	191.67	167.83	39.81	4.84	2.19
Errore standard	0.04	1.55	0.60	0.51	0.38	1.28	35.14	1.67	4.97	46.04	1.61	0.62	36.49	60.40	2.67	0.24	0.18
Mediana	8.46	16.82	33.81	8.46	2.80	1.93	85.38	5.47	7.80	497.40	14.16	0.64	141.23	58.23	35.18	5.00	2.17
Moda					2.60	3.00	1.40					0.44					
Deviazione standard	0.18	7.58	2.95	2.49	1.88	6.27	172.16	8.16	24.34	225.54	7.89	3.06	178.75	295.89	13.10	1.19	0.89
Varianza campionaria	0.03	57.49	8.71	6.18	3.54	39.32	29640.11	66.57	592.57	50866.49	62.29	9.34	31951.50	87548.05	171.52	1.41	0.80
Curtosi	-0.06	-1.26	-0.20	1.47	-0.03	2.73	-0.75	2.09	15.19	-1.32	-0.67	0.62	1.14	5.71	-0.09	-0.56	8.53
Asimmetria	0.39	0.01	-0.89	1.26	0.63	1.78	0.83	1.44	3.64	0.27	0.54	1.33	1.34	2.56	0.78	-0.04	2.18
Intervallo	0.78	23.87	9.98	9.60	7.40	23.90	501.94	32.18	118.44	682.94	27.73	9.96	657.50	1094.97	49.05	4.20	4.72
Minimo	8.13	4.00	26.76	5.53	0.10	0.40	1.40	0.11	0.42	229.14	5.47	0.44	8.17	3.42	19.14	2.79	0.83
Massimo	8.91	27.87	36.73	15.13	7.50	24.30	503.34	32.29	118.86	912.08	33.20	10.40	665.67	1098.39	68.19	6.99	5.55
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95%)	0.08	3.20	1.25	1.05	0.79	2.65	72.70	3.45	10.28	95.24	3.33	1.29	75.48	124.94	5.53	0.50	0.38

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.41	15.87	34.48	8.05	3.86	3.90	138.49	5.79	11.17	456.89	11.86	1.76	175.67	175.08	40.33	4.45	2.02
Errore standard	0.03	1.56	0.50	0.37	0.44	1.72	46.94	1.43	1.95	49.26	1.03	0.38	37.30	98.28	3.16	0.19	0.18
Mediana	8.40	16.29	35.68	8.02	3.55	1.76	28.95	3.43	8.67	361.08	10.22	1.06	109.07	34.17	38.45	4.42	1.81
Moda					1.00	0.70	1.40		0.42			0.44					
Deviazione standard	0.12	7.62	2.45	1.81	2.17	8.43	229.97	6.99	9.55	241.34	5.02	1.85	182.73	481.45	15.50	0.93	0.87
Varianza campionaria	0.02	58.13	6.00	3.28	4.69	71.09	52884.10	48.83	91.11	58245.23	25.24	3.42	33390.20	231794.83	240.29	0.86	0.75
Curtosi	2.76	-1.32	-0.06	1.00	-0.60	21.40	8.26	3.07	0.92	8.34	1.47	4.18	0.91	20.07	2.84	-0.04	-0.10
Asimmetria	1.37	-0.04	-1.13	0.97	0.34	4.54	2.64	1.80	1.02	2.61	1.41	2.14	1.44	4.37	1.32	0.34	0.33
Intervallo	0.53	23.97	8.37	7.44	7.90	42.10	1000.94	27.38	37.03	1111.33	18.34	6.65	579.30	2344.25	68.88	3.80	3.53
Minimo	8.22	3.01	28.56	5.61	0.80	0.40	1.40	0.11	0.42	253.94	6.42	0.44	11.28	4.39	20.07	2.62	0.24
Massimo	8.76	26.99	36.93	13.05	8.70	42.50	1002.34	27.49	37.45	1365.27	24.76	7.09	590.58	2348.64	88.94	6.43	3.78
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95%)	0.05	3.22	1.03	0.76	0.91	3.56	97.11	2.95	4.03	101.91	2.12	0.78	77.16	203.30	6.55	0.39	0.37

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.37	16.01	34.93	7.66	2.50	3.11	124.40	6.77	18.00	447.69	16.72	2.02	201.57	156.42	34.71	4.67	2.77
Errore standard	0.02	1.53	0.47	0.37	0.29	1.29	33.79	1.41	3.35	31.84	2.75	0.55	36.85	60.39	3.29	0.22	0.18
Mediana	8.38	16.49	35.74	7.29	2.40	1.45	37.21	5.05	10.93	392.35	13.11	0.87	139.04	54.87	35.34	4.73	2.76
Moda				6.71	1.80	0.70	1.40		0.42			0.44					
Deviazione standard	0.12	7.49	2.29	1.83	1.44	6.33	165.53	6.90	16.41	155.97	13.48	2.69	180.51	295.85	16.10	1.06	0.89
Varianza campionaria	0.01	56.15	5.24	3.35	2.07	40.06	27401.60	47.64	269.28	24327.43	181.69	7.23	32584.10	87527.20	259.30	1.13	0.80
Curtosi	0.65	-1.25	1.59	1.57	-0.79	20.77	1.01	2.70	1.67	1.76	12.40	1.99	0.76	9.10	-0.24	0.18	-0.23
Asimmetria	0.07	-0.07	-1.52	1.06	0.35	4.46	1.48	1.53	1.25	1.46	3.16	1.85	1.26	2.98	0.50	-0.59	-0.24
Intervallo	0.50	24.55	8.40	7.67	4.90	31.20	525.22	28.04	65.28	627.22	67.12	8.61	609.92	1270.02	59.83	4.14	3.43
Minimo	8.15	2.78	28.82	5.35	0.40	0.70	1.40	0.11	0.42	269.50	4.61	0.44	19.18	4.39	9.57	2.27	0.66
Massimo	8.65	27.32	37.21	13.02	5.30	31.90	526.62	28.15	65.70	896.72	71.73	9.05	629.10	1274.41	69.40	6.42	4.09
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95)	0.05	3.16	0.97	0.77	0.61	2.67	69.90	2.91	6.93	65.86	5.69	1.14	76.22	124.93	6.80	0.45	0.38

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.38	15.92	35.15	7.65	2.93	2.40	120.12	6.35	15.21	459.34	11.79	2.39	184.01	104.78	47.42	4.43	2.58
Errore standard	0.03	1.52	0.46	0.36	0.31	0.79	34.42	1.29	2.83	50.84	1.59	0.45	37.98	36.53	4.76	0.21	0.15
Mediana	8.38	16.45	36.03	7.17	2.70	1.39	39.62	4.78	9.53	383.01	9.66	1.51	126.85	31.60	45.96	4.62	2.60
Moda					1.90	0.80	1.40		0.12		9.85	1.35					
Deviazione standard	0.13	7.44	2.26	1.76	1.50	3.85	168.63	6.34	13.85	249.05	7.77	2.19	186.04	178.96	23.30	1.01	0.72
Varianza campionaria	0.02	55.31	5.10	3.10	2.24	14.83	28436.80	40.21	191.82	62025.13	60.39	4.79	34611.67	32027.65	543.07	1.03	0.51
Curtosi	1.05	-1.26	5.12	1.86	-1.28	11.58	3.20	2.15	0.24	2.36	2.91	3.70	1.72	5.60	0.25	-0.39	-0.37
Asimmetria	0.71	-0.06	-2.11	1.14	0.19	3.35	1.91	1.46	1.08	1.68	1.54	1.81	1.55	2.45	0.80	-0.17	-0.11
Intervallo	0.52	24.46	9.79	7.35	4.80	17.30	616.39	24.79	49.26	963.12	33.55	9.09	638.11	700.68	85.80	4.11	2.67
Minimo	8.18	2.73	27.40	5.56	0.50	0.30	1.40	0.11	0.42	188.32	2.68	0.44	29.29	3.52	15.41	2.37	1.13
Massimo	8.70	27.19	37.20	12.91	5.30	17.60	617.79	24.90	49.68	1151.44	36.23	9.53	667.40	704.20	101.21	6.47	3.79
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95)	0.05	3.14	0.95	0.74	0.63	1.63	71.21	2.68	5.85	105.16	3.28	0.92	78.56	75.57	9.84	0.43	0.30

Tabella 18 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 317 (Rimini) stazione 314 (Cattolica)

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.41	16.17	35.15	7.83	4.51	2.29	110.95	5.63	11.50	401.71	13.69	1.71	175.10	126.05	38.53	4.35	2.04
Errore standard	0.03	1.52	0.42	0.38	0.52	0.64	34.43	1.17	3.13	36.53	2.23	0.39	33.67	51.14	3.57	0.22	0.21
Mediana	8.39	16.49	35.72	7.38	4.35	1.39	32.25	3.32	6.16	357.00	9.02	0.70	110.82	44.28	37.74	4.36	1.79
Moda	8.38				4.50	0.70	1.40	0.12	0.42			0.44					
Deviazione standard	0.13	7.44	2.07	1.88	2.57	3.12	168.65	5.72	15.33	178.97	10.92	1.89	164.96	250.53	17.49	1.09	1.03
Varianza campionaria	0.02	55.41	4.28	3.54	6.60	9.76	28443.08	32.76	234.99	32028.74	119.28	3.56	27212.79	62764.19	306.02	1.20	1.06
Curtosi	0.46	-1.30	6.06	1.49	-0.77	11.02	5.46	0.05	2.80	6.68	2.78	1.48	0.82	10.28	-0.21	-0.14	0.73
Asimmetria	0.60	-0.06	-2.23	1.04	0.19	3.20	2.21	1.04	1.88	2.37	1.79	1.60	1.27	3.15	0.40	0.10	0.70
Intervallo	0.50	24.25	9.24	7.86	8.40	14.10	693.42	18.70	55.68	828.79	41.63	6.22	596.18	1088.52	69.03	4.55	4.47
Minimo	8.20	2.74	27.81	5.47	0.50	0.50	1.40	0.11	0.42	208.91	5.21	0.44	8.76	3.78	10.55	2.24	0.05
Massimo	8.70	26.98	37.05	13.33	8.90	14.60	694.82	18.81	56.10	1037.70	46.84	6.66	604.94	1092.29	79.58	6.79	4.52
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95)	0.05	3.14	0.87	0.79	1.09	1.32	71.21	2.42	6.47	75.57	4.61	0.80	69.66	105.79	7.39	0.46	0.43

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2012																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.42	16.17	35.18	7.92	3.95	2.62	108.68	6.17	11.95	426.44	10.65	1.82	172.04	142.47	44.80	4.23	2.24
Errore standard	0.03	1.54	0.44	0.40	0.54	1.00	32.54	1.43	3.05	38.79	1.15	0.36	36.88	63.73	2.91	0.26	0.17
Mediana	8.40	16.98	35.77	7.39	3.50	1.15	18.27	4.41	5.67	362.53	8.67	1.10	75.74	24.66	48.66	4.32	2.13
Moda	8.36			7.16	1.90	0.30	1.40	0.12	0.42			0.44					
Deviazione standard	0.13	7.56	2.18	1.98	2.62	4.88	159.41	7.01	14.92	190.02	5.63	1.77	180.70	312.24	14.27	1.26	0.82
Varianza campionaria	0.02	57.23	4.74	3.90	6.88	23.84	25411.92	49.20	222.60	36106.31	31.74	3.12	32651.32	97490.80	203.50	1.59	0.68
Curtosi	0.69	-1.26	6.04	1.74	0.61	16.80	2.02	2.15	1.64	2.61	-0.59	1.26	0.87	10.60	-1.24	-0.95	-0.74
Asimmetria	0.84	-0.08	-2.21	1.27	0.96	3.97	1.65	1.54	1.60	1.70	0.79	1.52	1.33	3.15	-0.30	-0.28	0.20
Intervallo	0.50	24.08	9.65	8.00	10.20	23.50	544.68	26.70	51.04	700.17	18.53	6.02	616.22	1366.22	45.18	4.41	2.87
Minimo	8.22	2.95	27.47	5.60	0.80	0.30	1.40	0.11	0.42	236.07	4.12	0.44	15.14	2.23	21.45	1.75	0.85
Massimo	8.72	27.03	37.12	13.60	11.00	23.80	546.08	26.81	51.46	936.24	22.65	6.46	631.36	1368.45	66.64	6.16	3.73
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95)	0.05	3.19	0.92	0.83	1.11	2.06	67.31	2.96	6.30	80.24	2.38	0.75	76.30	131.85	6.02	0.53	0.35

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

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

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

La distribuzione superficiale delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti campionati in primavera e in autunno del 2012 evidenzia che (Figura 127):

- vi è una buona corrispondenza fra le percentuali registrate in primavera e in autunno.
- nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalboretetti) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa ed è scarsa la componente sabbiosa;
- nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna) 314 (Cesenatico) 317 (Rimini) e 319 (Cattolica) tende a prevalere la componente sabbiosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti;
- nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) prevale la componente sabbiosa.

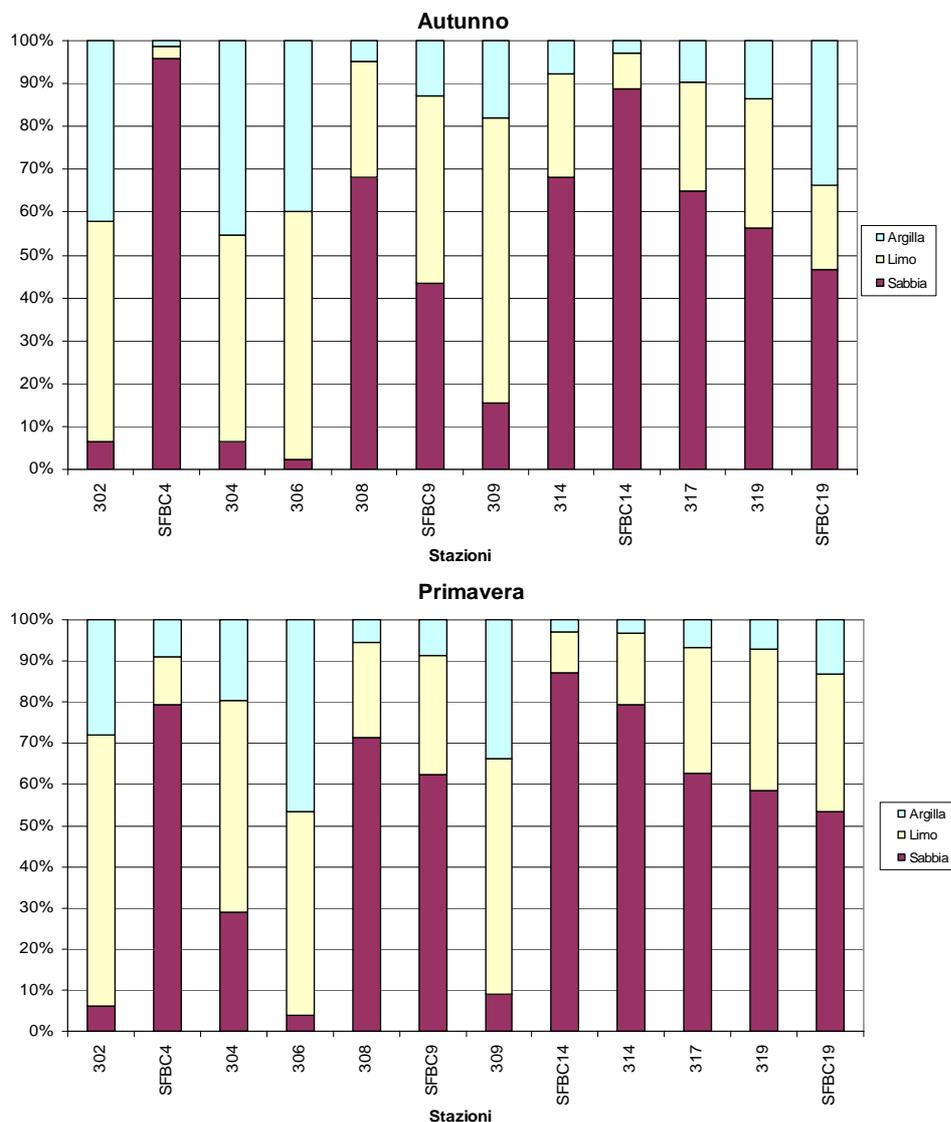


Figura 127 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche

Le percentuali di TOC (carbonio organico totale) nei sedimenti superficiali (Figura 128) variano tra 0.1 e 1.1% (media 0.5%). Si osserva una buona corrispondenza fra le percentuali registrate in primavera e in autunno. Relativamente alle stazioni a 3 km dalla costa, ad eccezione della stazione 309 Lido Adriano, le percentuali più basse di TOC corrispondono alle stazioni ubicate nella zona centrale della costa emiliano romagnola; dalla stazione 308 Marina di Ravenna e alla 317 Rimini.

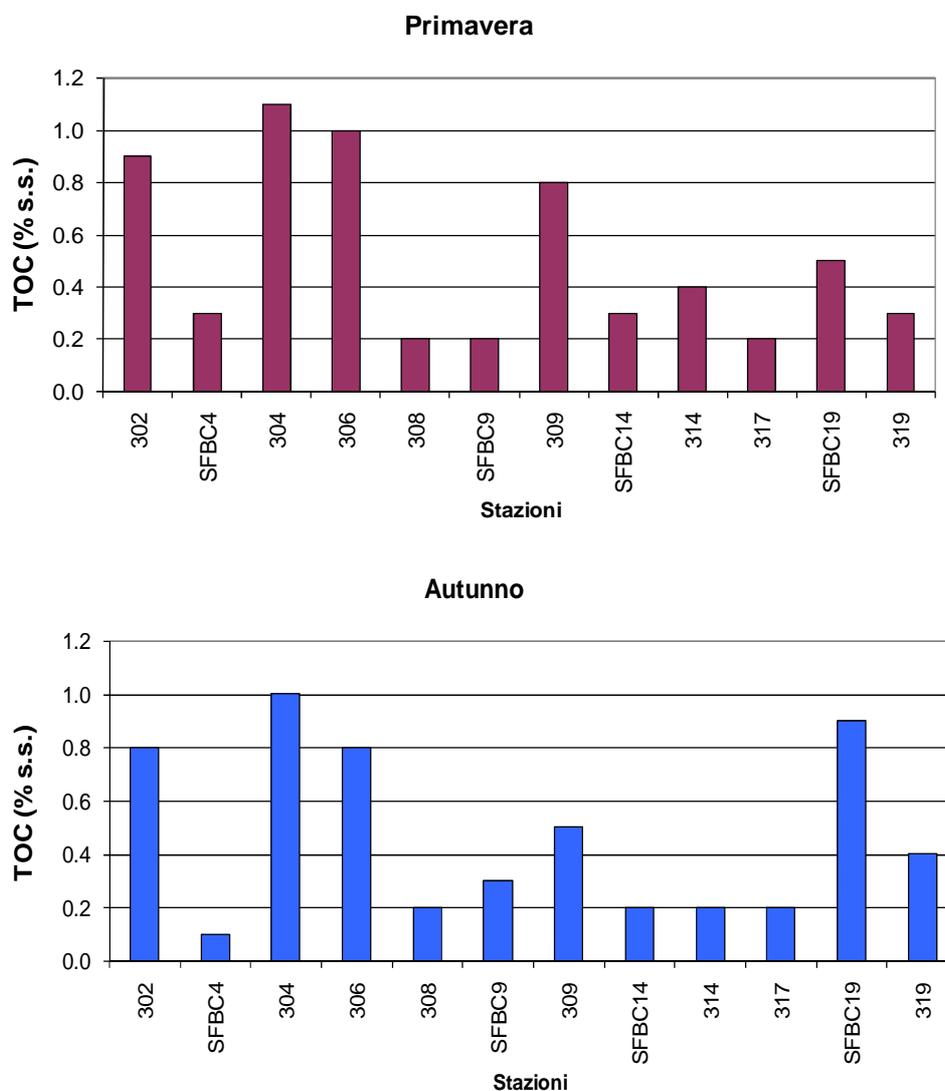


Figura 128 - Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale nel sedimento

5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sulle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità concorrono alla definizione dello Stato Ecologico delle acque marino costiere come elementi a sostegno degli EQB. Il D.56/09, prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B D.56/09) e nella matrice sedimento (tab. 3/B del D.56/09).

Per quanto riguarda la ricerca dei microinquinanti nel 2012 nelle acque marine (tab. 1/B), si è ritenuta esaustiva l'indagine effettuata nel 2011. Tale indagine non aveva manifestato alcuna criticità. Per tale motivo si è ritenuto di mantenere e in alcuni casi approfondire le indagini dei microinquinanti nei sedimenti.

5.2.3.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2012 non è stata eseguita la ricerca delle sostanze di cui alla tab. 1/B del D.56/09. Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'attività di monitoraggio svolta nel 2011, è emerso che un'alta percentuale dei valori di concentrazione è inferiore ai limiti di quantificazione strumentale (LdQ) e la media annuale relativa al 2011 degli inquinanti specifici ricercati in ciascuna stazione è inferiore agli Standard di Qualità Ambientale indicati in tab. 1/B del D.56/09. Non si è ritenuto necessario effettuare ulteriori ricerche nel 2012 delle sostanze di cui alla tab. 1/B del D.56/09.

5.2.3.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.56/09.

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.56/09 è ammesso uno scostamento del 20% rispetto agli SQA stessi.

Metalli: arsenico, cromo totale e cromo VI

Nella Figura 129 si riporta la media annuale della concentrazione dei metalli determinati sul sedimento.

Nel 2012 i campionamenti sono stati effettuati in primavera e in autunno.

Il cromo presenta valori medi/anno di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal D.56/09 (50 mg/kg). È noto, ed è stato già dimostrato in altri lavori, che le concentrazioni elevate di questo metallo (come anche per altri metalli), non sono di origine antropica ma geologica e costituiscono il fondo naturale nei sedimenti per queste aree.

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

I valori di cromo totale e di cromo VI tendono a diminuire da nord verso sud lungo la costa emiliano romagnola (Figura 129).

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

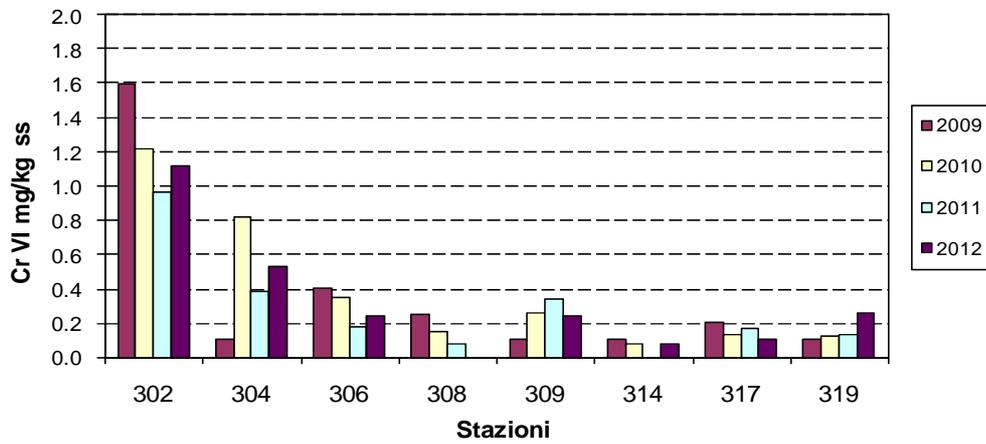
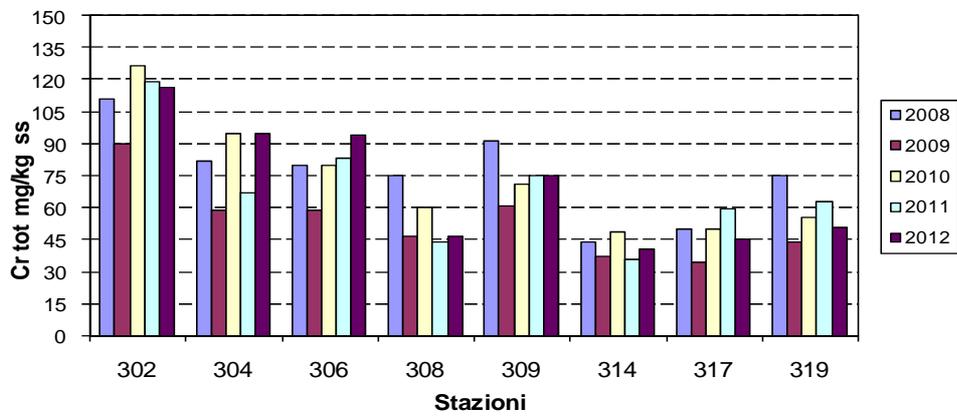
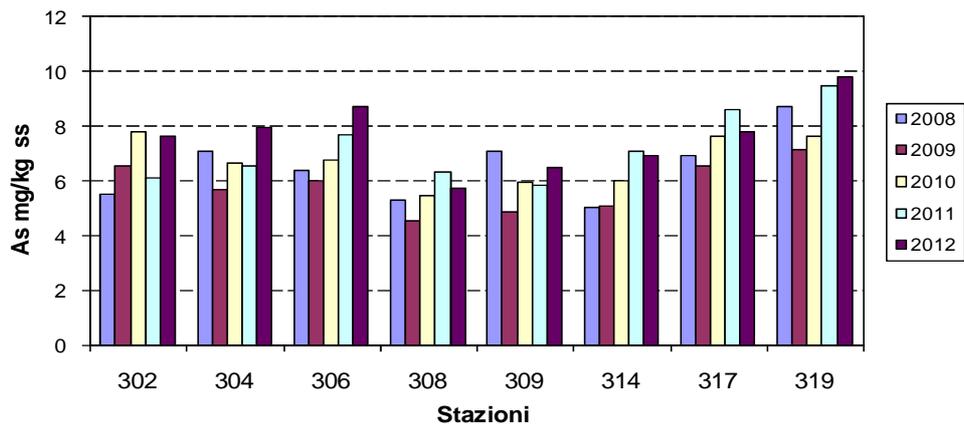


Figura 129 - Medie annuali delle concentrazioni di arsenico, cromo totale e cromo VI

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

Nella Figura 130 si riportano le medie annuali della somma delle concentrazioni degli IPA e dei PCB determinati sul sedimento nelle stazioni delle acque marino costiere.

Per gli IPA non si evidenziano valori medi/anno che superano lo SQA di cui alla tab. 3/B del D.56/09 (somma IPA = 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ss) in tutto il periodo considerato (2008-2012).

Per i PCB il D.56/09 alla tab. 3/B definisce i congeneri più significativi da monitorare e lo standard di qualità da applicare ai sedimenti. Non si evidenziano valori medi/anno che superano lo SQA di cui alla tab. 3/B del D.56/09 (somma PCB = 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ss) in tutto il periodo considerato (2008-2012) ad eccezione di una sola stazione, la 302 di Lido di Volano, nella quale si rileva un valore medio/anno particolarmente elevato nel 2009.

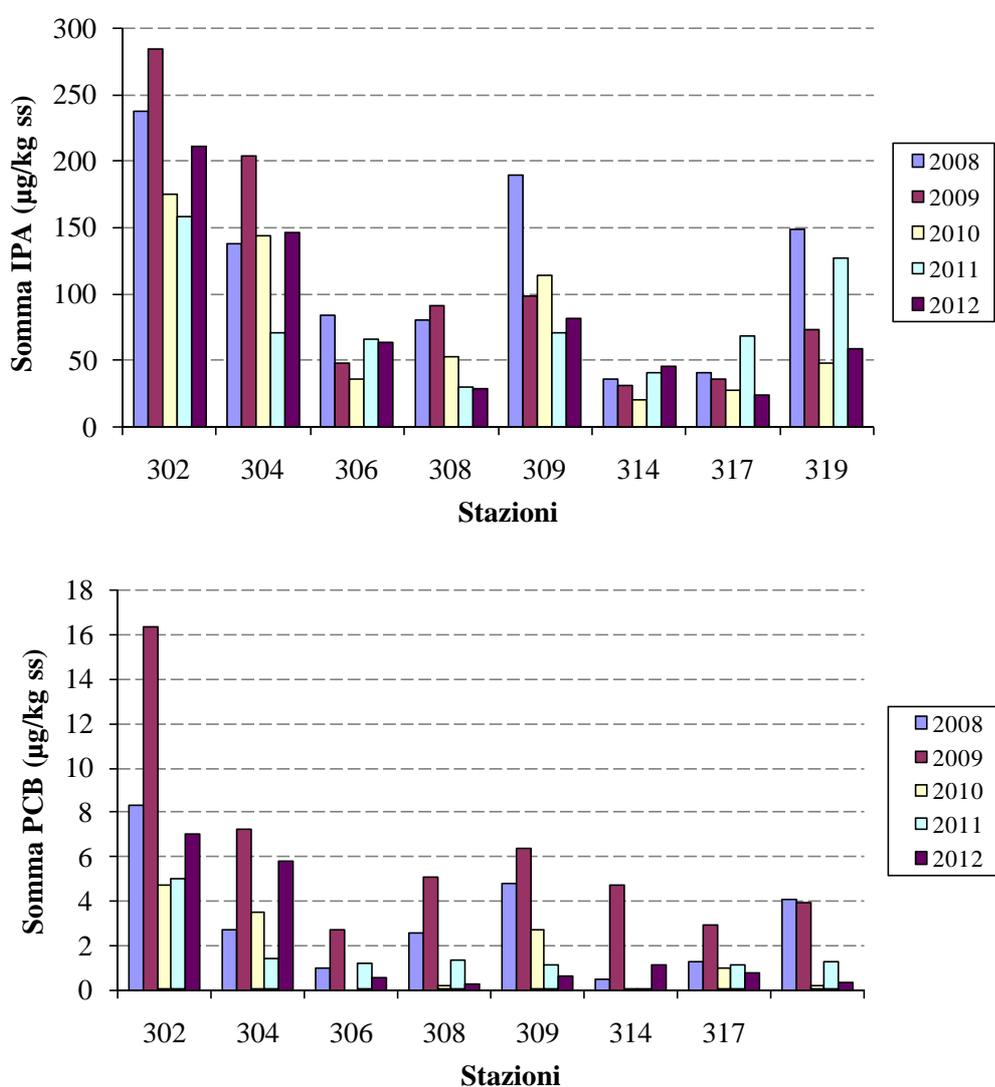


Figura 130 - Medie annuali della somma delle concentrazioni di IPA e PCB determinati sui sedimenti marini ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ss)

Diossine, Furani e PCB diossin like

Per le Diossine (CDD), i Furani (CDF) e i PCB diossin like, il D.56/09 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 131 sono riportati i valori medi/anno della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF).

In Figura 132 si riporta la media annuale della Tossicità Equivalente (TE) dei PoliCloro Bifenili (PCB) diossin like.

Figura 133 sono riportati i valori medi/anno della somma della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF) + PCB diossin like di ciascuna stazione indagata. Tali valori mostrano che non vi è stato superamento dell'SQA previsto dal D.56/09 (2 ng/kg ss).

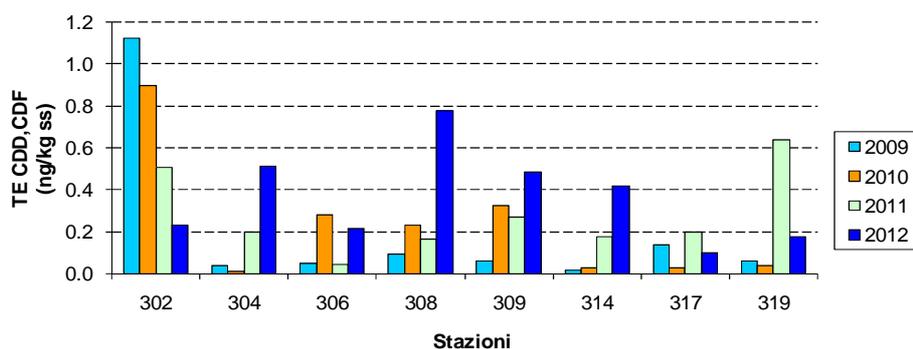


Figura 131 - Media annuale del TE di CDD, CDF determinati sui sedimenti marini

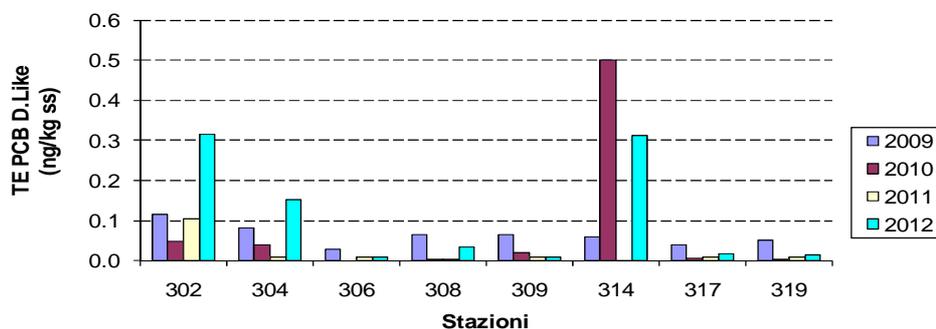


Figura 132 - Media annuale del TE dei PCB diossin like determinati sui sedimenti marini

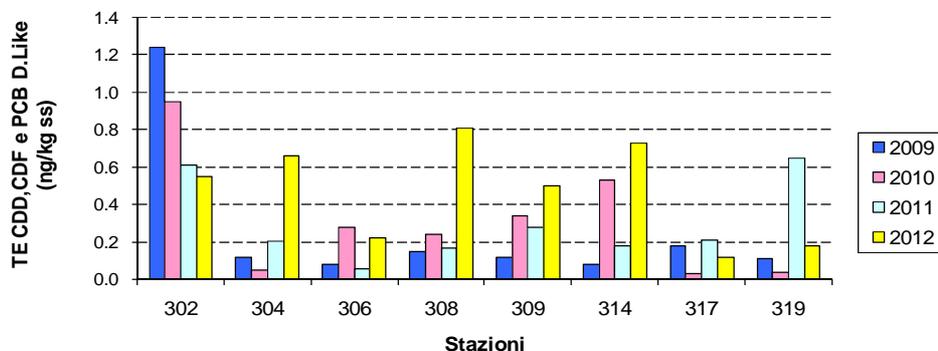


Figura 133 - Media annuale della somma del TE di CDD, CDF e PCB diossin like determinati sui sedimenti marini

5.2.4 Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sulle sostanze appartenenti all'elenco di priorità definiscono lo Stato Chimico delle acque marino costiere. Il D.56/09 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).

5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2012 è stata eseguita la ricerca delle sostanze di cui alla tab. 1/A del D.56/09 per le quali si sono riscontrati superamenti degli Standard di Qualità Ambientale (SQA) (o valori molto prossimi al SQA) nel corso del monitoraggio effettuato nel 2011. Le stazioni interessate sono state le seguenti:

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

L'indagine si è conclusa con valori medio/anno di concentrazione inferiori al SQA di cui alla tab. 1/A del D. 56/09.

5.2.4.b Sostanze ricercate nel sedimento

Gli inquinanti specifici ricercati nel sedimento per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 2/A del D.56/09. 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 4 e Tabella 3).

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

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

Nella Figura 134 si riporta la media annuale della concentrazione di alcuni metalli determinati sul sedimento. La serie storica di dati è di cinque anni consecutivi (dal 2008 al 2012).

Osservando la figura, si nota che valori medi/anno di concentrazione del cadmio e del piombo sono sempre inferiori allo SQA definito dal D.56/09 (0.3 mg/kg per il cadmio e 30 mg/kg per il piombo) in tutto il periodo considerato.

Il nichel presenta valori medi/anno di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal D.56/09 (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.

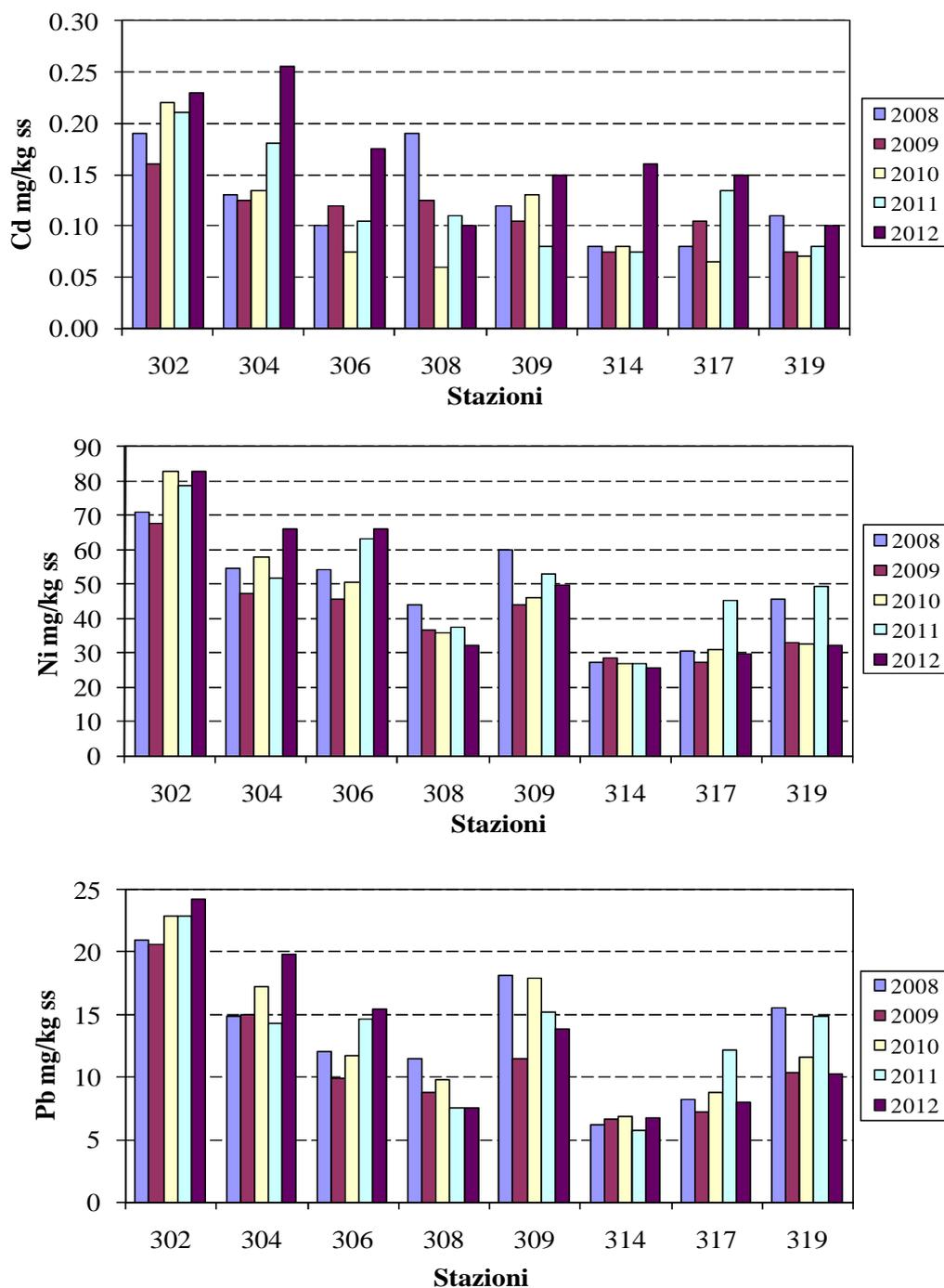


Figura 134 - Medie annuali del cadmio, nichel e piombo determinati sul sedimento

Meritano più attenzione i valori medi/anno del mercurio e del TBT (vedi Figura 135 e Figura 136).

I valori medi/anno del mercurio delle stazioni 306 Casalborette, 309 Lido Adriano e 319 Cattolica e il valore medio/anno del TBT della stazione 308 di Marina di Ravenna e relativi all'anno 2011, superano lo SQA di tab. 2/A del D.56/09 (0.3 mg/kg ss e 5 µg/kg ss). Tali valori sono da considerarsi comunque conformi alla tab. 2/A del D.56/09 perché lo stesso Decreto ammette uno scostamento dal SQA pari al 20% (SQA+20%= 0.36 mg/kg ss e SQA+20%= 6 µg/kg ss).

Nel 2012, si osserva che tutti i valori medi/anno del mercurio e del TBT sono inferiori ai relativi SQA di cui alla tab. 2/A del D. 56/09.

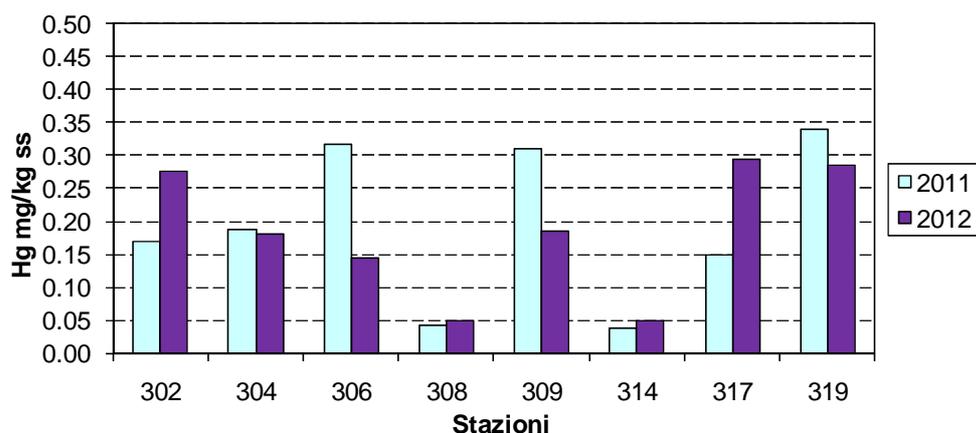


Figura 135 - Medie annuali del Mercurio determinato sul sedimento

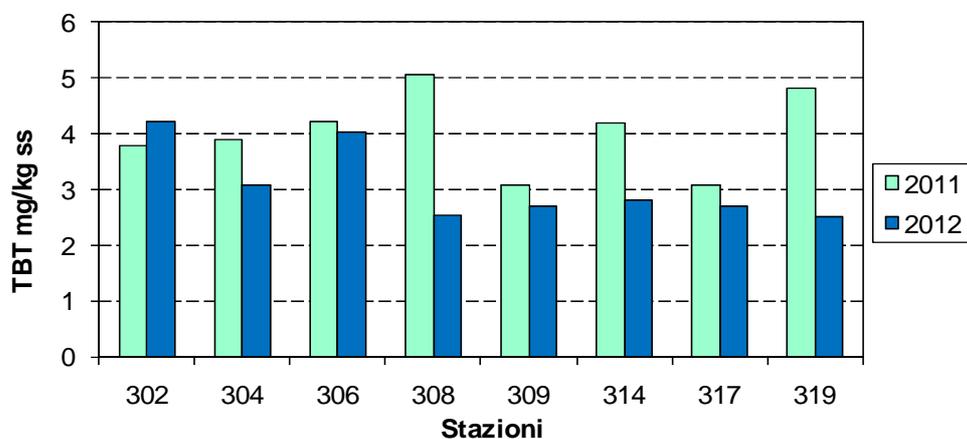


Figura 136 - Medie annuali del TBT determinato sul sedimento

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): alcuni parametri significativi

Nella Figura 137 si riportano le medie annuali delle concentrazioni degli IPA di cui alla tab. 2/A del D.56/09 determinati sui sedimenti marini prelevati nelle 8 stazioni d'indagine a 3 km di distanza dalla costa (vedi Tabella 4). Nella figura non si riporta il grafico relativo al naftalene in quanto i valori medi/anno di concentrazione sono tutti inferiori al limite di quantificazione strumentale e quindi abbondantemente al di sotto dello SQA definito dal D.56/09 .

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

In tutto il periodo analizzato (2008-2012) non si riscontrano valori medi/anno che superano gli SQA di cui alla tab. 2/A del D.56/09.

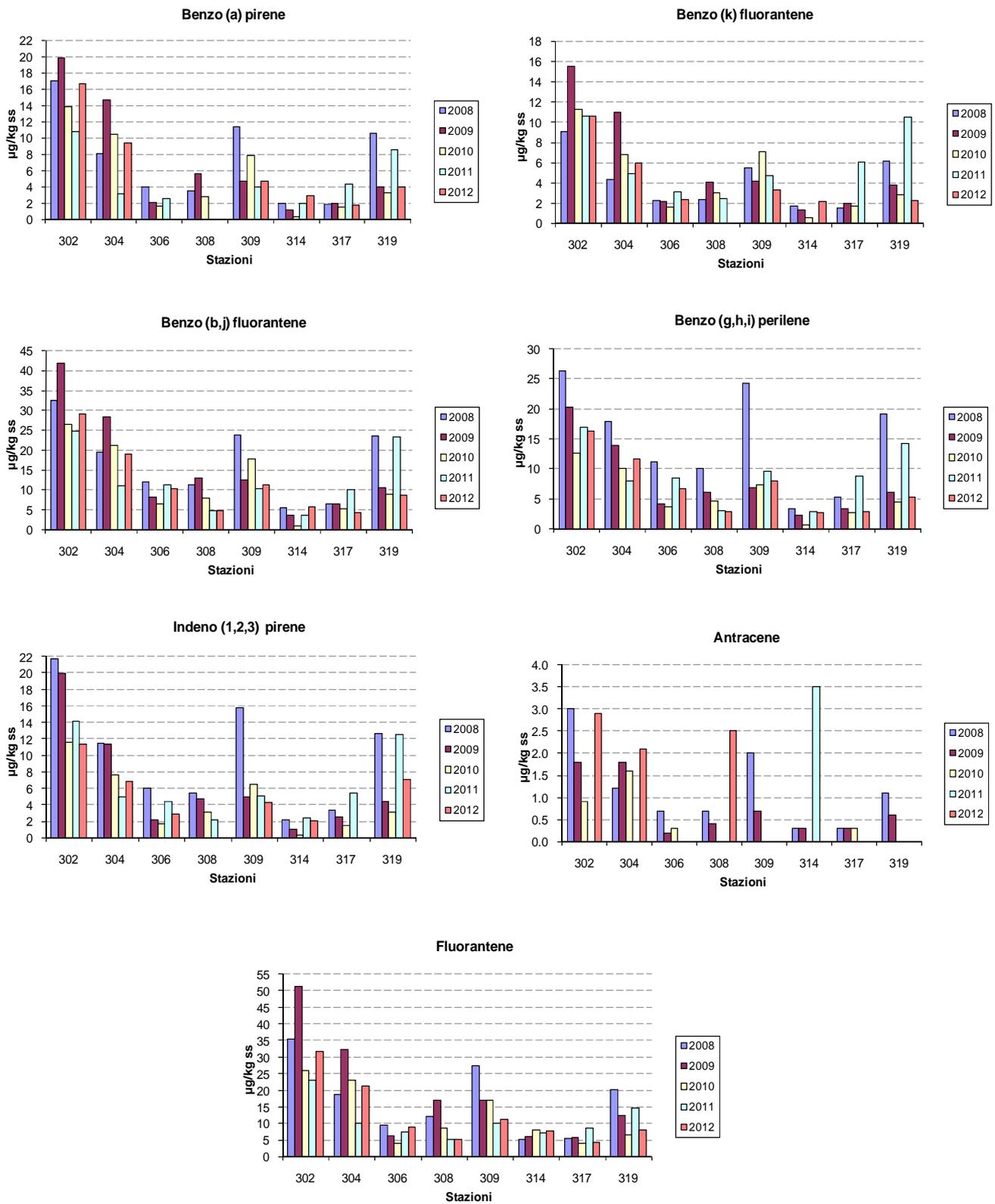


Figura 137 - Medie annuali delle concentrazioni dei Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) più significativi determinati sui sedimenti marini

Pesticidi

Nella tab. 2/A del D.56/09 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 4 e Tabella 3).

Nel 2012, i valori di concentrazione di tutti i pesticidi sono inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni oggetto di indagine. L'unica eccezione è relativa al parametro DDE che è presente ma con valori di concentrazione bassi.

Nel 2012 dunque non vi sono stati superamenti degli SQA della tab. 2/A del D.56/09 relativi ai pesticidi.

5.2.4.c Sostanze ricercate nel biota

Gli inquinanti specifici ricercati nel biota delle acque marino-costiere per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 3/A del D.56/09 (Tabella 19). 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 Tabella 19 sono 4 e sono ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è annuale (vedi Tabella 4 e Tabella 3).

La ricerca dei microinquinanti non è più eseguita dal 2011 in quanto, le ultime due indagini di accumulo di inquinanti specifici nel biota hanno restituito concentrazioni inferiori al limite di quantificazione strumentale o comunque molto inferiori al SQA definito dal D.56/09.

Inoltre, il D.56/09 definisce le indagini di accumulo sul biota come supplementari, che possono essere eseguite al fine di acquisire ulteriori elementi conoscitivi utili a determinare cause di degrado del corpo idrico e fenomeni di bioaccumulo.

Tabella 19 - Inquinanti specifici ricercati nel *Mytilus galloprovincialis*

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

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

5.2.5 Test ecotossicologici

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

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

Il criterio di scelta delle specie con cui effettuare le indagini ecotossicologiche è quello di utilizzare una batteria di saggi composta da specie appartenenti a differenti gruppi di livelli trofici, di cui almeno uno applicato ad una matrice solida.

La valutazione dei risultati dei test ecotossicologici, ha dato tossicità assente.

5.2.6 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 44.2155°N 12.4766°E - WGS84 (Figura 138 - Boa Nausicaa posizionata in mare). La boa è collocata a circa 8 km al largo di Cesenatico su un fondale di 10 m di profondità in una zona interdetta alla navigazione, all'attracco ed alla pesca. Il sistema ricevente a terra è situato presso la Struttura Oceanografica Daphne a Cesenatico. I dati vengono acquisiti ogni 30' ed archiviati nel Dbase 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 no. 202798). I dati rilevati sono elaborati e visibili al sito <http://www.arpa.emr.it/sim/?mare/boa>.

La direzione e l'altezza dell'onda rilevati nel 2012 sono stati elaborati in Figura 139. La distribuzione temporale dei dati mostra la presenza di picchi massimi d'onda durante il periodo primaverile (maggio) e quello invernale (dicembre).



Figura 138 - Boa Nausicaa posizionata in mare

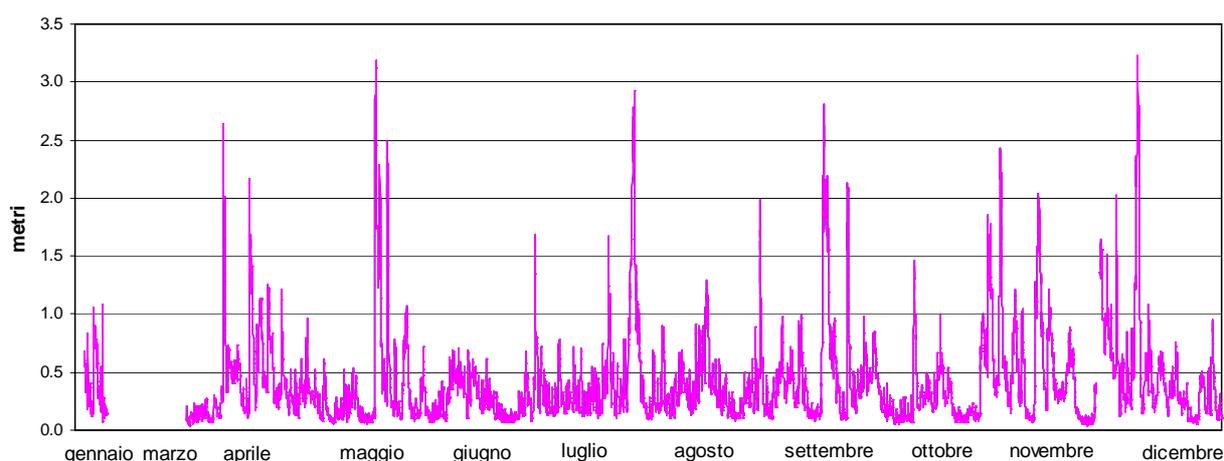


Figura 139 - Altezza delle onde (metri) anno 2012

Si è quindi deciso di elaborare i dati raggruppandoli per due periodi: Autunno-Inverno e Primavera-Estate (Figura 140). Dai grafici si evince che in entrambi i casi le direzioni dell'onda sono comprese fra Nord ed Est/Sud-Est; in particolare in Autunno-Inverno Est risulta la direzione prevalente nel 30 % circa delle osservazioni, mentre in Primavera-Estate la direzione prevalente è la Est/Sud-Est per circa il 31 % dei casi. Si osserva inoltre che anche la direzione Est in questo periodo è abbastanza frequente con il 20%.

In riferimento all'altezza dell'onda i valori compresi tra 0.1 e 1 m, corrispondenti a mare calmo o poco mosso, sono quelli maggiormente presenti, mentre meno frequenti, ma comunque significativi, sono i casi di altezza d'onda tra 1 e 3 m.

In pochi eventi durante il 2012, l'altezza dell'onda è risultata superiore a 3 m di altezza.

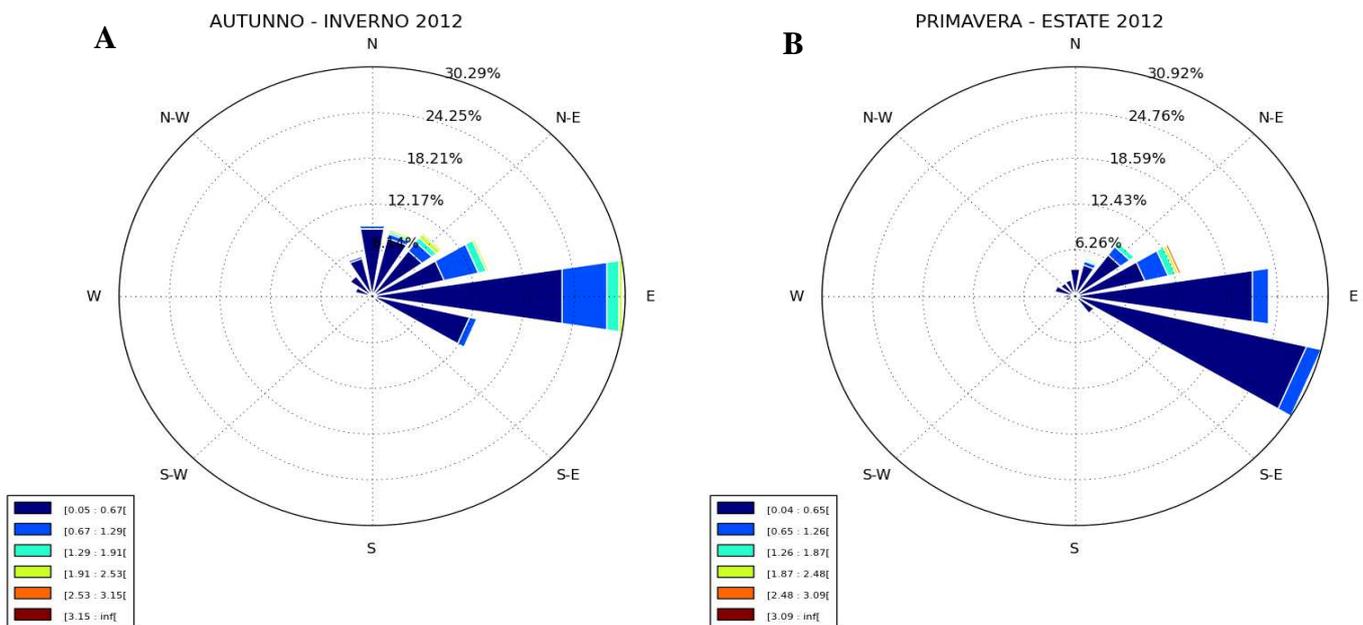


Figura 140 – Distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda (metri): A) Autunno-Inverno 2012; B) Primavera-Estate 2012

5.2.7 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM 9 dell'Aanderaa 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 interdotta alla pesca. I dati vengono registrati in una scheda contenuta all'interno dello strumento, modello Data Storage Unit (DSU) 2990.

Nei grafici di Figura 141 sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2012 per due periodi: Autunno-Inverno e Primavera-Estate. 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 nel 20 % circa delle registrazioni, dove inoltre si osserva il massimo valore di corrente; analogamente anche in Primavera-Estate il massimo di velocità è in direzione Sud-Est, con direzione prevalente è Nord-Ovest per circa il 18.5% dei casi.

La velocità della corrente è tendenzialmente minore o uguale a 0.1 m/s (colore blu intenso Figura 141), mentre i valori più intensi risultano essere poco superiori a 0.5 m/s.

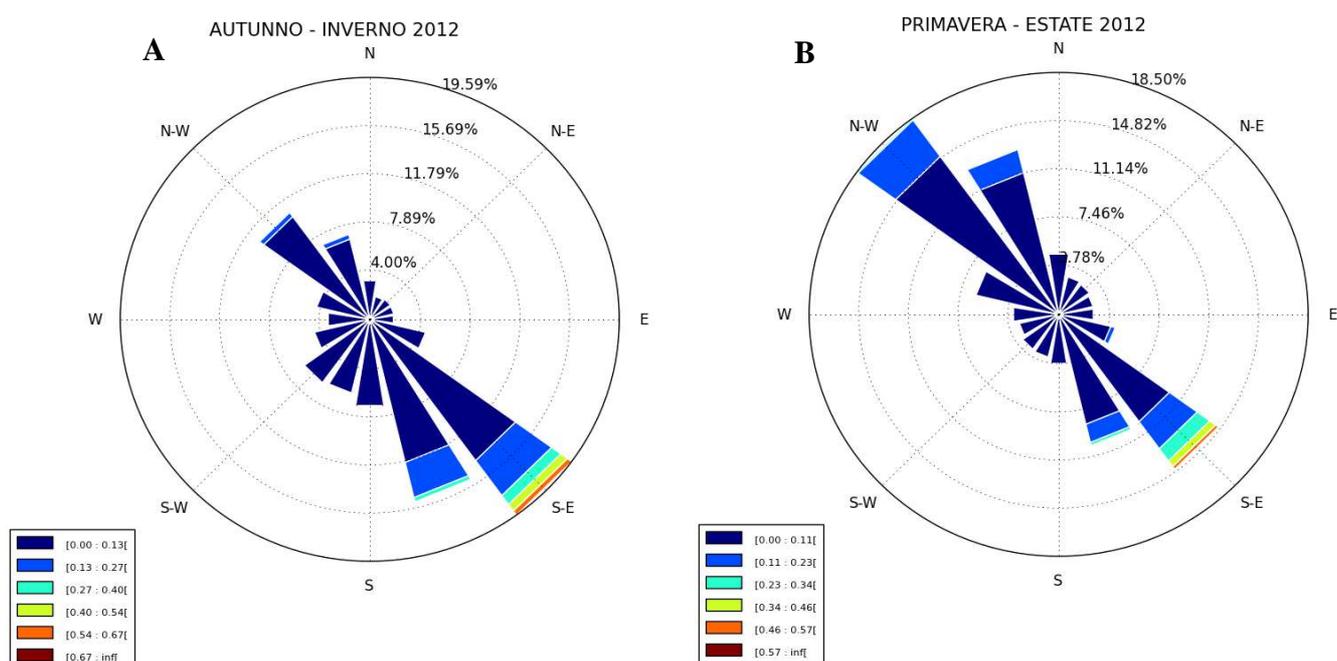


Figura 141 - Distribuzioni direzionali della corrente marina (m/s): A) Autunno-Inverno 2012; B) Primavera-Estate 2012



Figura 142 – Correntometro RCM 9 (Aanderaa)

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.

In attuazione alla direttiva 79/923/CEE la Regione Emilia-Romagna ha provveduto con Delibera n. 5210 del 18 ottobre del '94 alla " prima designazione delle acque destinate all'allevamento e/o alla raccolta di molluschi bivalvi e gasteropodi sulla base del D.Lgs131/92, individuando le aree dove sono presenti sia allevamenti di molluschi bivalvi (mitili), sia le aree con banchi naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi. Decisione assunta anche a seguito del piano di monitoraggio, al quale la Struttura Oceanografica Daphne di Arpa ha finora contribuito, per definire il quadro sullo stato qualitativo delle acque costiere designate e gli eventuali interventi mirati alla tutela e al miglioramento.

Ai sensi di quanto previsto dall'Allegato 2 del Regolamento (CE) N. 854 del 29 aprile 2004 sono state inoltre classificate le zone di produzione dei molluschi bivalvi.

Con L.R.3/99, l'azione svolta dall'Amministrazione Regionale nell'esercizio della funzione di cui sopra al D.Lgs131/92, ora abrogato e sostituito dal D.Lgs152/06, è stata delegata alle Amministrazioni Provinciali.

Per quanto riguarda la Struttura Oceanografica Daphne in riferimento all'All. 2 Sez C del D.Lgs152/06, le stazioni individuate nella rete di controllo, corrispondono in gran parte a quelle monitorate per la classificazione trofica delle acque costiere marine (rete di monitoraggio eutrofizzazione) e pertanto sarà garantito il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativo a: pH, temperatura, salinità, ossigeno disciolto lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

Per quanto concerne gli altri parametri quali: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organiche alogenate, metalli pesanti, coliformi fecali, sostanze che influiscono sul sapore e biotossine, ogni amministrazione provinciale si rapporta autonomamente con le AUSL, le Sezioni provinciali di Arpa ed altri Enti per rispondere compiutamente a quanto previsto dal D.Lgs152/06.

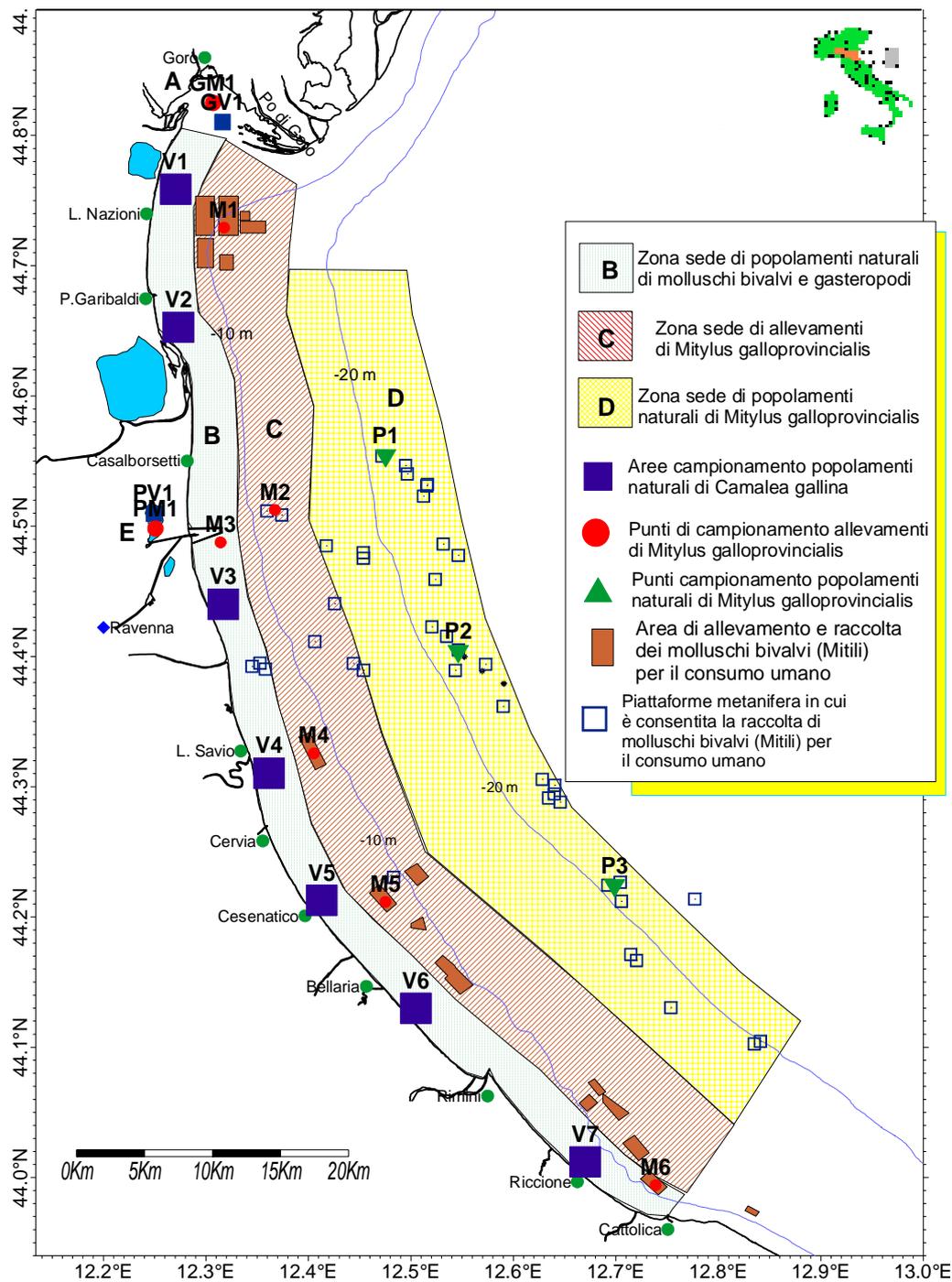


Figura 143 - Rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative per la conformità delle acque destinate alla vita dei molluschi

7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 ANOMALO RAFFREDDAMENTO ACQUE

Un evento che merita segnalazione è quello riconducibile agli effetti dei forti venti di bora che si sono verificati nel febbraio 2012, con un raffreddamento eccezionale delle acque dell'Adriatico settentrionale. Analogie storiche vengono riportate nei casi osservati nel mese di febbraio del 1956 e del 1929. La condivisione di dati e informazioni degli Istituti Scientifici e Agenzie per l'Ambiente hanno permesso di definire il quadro generale a livello di bacino Nord Adriatico, compresa la situazione meteorologica che ha determinato il prolungato afflusso di masse d'aria fredda dal Nord-Est europeo (Russia continentale) tra il 29 gennaio e il 13 febbraio. Ciò ha determinato un repentino abbassamento della temperatura dell'acqua (diminuzione dai 9–10°C di fine gennaio ai 4°C di inizio febbraio), con minimi termici delle acque inferiori ai 3°C. L'evento di Bora, con raffiche superiori a 97 km/h per 15 giorni consecutivi, è da considerarsi eccezionale così come il raffreddamento che hanno subito le masse d'acqua del Nord Adriatico. Nel bacino si sono formate acque a densità elevata, generate dall'azione di raffreddamento e di evaporazione su masse d'acqua che presentavano già un'elevata concentrazione salina a causa degli scarsissimi apporti di acque fluviali dei mesi precedenti (maggiori approfondimenti sono riportati nel Paragrafo 4.4.1.a).

Il raffreddamento delle acque è stato intenso e repentino e ha causato la moria di alcune specie particolarmente sensibili quali mormore, ombrine, canocchie, seppie e lo spiaggiamento di numerose tartarughe marine. Ha inoltre ritardato l'“atterramento” delle seppie per la deposizione delle uova e la crescita ponderale delle triglie e di pesci bentonici.

7.2 PROLIFERAZIONE MACROALGHE

Nei mesi estivi del 2012 persistono per il terzo anno consecutivo, localizzate proliferazioni della Clorofita *Enteromorpha multiramosa*. Nella seconda metà di agosto si sono verificati accumuli e spiaggiamenti nel tratto di costa Ravennate (Lido di Savio) (Figura 144). Si tratta di una macroalga verde il cui corpo (tallo) è formato da esili filamenti. Gli accumuli sono stati segnalati nei pressi dei pennelli artificiali in prossimità di foci fluviali e degli arenili.

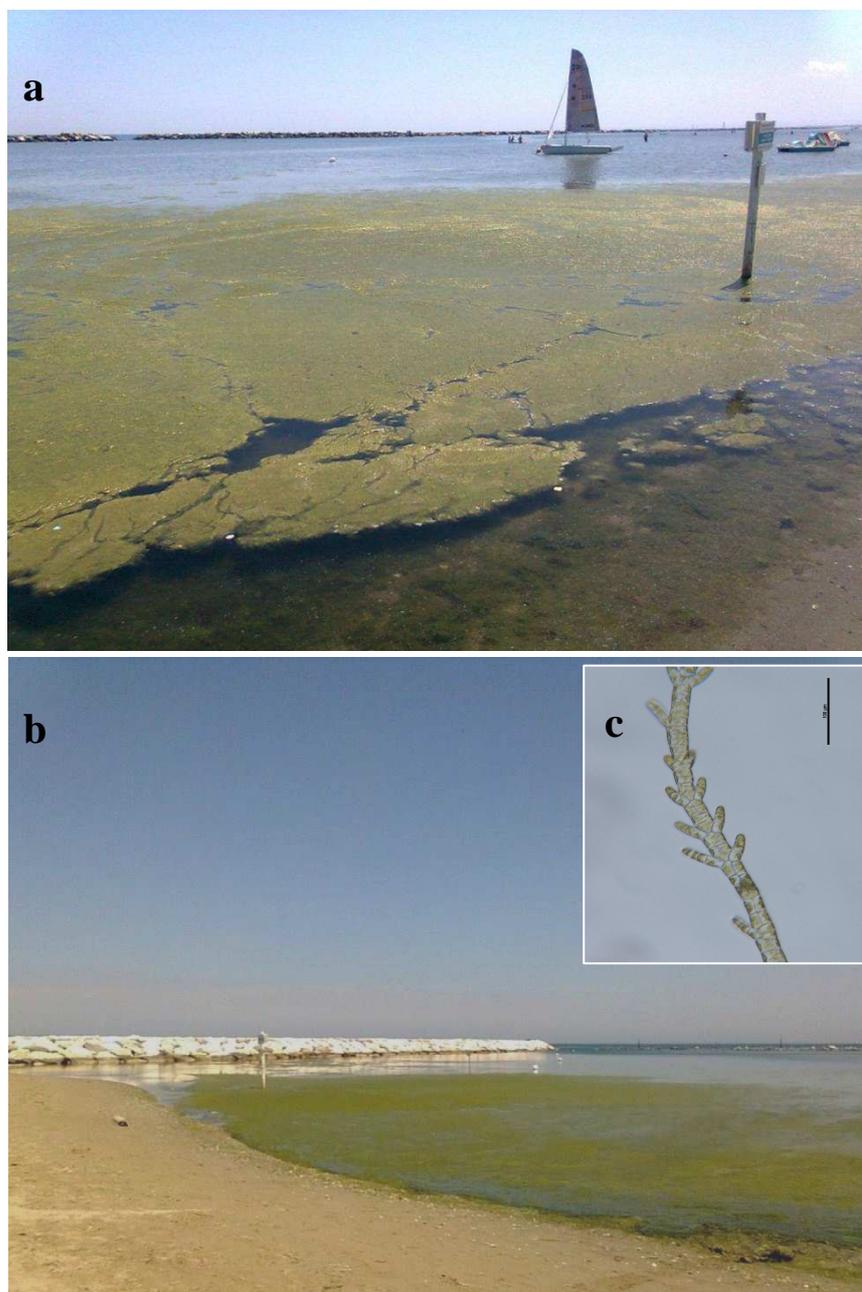


Figura 144 – Affioramento di macroalga *Enteromorpha multiramosa* a Lido di Savio (Foce Savio) 11 luglio 2012 (a,b); particolare fotografato al microscopio (c)

7.3 PRESENZA DI MEDUSE

Dalla fine di luglio e per tutto il mese di agosto si segnala la presenza di *Aurelia aurita* e *Carybdea marsupialis*. La prima (Figura 145), nota anche come “medusa quadrifoglio”, è facilmente riconoscibile dalla forma emisferica della sua ombrella, bianco diafano e trasparente, e soprattutto dalla presenza, sulla sommità dello stesso, di quattro strutture circolari (le gonadi) che formano una geometria a quadrifoglio. Possiede inoltre dei corti e sottili tentacoli; è tra le meduse più note e diffuse e non è urticante. *Carybdea marsupialis*, cubomedusa appartenente ai generi urticanti (Figura 146), è stata osservata prevalentemente sottocosta soprattutto in prossimità di infrastrutture portuali. Questa specie è dotata di ombrella a forma di cubo, trasparente. Dagli angoli del margine inferiore aperto si dipartono quattro tentacoli che, quando distesi, possono raggiungere i 70 cm di lunghezza.

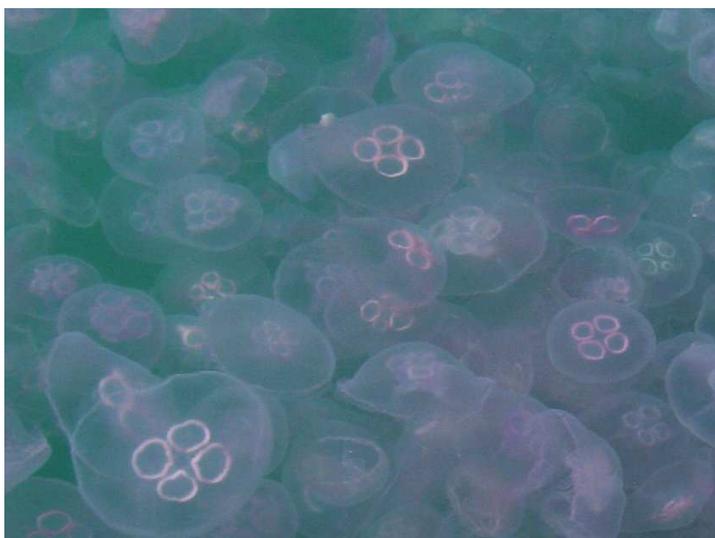


Figura 145 – Sciame di meduse quadrifoglio (*Aurelia aurita*) (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)



Figura 146 – Cubomedusa *Carybdea marsupialis*

7.4 FIORITURE DI FIBROCAPSA JAPONICA

Nella seconda metà di agosto si sono verificate intense fioriture di Raphidophyceae (*Fibrocapsa japonica*). Gli episodi hanno interessato tratti di costa meridionale (da Riccione a Cattolica). La presenza di questa microalga è stata molto variabile manifestandosi soprattutto nelle prime ore pomeridiane nei primi 300 m dalla battigia. Le acque presentavano una colorazione intensa rosso-marrone e una forte riduzione della trasparenza. Le abbondanze rilevate su campioni prelevati il 23 e 24 agosto in località Riccione sono state di 1.2×10^6 cell/l (Riccione levante) e 0.7×10^6 cell/l (Riccione ponente).

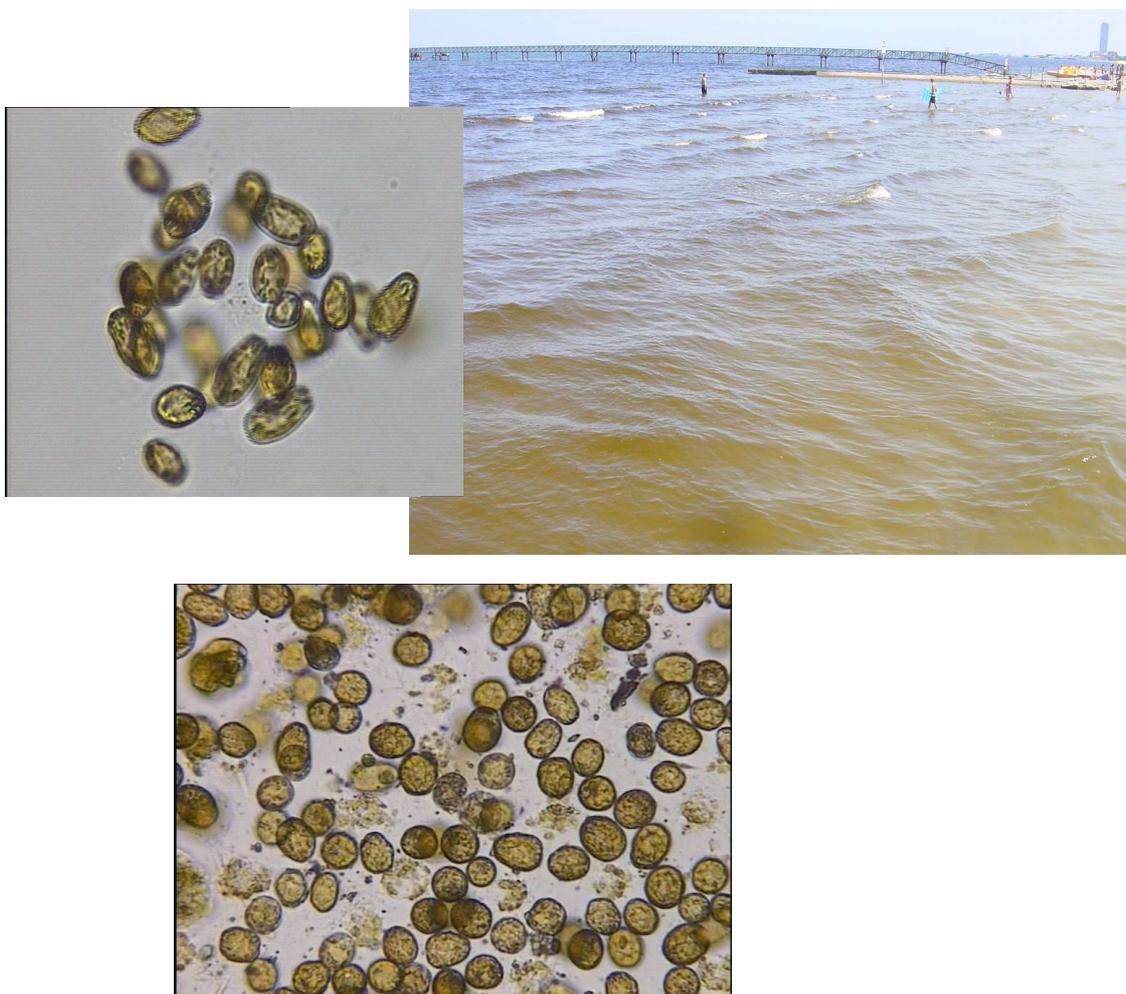


Figura 147 - *Fibrocapsa japonica* fotografia al microscopio ottico; marea rossa sostenuta da *Fibrocapsa japonica* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.5 FORMAZIONE DI SCHIUME

Il fenomeno si verifica a seguito di forti mareggiate quando l'agitazione delle masse d'acqua, ricche di sostanza organica, produce delle schiume in superficie. Quando la quantità del materiale schiumoso prodotto è abbondante il fenomeno è da annoverare tra gli “eventi anomali”. Per quanto riguarda la formazione di schiume nel 2012 non si sono verificati eventi di estesa portata; solo a fine anno, nella prima metà di dicembre, una mareggiata ha contribuito alla loro formazione (Figura 148).



Figura 148 - Materiale organico schiumoso spiaggiato fotografato il 13/12/2012 in località Cesenatico

Arpa - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna
STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: daphne@arpa.emr.it