



Regione Emilia-Romagna

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



Arpae

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

Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2016



SOMMARIO

1	QUADRO NORMATIVO	1
2	QUADRO CONOSCITIVO	3
2.1	Il mare Adriatico: caratteristiche generali	3
2.2	La fascia costiera emiliano-romagnola	4
2.2.1	Le pressioni	4
2.2.1.a	Carichi di nutrienti e metalli sversati in Adriatico.....	5
2.2.2	La qualità delle acque marino costiere.....	8
2.2.3	La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	8
2.2.4	I corpi idrici	11
3	METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	13
3.1	Metodi di campionamento.....	13
3.1.1	Prelievo acqua.....	13
3.1.1.a	Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	13
3.1.1.b	Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi	13
3.1.1.c	Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	13
3.1.2	Prelievo sedimento.....	14
3.1.2.a	Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	14
3.1.2.b	Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche	14
3.1.3	Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua	15
3.2	Metodi analitici	16
3.2.1	Matrice acqua.....	16
3.2.1.a	Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	16
3.2.1.b	Determinazione dei sali nutritivi	17
3.2.1.c	Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton	17
3.2.2	Matrice sedimento.....	18
3.2.2.a	Indagini chimico/fisiche	18
3.2.2.b	Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	18
3.2.2.c	Indagini ecotossicologiche	19
3.2.2.d	Analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos.....	20
3.2.3	Matrice Biota	20
3.2.3.a	Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici.....	20
3.2.4	Indagini meteo-marine	20
4	LO STATO TROFICO	21
4.1	Rete di monitoraggio	21
4.1.1	Parametri e frequenza di campionamento	24
4.2	Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo	26
4.3	Elaborazione bollettino.....	37
4.3.1	Parametri idrologici	39
4.3.1.a	Temperatura.....	39
4.3.1.b	Salinità.....	43
4.3.1.c	Clorofilla "a"	52
4.3.2	Elementi nutritivi	56
4.3.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃)	56
4.3.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	60
4.3.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	62

4.3.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN).....	65
4.3.2.e	Azoto totale (N tot).....	67
4.3.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄).....	70
4.3.2.g	Fosforo totale (P tot).....	74
4.3.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	78
4.3.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile).....	81
4.4	Definizione dello Stato Trofico	83
4.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	83
4.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	87
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	89
5.1	Rete di monitoraggio	89
5.2	Analisi dei risultati.....	93
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	93
5.2.1.a	Fitoplancton.....	93
5.2.1.b	Macrozoobenthos	108
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
	Granulometria.....	129
	Carbonio Organico Totale (TOC).....	133
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità.....	134
5.2.3.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	134
5.2.3.b	Sostanze ricercate nei sedimenti.....	134
5.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	139
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	139
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel sedimento.....	139
5.2.4.c	Sostanze ricercate nel biota	141
5.2.5	Test ecotossicologici.....	141
5.2.6	Direzione e altezza onde	143
5.2.7	Direzione e velocità delle correnti marine	145
5.3	Lo Stato Ecologico	147
5.4	Lo Stato Chimico	151
5.5	Lo Stato Ambientale.....	154
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI.....	155
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI.....	157
7.1	Fioriture di <i>Noctiluca scintillans</i>	157
7.2	Meduse.....	158
7.3	Avvistamenti di <i>Mnemiopsis leidyi</i> A. Agassiz, 1865.....	159

HANNO CONTRIBUITO:

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Enza Bertaccini
Maurizio Pascucci

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Maurizio Pascucci
Cristina Mazziotti
Claudio Silvestri

Determinazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Enza Bertaccini

Indagini ecotossicologiche:

Cristina Mazziotti
Paola Martini

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpa di Ferrara e Ravenna

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

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

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpae - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

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

Si ringraziano per la collaborazione il Comandante Vittorino Brandi ed il Motorista Papperini Marco del Battello Oceanografico "Daphne II".

1 QUADRO NORMATIVO

Il DLgs 152/99 definisce la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee. I principali obiettivi da perseguire sono:

- prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Il raggiungimento degli obiettivi indicati si realizza attraverso alcuni strumenti fra i quali, l'individuazione di obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici.

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

Il DLgs 152/99 e s.m.ei. prevedeva che la valutazione dello stato di qualità ambientale fosse condotta attraverso l'applicazione dell'indice trofico TRIX e che tale valutazione doveva essere integrata dal giudizio emergente dalle indagini sul biota e sui sedimenti.

Il successivo DM 367/03 alla tab.2, definiva gli standard di qualità ambientali per i contaminanti inorganici e organici nei sedimenti da applicare ai fini dalla classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere.

Con il DLgs 152/06 (che recepisce la Direttiva 2000/60/CE e abroga integralmente il precedente DLgs 152/99) sono ridefinite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici. In particolare, per le acque marino costiere sono previsti numerosi nuovi elementi per la definizione dello stato ecologico e la ricerca di contaminanti inorganici e organici nella matrice acqua per la definizione dello stato chimico. Per le indagini da effettuare sui sedimenti resta quanto previsto dal DM 367/03 alla tab.2 e concorrono anch'esse alla definizione dello Stato Chimico.

Con il DM 56/09, sono definiti i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del DLgs 152/06, art.75, comma 3. Il DM 56/09 all'All.1 definisce le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico e dello stato chimico inoltre, abroga e sostituisce quanto riportato nel DM 367/03 alla tab.2 e all' All.1 del DLgs 152/06.

Un altro decreto attuativo del DLgs 152/06, precedente al DM 56/09, è il DM 131/08 recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici per la modifica delle norme tecniche del DLgs 152/06, art.75, comma 4. Tale decreto definisce le metodologie per l'individuazione di tipi per le diverse categorie di acque superficiali (tipizzazione), la individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti.

La Regione Emilia-Romagna con Delibera di Giunta n.392/2010 dell'8 febbraio 2010 ha approvato le attività svolte per l'implementazione della Direttiva 2000/60/CE ai fini dell'adozione dei Piani di gestione dei Distretti idrografici Padano, Appennino settentrionale e Appennino centrale approvando le procedure, i criteri metodologici e le risultanze della attività di tipizzazione, di individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio di prima individuazione e i relativi programmi di monitoraggio.

Con il DM 260/10, pubblicato sulla G.U. il 7 febbraio 2011, recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali sempre predisposto ai sensi del DLgs 152/06, art.75, comma 3, sono definite le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al termine del ciclo di monitoraggio.

La Direttiva 2008/56/CE (Marine Strategy), recepita in Italia con il DLgs 190/2010, istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire o mantenere un buono stato ecologico dell'ambiente marino entro il 2020.

Il perseguimento o mantenimento di tale obiettivo deve avvenire attraverso l'elaborazione e l'attuazione di strategie finalizzate a proteggere e preservare l'ambiente marino, a prevenirne il degrado oltre che a prevenire e ridurre gli apporti nell'ambiente marino stesso.

Le strategie adottate devono applicare un approccio ecosistemico alla gestione delle attività umane, assicurando che la pressione collettiva di tali attività sia mantenuta entro livelli compatibili con il conseguimento di un buono Stato Ecologico e che la capacità degli ecosistemi marini di reagire ai cambiamenti indotti dall'uomo non sia compromessa.

2 QUADRO CONOSCITIVO

2.1 IL MARE ADRIATICO: CARATTERISTICHE GENERALI

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

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

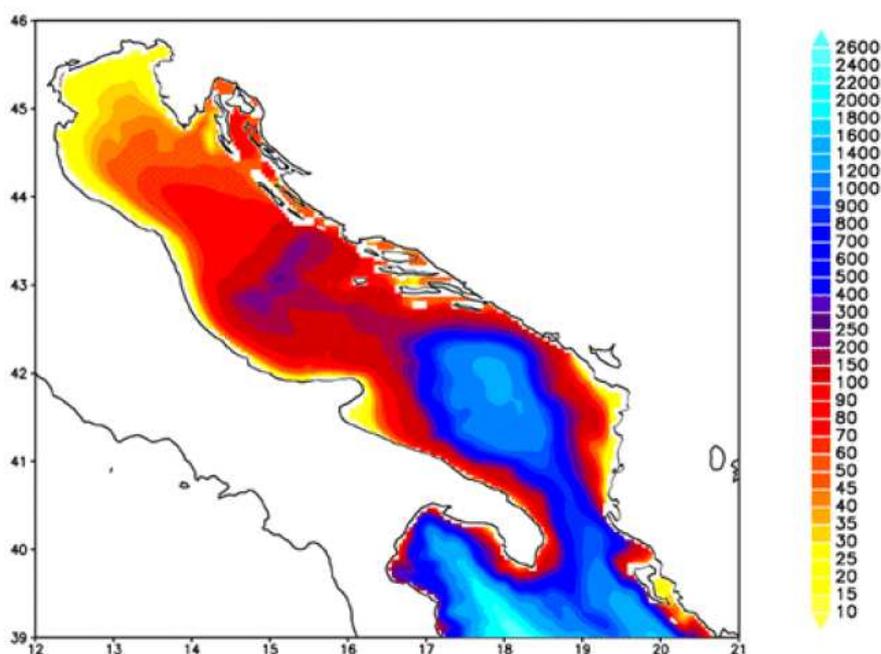


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

Nella parte alta del bacino si riversano importanti fiumi che nel loro insieme rappresentano il reticolo drenante del Bacino Padano; una vasta valle compresa tra le Alpi a nord e la Catena Appenninica a sud. Nell'arco di costa nord-occidentale troviamo infatti le foci dell'Isonzo, del Tagliamento, del Piave, del Brenta, dell'Adige, del Po e del Reno. Il Po, il primo fiume italiano per lunghezza e portata (675 km di lunghezza e con portata media annuale di circa 1500 m³/sec), termina la sua corsa verso il mare in un delta formato da 5 diramazioni principali. Il trasporto solido del Po ha generato nel tempo una vasta area deltizia il cui territorio protende verso est per circa 23 km.

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

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

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

2.2 LA FASCIA COSTIERA EMILIANO-ROMAGNOLA

2.2.1 Le pressioni

I processi di eutrofizzazione che da diversi anni affliggono la fascia costiera dell'Emilia-Romagna provocano impatti negativi oltre che sugli equilibri ambientali dell'ecosistema bentico anche su due importanti settori dell'economia regionale e nazionale quali turismo e pesca e rappresentano il problema principale dell'alterazione dello stato ambientale.

Le zone prospicienti al delta del Po e la costa emiliano romagnola, essendo investite direttamente dagli apporti del bacino idrografico padano nonché dagli apporti dei bacini costieri, sono maggiormente interessate da fenomeni di eutrofizzazione. L'influenza e l'effetto dell'apporto veicolato dal fiume Po sull'area costiera, si evidenziano considerando anche il valore di salinità che si abbassa notevolmente lungo la fascia costiera rispetto al mare aperto; inoltre la grande massa di acqua dolce immessa dal fiume Po ($1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ come media annuale nel lungo periodo: 1917-2016), rappresenta il motore e l'elemento caratterizzante del bacino dell'Adriatico nord-occidentale, in grado di determinare e condizionare gran parte dei processi trofici e distrofici nell'ecosistema costiero (Figura 2).

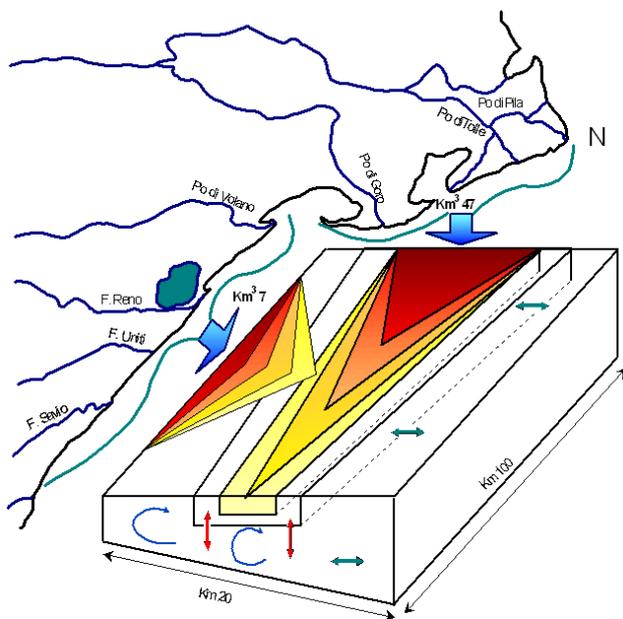


Figura 2 - Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

2.2.1.a Carichi di nutrienti e metalli sversati in Adriatico

Per i diversi tipi di sostanze considerate (vedi Tabella 1), gli apporti del fiume Po risultano superiori di oltre un ordine di grandezza rispetto a quelli complessivamente provenienti dagli altri affluenti regionali che sfociano direttamente in Adriatico. Circa il 10% del carico del fiume Po arriva a mare tramite il ramo più a sud del Delta, il Po di Goro, che segna il confine tra Emilia-Romagna e Veneto.

Tra gli affluenti diretti, per le diverse sostanze considerate, i tre corsi d'acqua che apportano i maggiori carichi sono sempre quelli situati più a nord, cioè il Po di Volano, il c.le Burana-Navigabile e il fiume Reno.

Rispetto al totale regionale immesso in Po o in Adriatico, gli affluenti diretti dell'Adriatico, che drenano il 51% della superficie regionale, apportano quantitativi dell'ordine del 50% per l'azoto e per il totale dei sei metalli e circa il 40% del fosforo; tra i metalli si osserva un 70% circa per il piombo. Nichel e arsenico sono ritrovati con concentrazioni superiori al limite di quantificazione (LOQ), in un certo numero di campioni, per la quasi totalità delle aste fluviali; cromo e piombo evidenziano riscontri positivi rispettivamente nel 53% e 35% delle chiusure di asta; i ritrovamenti di cadmio e mercurio sono invece estremamente sporadici.

A fronte di una stima regionale di sversato in Po o Adriatico dei sei metalli di 25.500 kg/anno, gli apporti singoli sono rappresentati per il 70% da nichel, 16% da arsenico, 9% da cromo e 4% da piombo; cadmio e mercurio registrano un apporto molto limitato.

Rispetto alle valutazioni condotte sul periodo 2010-2013 per gli apporti complessivi in Adriatico dall'asta Po l'azoto appare pressoché stazionario (-4%), il fosforo in calo (-14%); relativamente invece alle immissioni degli affluenti in Po e Adriatico dalla regione Emilia-Romagna l'azoto è valutato in calo significativo (attorno al -25÷30%, con dato omogeneo tra affluenti del Po e immissari diretti in Adriatico), il fosforo indica anch'esso una riduzione complessiva (-13%, ma a fronte di una rilevante riduzione per la parte emiliana affluente in Po, si registra un aumento sugli immissari diretti ferraresi e romagnoli in Adriatico). In effetti, per il comparto depurativo, gli

interventi condotti negli ultimi anni relativamente ai nutrienti, hanno riguardato prevalentemente la denitrificazione. Si indica che i deflussi nel triennio 2014-16 sono apparsi mediamente in incremento, rispetto al 2010-13, del 6% per l'areale emiliano drenante in Po e del 20% per l'areale bolognese-ferrarese-romagnolo che immette direttamente in Adriatico.

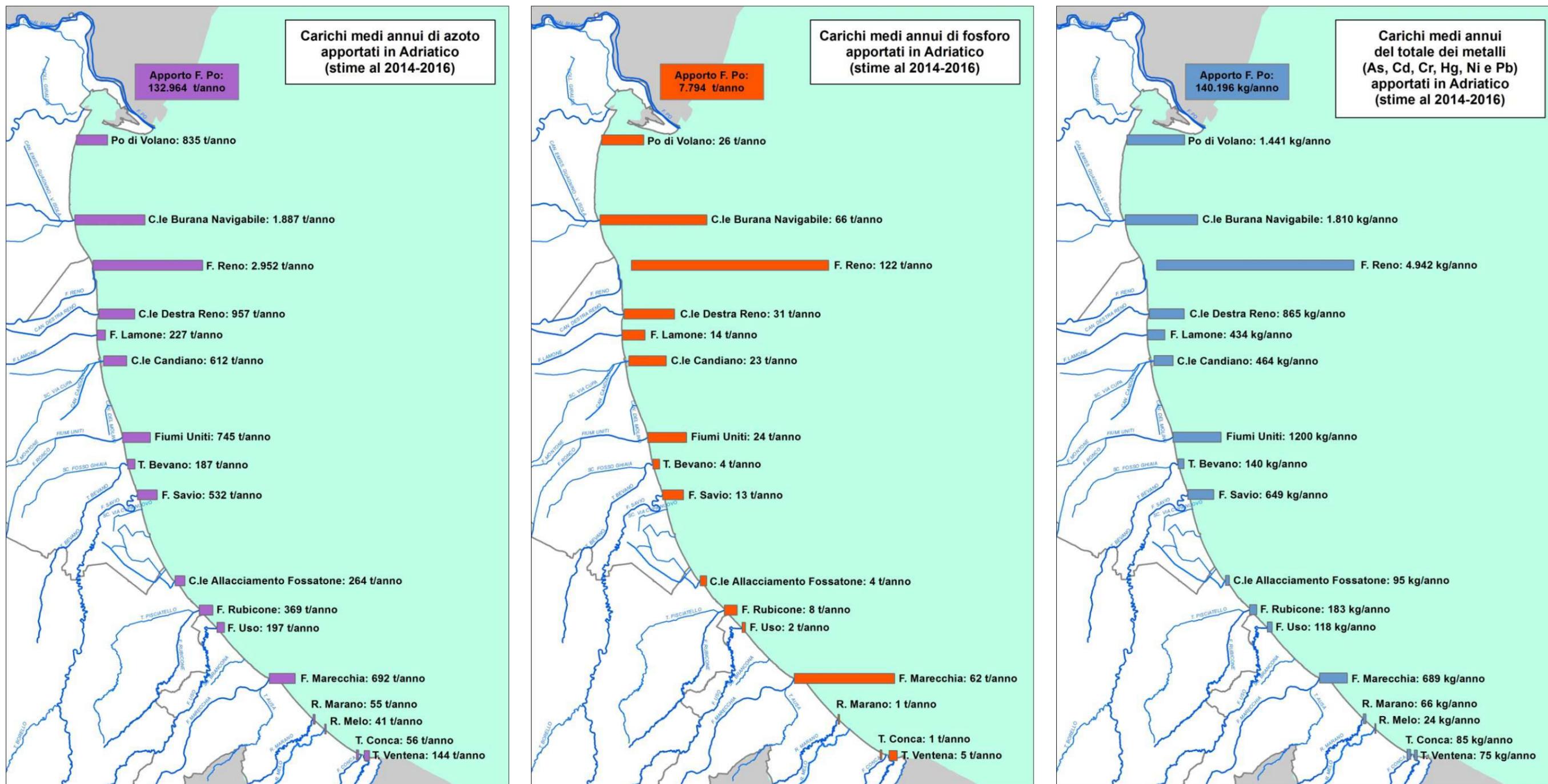
Per quattro dei sei metalli considerati, negli ultimi anni i laboratori ARPAE hanno abbassato notevolmente i limiti di quantificazione portando ad un miglioramento della performance analitica; si registrano conseguentemente, un maggiore numero di presenze e le elaborazioni condotte possono ritenersi più attendibili. In alcuni casi da ciò deriva un aumento consistente del carico, in particolare per cromo e piombo; stante le variazioni di LOQ, al momento non si ritiene che i confronti delle stime dei carichi di metalli possano essere rappresentativi di reali tendenze eventualmente in corso.

In Figura 3 si riporta una rappresentazione cartografica dei carichi di nutrienti e metalli sversati in Adriatico.

Tabella 1 – Carichi di nutrienti e metalli sversati in Adriatico

Stime al 2014-2016 Areale drenato	Carico di nutrienti		Carico di metalli						
	Azoto totale (t/anno)	Fosforo totale (t/anno)	Arsenico (kg/anno)	Cadmio (kg/anno)	Cromo totale (kg/anno)	Mercurio (kg/anno)	Nichel (kg/anno)	Piombo (kg/anno)	Totale As+Cd+Cr+Hg+Ni+Pb (kg/anno)
<i>F. Po (all'altezza di Ferrara)</i>	132964	7794	71862	381	0	117	67835	0	140196
<i>Affluenti emiliani del F. Po (da Bardonezza a Panaro)</i>	11594	594	2043	0.3	1427	0.1	8434	288	12192
PO DI VOLANO	835	26	184	3.0	0	0.1	1254	0	1441
C.le NAVIGABILE	1887	66	417	0.0	0	0.2	1392	0	1810
F. RENO	2952	122	635	0.0	512	0.0	3312	483	4942
C.le DX RENO	957	31	212	2.5	67	0.0	577	7	865
F. LAMONE	227	14	89	0.0	2	0.0	273	69	434
C.le CANDIANO (parz.)	612	23	141	0.0	171	0.0	153	0	464
F. UNITI	745	24	256	0.0	157	0.0	787	0	1200
T. BEVANO	187	4	35	0.0	21	0.0	84	0	140
F. SAVIO	532	13	7	0.0	0	0.0	517	125	649
C.le ALL.FOSSATONE	264	4	19	0.0	22	0.0	40	13	95
F. RUBICONE	369	8	31	0.0	0	0.0	149	3	183
F. USO	197	2	12	0.0	0	0.0	106	0	118
F. MARECCHIA	692	62	108	0.0	12	0.1	569	0	689
R. MARANO	55	1	0	0.0	6	0.0	60	0	66
R. MELO	41	0	5	0.0	0	0.0	20	0	24
T. CONCA	56	1	15	0.0	0	0.0	70	0	85
R. VENTENA	144	5	9	0.0	5	0.0	61	0	75
<i>Totale affluenti ferraresi-romagnoli dell'Adriatico</i>	10770	406	2179	5.5	976	0.4	9434	702	13297
Totale Emilia-Romagna (escluso F.Po)	22364	1000	4223	5.8	2403	0.5	17868	989	25489
Totale Emilia-Romagna (escluso F.Po) - a. 2010-'13	29944	1129	4368	14	1158	13	18359	99	24011

Figura 3 – Rappresentazione cartografica dei carichi di nutrienti e metalli sversati in Adriatico



2.2.2 La qualità delle acque marino costiere

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

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

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

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

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

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

2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea

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

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

La circolazione a Nord di Ravenna è caratterizzata da un campo di velocità diretto verso il largo sotto la foce del Po (nella zona antistante il Lido di Volano e il Lido delle Nazioni) che si richiude a nord di Ravenna con correnti verso costa. Queste due correnti opposte sono generalmente disconnesse ma ci sono mesi, quali quelli di aprile, maggio, giugno, dove si può chiaramente vedere che le correnti verso il largo e verso costa si connettono, quasi chiudendosi ad anello, producendo lungo la batimetria dei 10-20 metri una corrente verso sud. Questo anello è comunemente chiamato in oceanografia vortice ed in particolare in questo caso, vortice anticiclonico; non è sempre presente e la circolazione mostra cambiamenti repentini di direzione nei vari mesi. Tra febbraio e marzo la corrente in questa area ha direzioni opposte, indicando ancora una volta un regime idrodinamico assai variabile ed instabile. Data l'importanza che questo tipo di circolazione può avere sui fenomeni eutrofici della zona costiera è necessario concentrarsi sulla circolazione dei mesi estivi di luglio, agosto e settembre. A luglio e settembre le correnti sono generalmente prossime alla costa e limitano, verso costa, una zona di alta temperatura e bassa salinità che può condurre a fenomeni distrofici, non rari in queste aree. Questa circolazione può essere vista come il bordo del vortice che è però così accostato che non riesce a chiudersi lungo la costa e tende a confinare le acque calde e poco salate; la circolazione in agosto è leggermente più "aperta" ovvero di scambio tra la costa ed il mare aperto anche se persiste una condizione di confinamento delle acque di tipo fluviale e ad alta temperatura verso la costa. Nella zona a sud di Ravenna e Lido Adriano le correnti sono generalmente verso sud e dell'ordine di 5-10 cm/sec tutto l'anno. È questo un segmento della famosa corrente del nord Adriatico (WACC), che persiste tutto l'anno raggiungendo la massima intensità tra novembre e gennaio. Questo segmento di corrente è disconnesso dalla circolazione a nord di Ravenna eccetto che in novembre, settembre, agosto, giugno e febbraio, dove sembra formare una unica struttura a curve alternanti (o meandri), occludendo da un certo punto di vista la zona costiera dagli scambi con il mare aperto. Nella stessa area a sud di Ravenna vi sono mesi dove la componente della corrente lungo costa è decisamente molto debole (marzo e luglio) mentre la componente perpendicolare alla costa è molto forte come nel caso di maggio, luglio, agosto e settembre.

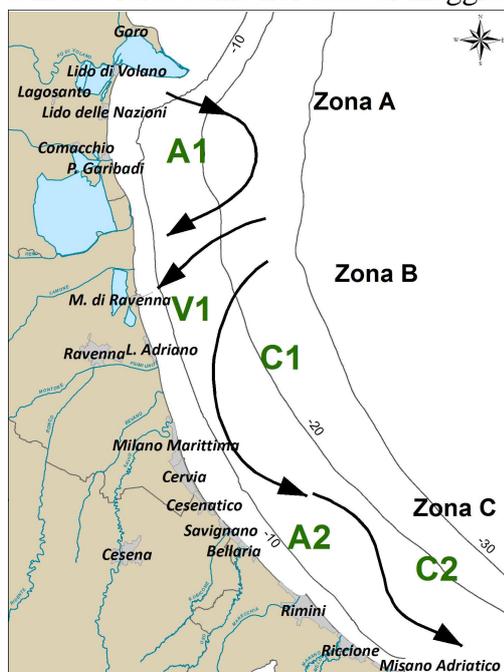


Figura 4 - Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie

Questa circolazione è indicativa di dinamiche di ‘downwelling’ lungo la costa, tipiche del regime di venti di questa area. Infatti il vento di Bora induce fenomeni di accumulo delle acque verso costa, seguiti da processi di sprofondamento e conseguente movimento verso il largo delle acque sul fondo.

In conclusione, lo schema riportato in Figura 4 mette in rilievo chiaramente che la zona costiera dell’Emilia Romagna è caratterizzata da tre aree, una a nord di Ravenna (area A), l’altra attorno a Ravenna fino a Lido Adriano (zona B) e la terza a sud di Lido Adriano (area C). Nella zona A esiste un vortice anticiclonico (chiamato A1 nella Figura 4) più o meno sviluppato nei vari mesi dell’anno. Nei mesi di aprile, maggio, agosto, novembre e dicembre il vortice è ben sviluppato ed è addossato alla costa. Questo accostamento alla linea di costa lascia evidente solo una corrente verso sud con un meandro che rappresenta il lato orientale del vortice. Nella zona B invece la corrente è quasi sempre diretta verso costa (regime VI nella Figura 4), fatta eccezione per i mesi di maggio, giugno, luglio e agosto dove la corrente è verso il largo. Questa regione è quella di transizione tra il regime anticiclonico prevalente a nord e quello della corrente intensificata verso sud. L’ipotesi che emerge dall’analisi di queste distribuzioni è che il vortice anticiclonico a nord, essendo più o meno sviluppato durante i diversi mesi dell’anno, possa creare situazioni idrodinamiche diverse che dipendono in larga parte dalla prossimità del vortice alla costa. La zona C è invece assai più stabile dal punto di vista delle strutture. Le dighe foranee del Porto Canale di Ravenna, si estendono fino a 2.6 km verso il largo, sono perpendicolari alla costa e costituiscono una barriera fisica che separano le acque costiere dell’Emilia Romagna in due zone, una a nord e l’altra a sud di Ravenna (vedi Figura 5).

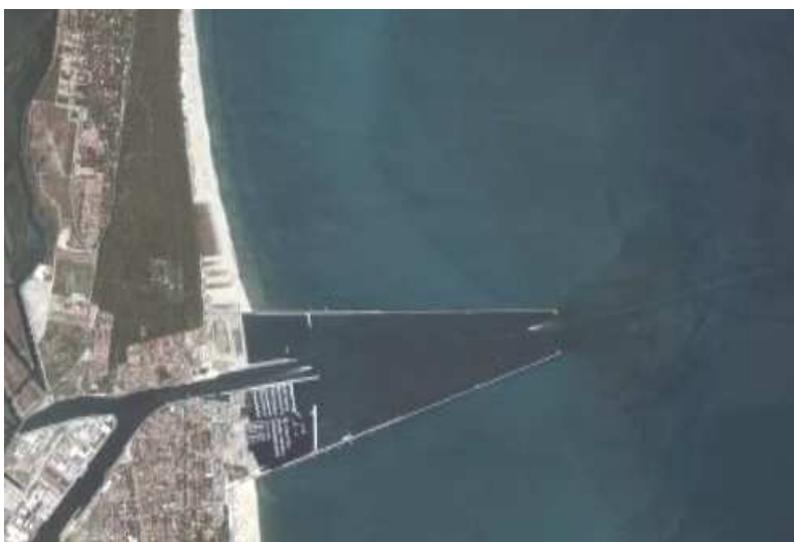


Figura 5 - Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

2.2.4 I corpi idrici

I criteri per la tipizzazione dei corpi idrici (D.M. 131/08) consentono la caratterizzazione delle acque costiere con valori medi annuali di stabilità verticale, secondo le tre tipologie:

- alta stabilità: $N \geq 0.3$
- media stabilità: $0.15 < N < 0.3$
- bassa stabilità: $N \leq 0.15$

Dalle elaborazioni dei dati di temperatura e salinità acquisiti sulla colonna d'acqua, è emerso che le stazioni costiere dell'Emilia-Romagna sono fortemente influenzate da apporti fluviali con valori medi di N variabili da $3.39 \cdot 10^{-1}$ e $4.21 \cdot 10^{-1}$, quindi tutta la fascia ricade nella tipologia "Alta stabilità".

Tale tipologia è giustificata non solo dalla formazione di termoclini nel periodo primaverile/autunnale, ma anche dalla presenza di aloclini/picnoclini determinati dai cospicui apporti di acque dolci sversate in particolare dal fiume Po.

Associando i criteri geomorfologici (costa sabbiosa e pianura alluvionale), con quelli idrologici (alta stabilità) risulta che l'intera fascia costiera dell'Emilia-Romagna appartiene alla tipo "E1".

La fase successiva è stata quella di individuare i corpi idrici ovvero le unità a cui fare riferimento per la verifica della conformità con gli obiettivi ambientali definiti nel D.Lgs152/06.

La loro corretta identificazione è di particolare importanza, in quanto gli obiettivi ambientali e le misure necessarie per raggiungerli si applicano in base alle caratteristiche e alle criticità dei singoli "corpi idrici". L'identificazione deve permettere un'accurata descrizione dello stato degli ecosistemi acquatici per consentire l'applicazione corretta degli obiettivi ambientali ed il loro perseguimento e raggiungimento come previsto dal D.Lgs152/06.

I corpi idrici relativi alle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna sono stati definiti sulla base dei seguenti criteri:

- pressioni esistenti: con particolare riferimento all'apporto e la quantificazione dei fattori di produttività diretta quali gli elementi nutritivi;
- differenze dello stato di qualità: la valutazione dello stato trofico delle acque costiere ed il suo andamento spazio-temporale, frequenza ed estensione delle condizioni anossiche ed ipossiche delle acque bentiche;
- circolazione delle masse d'acqua e discontinuità rilevanti nella struttura della fascia litoranea;
- giudizio degli esperti: monitoraggi poliennali sullo stato ambientale, climatologia dei parametri, distribuzione spazio-temporale delle variabili.

Per le acque marino costiere della regione Emilia-Romagna si individuano 2 Corpi Idrici (Figura 6). Il primo corpo idrico (CD1), si estende da Goro (delta Po) a Ravenna con una superficie di circa 96 km^2 , è influenzato dagli apporti sversati dal bacino padano e da quello del fiume Reno. Il secondo corpo idrico (CD2), si estende da Ravenna a Cattolica con una superficie pari a 202 km^2 e riceve il contributo dei bacini idrografici dei Fiumi Uniti, Savio e del Conca e Marecchia.



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

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

3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

3.1 METODI DI CAMPIONAMENTO

3.1.1 Prelievo acqua

3.1.1.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton

Il prelievo dei campioni di fitoplancton si esegue tramite una pompa situata sulla chiglia della barca che aspira l'acqua a -0.5 m di profondità. L'acqua viene poi trasferita in bottiglie di vetro scure da 250 ml, fissata con soluzione di Lugol e portata in laboratorio. Tale metodo di campionamento permette di ottenere un dato puntiforme relativo a singole stazioni di monitoraggio ad una quota di -0.5 m.

Per campionamenti a quote inferiori a -0.5 m si utilizza la bottiglia Niskin.

Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di Nylon (lunghezza rete conica filtrante 100 cm) con diametro di apertura di 40 cm e maglia da 20 µm.

3.1.1.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi

Per l'analisi dei nutrienti vengono filtrati circa 250 ml di acqua come segue:

- predisporre l'apparato di filtrazione a vuoto ponendo in esso un filtro Millipore di acetato di cellulosa di 47 mm di diametro e 0.45 µm di porosità, previamente lavato con 150-200 ml di acqua milliQ;
- "avvinare" l'apparato di filtrazione con 50-100 ml di acqua del campione;
- filtrare circa 250 ml di campione.

Se l'analisi viene effettuata entro 24 ore dal prelievo il campione può essere conservato 4°C al buio, diversamente nel caso intercorra più tempo fra il prelievo e l'analisi si procede al congelamento a -20°C.

I contenitori utilizzati per lo stoccaggio dei campioni sono in PE di colore nero.

Per l'analisi di azoto e fosforo totali il campione non deve essere filtrato.

3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche

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

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

3.1.2 Prelievo sedimento

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

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

3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche

Le attività di campionamento dei sedimenti litoranei è stata svolta in condizioni meteo-marine stabili e ponendo l'attenzione ad arrecare il minore disturbo possibile alla matrice da campionare.

In ogni stazione di campionamento il prelievo del sedimento è effettuato come descritto di seguito:

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

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

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

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

Caratteristiche della sonda multiparametrica:

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

3.2 METODI ANALITICI

3.2.1 Matrice acqua

3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Parametro	Metodo analitico
Pesticidi	
2,4'-DDT	M/P/AC/002/LM: Metodo per la determinazione dei residui di prodotti fitosanitari in acqua mediante estrazione in fase solida e analisi gascromatografica con rivelatori selettivi (Metodi analitici per le acque Vol. 2° 5060 -APAT, IRSA-CNR (2003))
4,4'-DDT	
2,4'-DDE	
4,4'-DDE	
2,4'-DDD	
4,4'-DDD	
HCH Alfa	
HCH Beta	
HCH Delta	
Lindano (HCH Gamma)	
Alaclor	
Aldrin	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
Atrazina	
Trifluralin	
P Clorfenvinfos	
Clorpirifos (Clorpirifos etile)	
Simazina	
Pentaclorobenzene	
Endosulfan	
Diuron	(LC-MS)
Isoproturon	
Solventi organici	
Benzene	EPA 5030b EPA 8260b-Purge and trap e GC/MS
1,2-Dicloroetano	
Tetracloruro di carbonio	
Tetracloroetilene	
Tricloroetilene	
Triclorobenzeni	
Triclorometano	
Ftalati	
Di(2-etilesilftalato)	EPA 8270 D REV. 4 2007
Alchilfenoli	
4- Nonilfenolo	GC-MS / EPA 8041
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	GC-MS / EPA 8041
Clorofenoli	
Pentaclorofenolo	EPA 8041
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletere 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)fluoranthene	
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
Cloroalcani	
Alcani, C10-C13, cloro	HPLC/MS
Metalli	
Cadmio	EPA 6020-ICP/MS
Mercurio e composti	3200/A1 APAT/IRSA- Vapori freddi
Nichel	EPA 6020-ICP/MS
Piombo e composti	EPA 6020-ICP/MS

3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi

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

3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton

Il campionamento e l'analisi del fitoplancton è stato eseguito secondo i criteri definiti nelle "Metodologie di studio del plancton marino" (ISPRA Manuali e Linee Guida 56/2010). L'analisi quali-quantitativa è stata effettuata utilizzando un microscopio rovesciato Nikon Ti-eclipse con i seguenti ingrandimenti: 1000x, 600x, 400x, 300x, 200x, 100x. L'analisi qualitativa e quantitativa del campione viene eseguita secondo la metodologia riportata nella norma UNI EN 15204 : 2006.

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

3.2.2 Matrice sedimento

3.2.2.a Indagini chimico/fisiche

Determinazione	Metodo analitico
Analisi granulometrica	<ul style="list-style-type: none"> ○ “Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell’ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”, Ministero dell’ Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, p. 84. ○ ASTM E11 - 09e1 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves. ○ ISO 3310-1:2000 Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth. ○ ISO 13317-3:2001 Determination of particle size distribution by gravitational liquid sedimentation methods - Part 3: X-ray gravitational technique.
Carbonio organico (TOC)	Ossidazione ad anidride carbonica del carbonio organico e inorganico e determinazione fotometrica – IR

3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

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

3.2.2.c Indagini ecotossicologiche

Determinazione	Metodo analitico
Saggio ecotossicologico con batteri bioluminescenti- <i>Vibrio fischeri</i>	<p>Determinazione della tossicità acuta end point-inibizione della bioluminescenza</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Metodi analitici per le acque, - APAT – CNR - IRSA, 29/2003 Vol. 3° pp 1003-1012 ◦ ISO/CD 11348-3 “Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of <i>Vibrio fischeri</i> (Luminescent bacteria test) -- Part 3: Method using freeze-dried bacteria ◦ Azur Environmental, 1995¹ modificato secondo Onorati e Mecozzi, 2004² <p>¹ Azur Environmental, 1995. Microtox® Acute Toxicity Solid-Phase Test, 20 pp ² ONORATI F., MECOZZI M., 2004. Effects of two diluents in the Microtox® toxicity bioassay with marine sediments. Chemosphere, 54: 679 – 687</p>

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

3.2.2.d *Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos*

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

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

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

L'indagine consiste nella:

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

3.2.3 **Matrice Biota**

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

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

3.2.4 **Indagini meteo-marine**

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

4 LO STATO TROFICO

4.1 RETE DI MONITORAGGIO

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

Nella Tabella 2 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 2 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della Regione Emilia-Romagna per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R. 39/78, L.R. 3/99 e L.R. 44/95)

Codice Stazione	Località	Prof. metri	Dist. km	LAT WGS84 (gg.ppddddd)	LON WGS84 (gg.ppddddd)
2	Lido di Volano	3.9	0.5	44.457656	12.155128
3	Lido Nazioni	5.1	0.5	44.434495	12.150388
4	Porto Garibaldi	3.7	0.5	44.396873	12.154228
5	Foce Reno	5.2	0.5	44.365613	12.174268
6	Casalborsetti	5.2	0.5	44.332012	12.174568
8	Marina di Ravenna	3.5	0.5	44.28299	12.175348
9	Lido Adriano	5.4	0.5	44.240749	12.195387
11	Lido di Savio	3.9	0.5	44.195268	12.208826
12	Cervia	3.5	0.5	44.162989	12.217405
13	Zadina	3.0	0.5	44.13621	12.23442
14	Cesenatico	3.1	0.5	44.127226	12.241524
16	Bellaria	4.2	0.5	44.090626	12.283585
17	Rimini	4.3	0.5	44.046585	12.350548
18	Riccione	3.8	0.5	44.016584	12.38289
19	Cattolica	4.1	0.5	43.582924	12.444691
302	Lido di Volano	6.7	3	44.456876	12.174088
304	Porto Garibaldi	9.1	3	44.396934	12.172888
306	Casalborsetti	10.2	3	44.334052	12.193348
308	Marina di Ravenna	8.1	3	44.28899	12.192627
309	Lido Adriano	9.4	3	44.243089	12.213866
314	Cesenatico	8.3	3	44.132626	12.258444
317	Rimini	9.9	3	44.058165	12.359907
319	Cattolica	11	3	43.593664	12.455912
602	Lido di Volano	7.8	6	44.455737	12.196888
604	Porto Garibaldi	12	6	44.397054	12.194968
609	Lido Adriano	11.4	6	44.24549	12.235585
614	Cesenatico	10.2	6	44-139407	12.278603
619	Cattolica	12.1	6	44.006625	12.469712
1002	Lido di Volano	10.1	10	44.454357	12.227489
1004	Porto Garibaldi	14.8	10	44.397175	12.225689
1009	Lido Adriano	15.1	10	44.249031	12.265945
1014	Cesenatico	12.3	10	44.148588	12.305963
1019	Cattolica	13.6	10	44.023846	12.487892
2004	Porto Garibaldi	26.5	20	44.397297	12.301289
2014	Cesenatico	22.0	20	44.17109	12.373884



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

4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento

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

Il monitoraggio lungo la costa emiliano romagnola prevede in generale una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti e mensile per il fitoplancton. Per le variabili idrologiche la frequenza invece è settimanale nel periodo estivo da giugno a settembre e quindicinale per i restanti mesi.

Il monitoraggio quindicinale viene effettuato, condizioni meteo-marine favorevoli, generalmente la 1° e la 3° settimana del mese. Per quanto riguarda i nutrienti il campionamento viene eseguito su tutte le stazioni ad esclusione di quelle situate a 6 km di distanza dalla costa. Per temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH viene fornito il profilo verticale registrato con la sonda multiparametrica mediato ad ogni metro di profondità al fine di individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline (aloclini), nonché gli stati anossici e/o ipossici che si possono verificare a livello del fondale.

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

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

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

Nella Tabella 3 vengono riepilogati i parametri controllati e le misure effettuate in ogni stazione e la frequenza di campionamento.

Tabella 3 – Schema del piano di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione

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

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

(**) Settimanale da giugno a settembre

4.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO-ROMAGNOLO

Il 2016 ha rilevato in generale una buona condizione ambientale lungo tutta l'area costiera emiliano romagnola. La diminuzione annuale (Figura 36) di apporti di acque dolci dai bacini costieri in particolare da quello padano, insieme a frequenti eventi di mareggiate, hanno condizionato lo stato qualitativo dell'ecosistema confermando un'attenuazione dei fenomeni eutrofici ed una riduzione di episodi ipossici/anossici a livello di fondale. L'area settentrionale della costa si conferma essere rispetto a quella meridionale quella più sensibile agli apporti diretti del Po. All'inizio dell'anno lungo tutta l'area monitorata si è rilevata una buona qualità dell'ambiente marino sia in costa che al largo, da nord a sud con valori medio alti di salinità, basse concentrazioni di clorofilla "a" e buona trasparenza. Condizioni meteo marine instabili verificate tra l'11 e il 18 gennaio, caratterizzate da mare mosso, venti forti spiranti da SW e NE e precipitazioni sparse, hanno contribuito ad un forte rimescolamento delle masse d'acqua con omogeneizzazione dei valori idrologici lungo tutta la colonna. Dopo alcune giornate di pioggia, l'aumento delle portate dei fiumi con il conseguente apporto di nutrienti immessi ha innescato un primo evento eutrofico importante nell'area più settentrionale rilevata durante il primo monitoraggio di febbraio; tale evento era sostenuto dall'aumento delle abbondanze di Diatomee appartenenti soprattutto al genere *Skeletonema* spp. sia in costa che al largo (Figura 8).

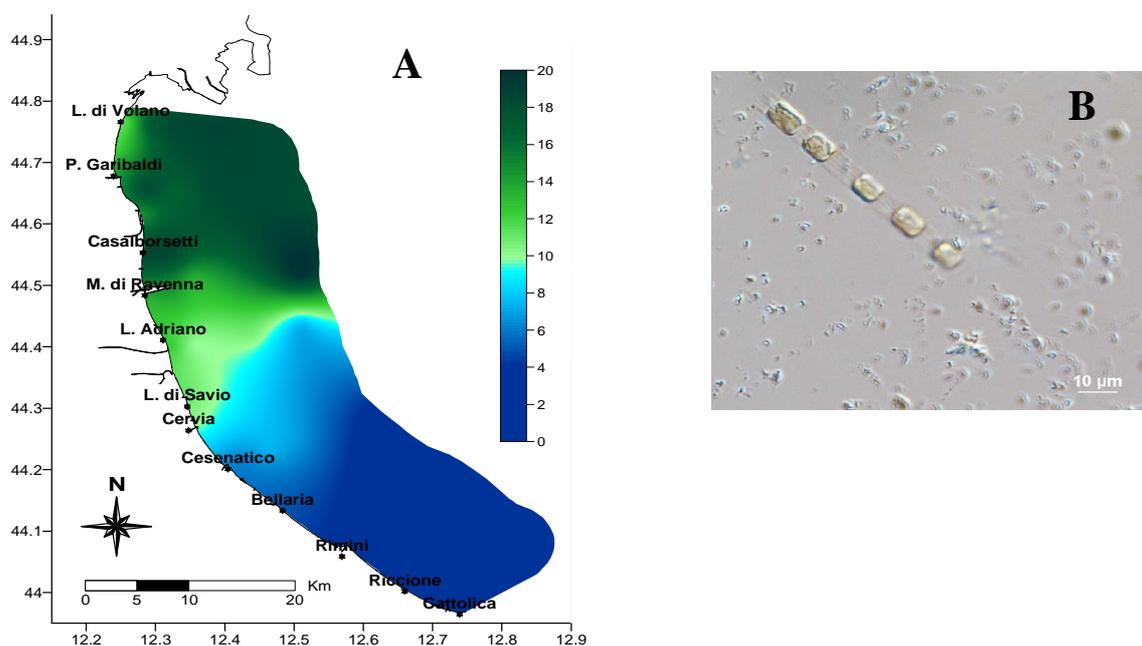


Figura 8 – A) Mappa di distribuzione della clorofilla "a" in superficie da costa fino a 20 km al largo il 01-02 febbraio; B) *Skeletonema* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Dopo il monitoraggio effettuato nei giorni 1 e 2 febbraio, il periodo è stato caratterizzato dal susseguirsi di molte giornate di mare mosso con venti forti provenienti prevalentemente dai versanti E/NE. Tutta la regione è stata interessata da precipitazioni estese che hanno interessato sia la fascia costiera che l'interno con innalzamento dei livelli idrometrici di alcuni

fiumi; dette precipitazioni in alcune zone del Appennino si sono trasformate in nevicate. Questa condizione di mare mosso e di intense precipitazioni ha da una parte contribuito a disperdere la fioritura microalgale sviluppatasi precedentemente in superficie e dall'altra ad aumentare le immissioni di acque dolci in mare in particolare dal bacino padano: nelle giornate tra il 17 e 19 febbraio le portate hanno raggiunto valori di circa 1500 mc/sec (Figura 36). Queste ultime hanno diluito le acque marine in superficie con forti diminuzioni dei valori di salinità in particolare nelle zone più a nord, direttamente influenzate dalle piene del Po (Figura 9).

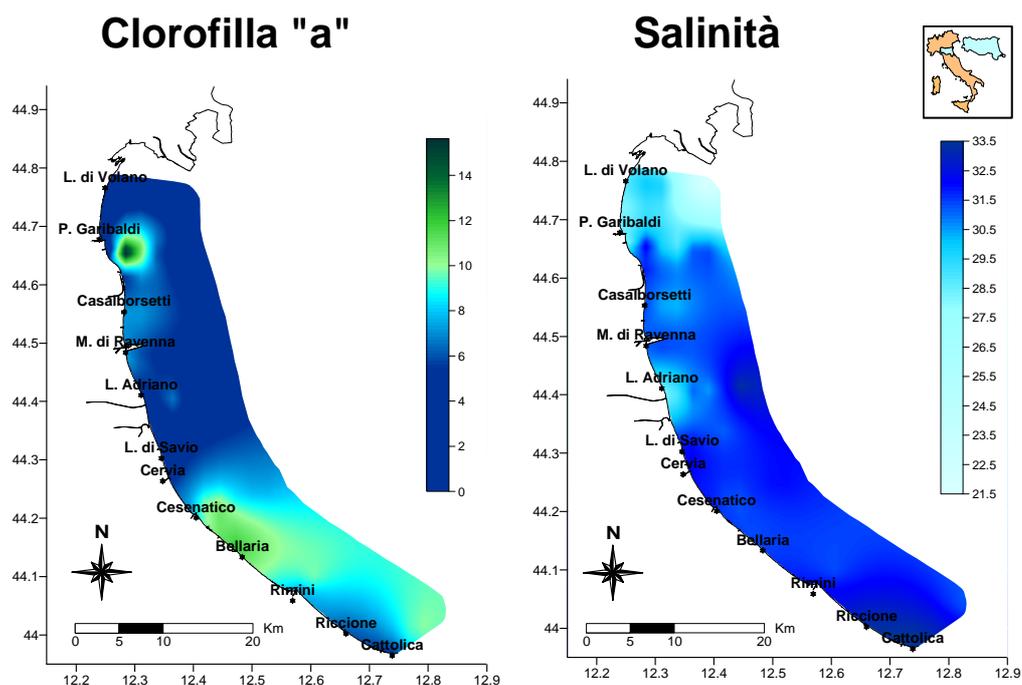


Figura 9 - Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) e della salinità (psu) in superficie da costa fino a 10 km al largo il 22-24 febbraio

Anche nel mese di marzo si sono verificate diverse giornate con condizioni di forte instabilità meteo marina caratterizzate da mare mosso, venti provenienti da E/NE e precipitazioni (Figura 10). Queste situazioni hanno portato a continui e intensi rimescolamenti delle masse d'acqua marina con una generale omogeneizzazione dei parametri idrologici lungo la colonna. L'aumento delle immissioni di acque dolci dai bacini costieri ha contribuito a mantenere diluite le acque di superficie in costa ed a determinare un aumento della torbidità con conseguente diminuzione della trasparenza (Figura 11).

L'apporto dai bacini ha incrementato l'immissione in ambiente marino anche di elementi nutritivi come fosforo e azoto che hanno favorito l'incremento della produttività trofica dell'ecosistema marino. Durante il monitoraggio del 21 e 25 marzo si è rilevata la presenza di una importante condizione di eutrofizzazione in atto lungo tutta la costa, da nord e sud e da costa fino al largo, comprendendo anche le stazioni a 20 km di distanza. Fioriture microalgali in particolare di *Skeletonema* spp. hanno portato ad aumenti importanti di clorofilla “a” nelle acque di superficie.

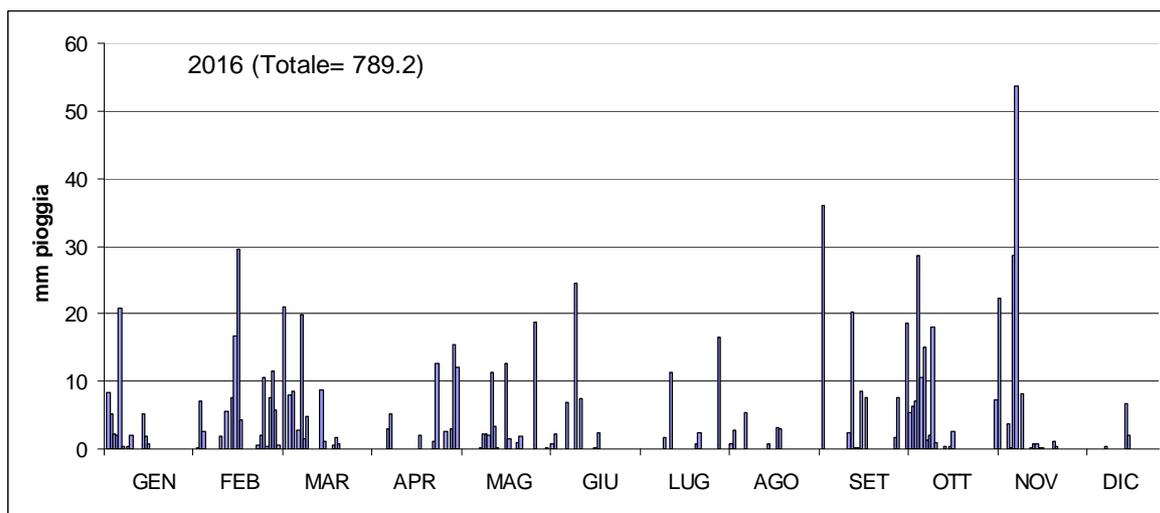


Figura 10 – Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

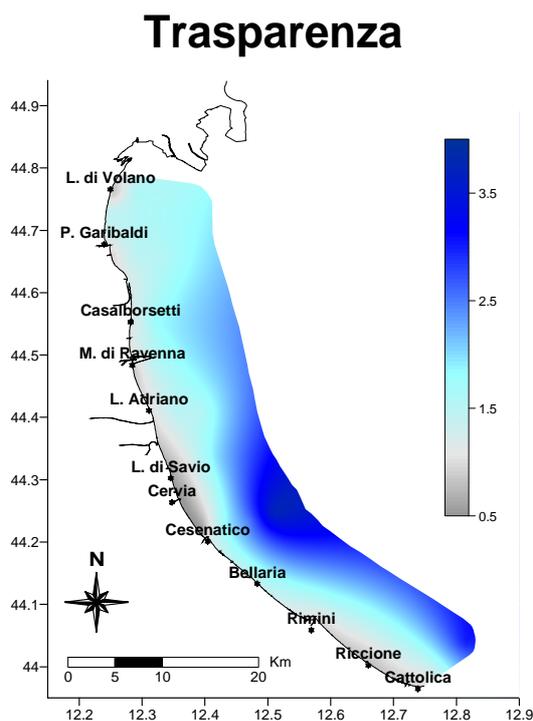


Figura 11 - Mappe di distribuzione della trasparenza (m) in superficie da costa fino a 10 km al largo nei giorni 8 e 18 marzo

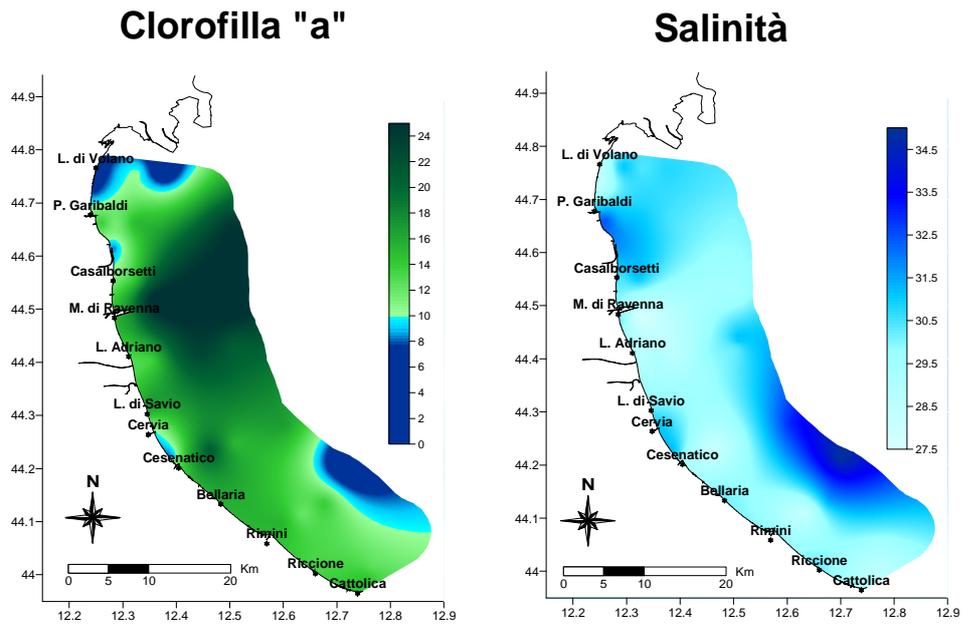


Figura 12 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) e della trasparenza (m) in superficie da costa fino a 20 km al largo il 21 e 25 marzo

Ad fine aprile si è iniziata a rilevare un aumento delle temperature delle acque superficiali soprattutto nell'area più settentrionale, attestandosi sui 16 °C (Figura 13).

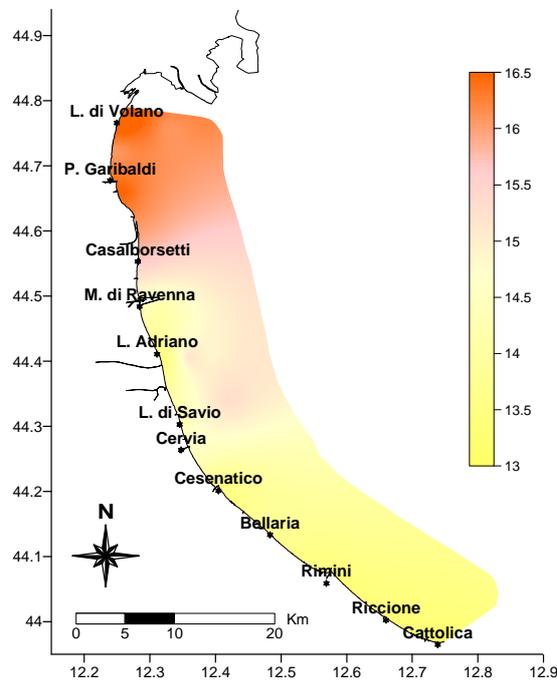


Figura 13 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) in superficie da costa fino a 20 km al largo il 20 e 21 aprile

Le intense precipitazioni che hanno interessato la fascia appenninica verificatesi a fine febbraio hanno incrementato le portate dei bacini costieri più settentrionali e del Po generando

un abbassamento dei valori di salinità in superficie ed un aumento della torbidità delle acque. L'immissione anche di elementi nutritivi ha alimentato e sostenuto la componente fitoplanctonica presente in ambiente marino mantenendo elevate le concentrazioni di clorofilla "a". Questa condizione ha interessato solo l'area più settentrionale della costa all'inizio del mese, a partire da Casalborsetti mentre, nell'area centro meridionale, le acque presentavano salinità medio alte e bassi valori di clorofilla "a" (Figura 14).

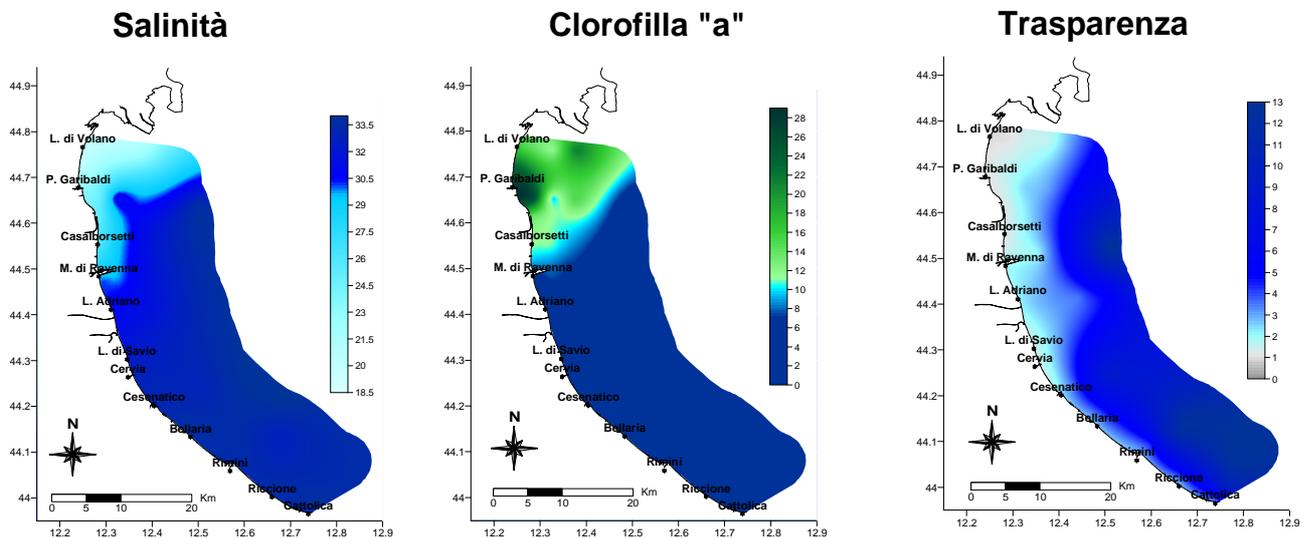


Figura 14 - Mappe di distribuzione della salinità (psu), della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) e della trasparenza (m) da costa fino a 20 km al largo il 04 e il 05 aprile

La zona più a nord ha conservato anche a maggio valori più alti di clorofilla "a" per la presenza di maggiori concentrazioni di fitoplancton in particolare di Diatomee, che contribuendo ad una maggiore produttività dell'ecosistema, conferivano alle acque di superficie una colorazione caratteristica verde-marrone.

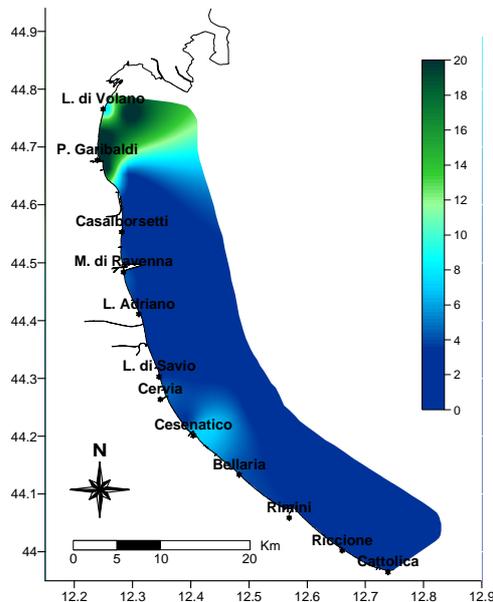


Figura 15 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa fino a 10 km al largo il 04, 06 e 09 maggio

Durante i controlli del 17-18 maggio si sono rilevate basse salinità nei primi metri della colonna sempre nell'area più settentrionale come conseguenza degli aumenti delle portate di acque dolci a seguito di eventi temporaleschi abbattutisi nei giorni precedenti al monitoraggio che hanno innalzato i livelli idrometrici di molti fiumi. A causa dell'aumento della componente terrigena in sospensione veicolata dalle acque fluviali e riversata in mare si rileva un aumento della torbidità delle acque con diminuzione della trasparenza.

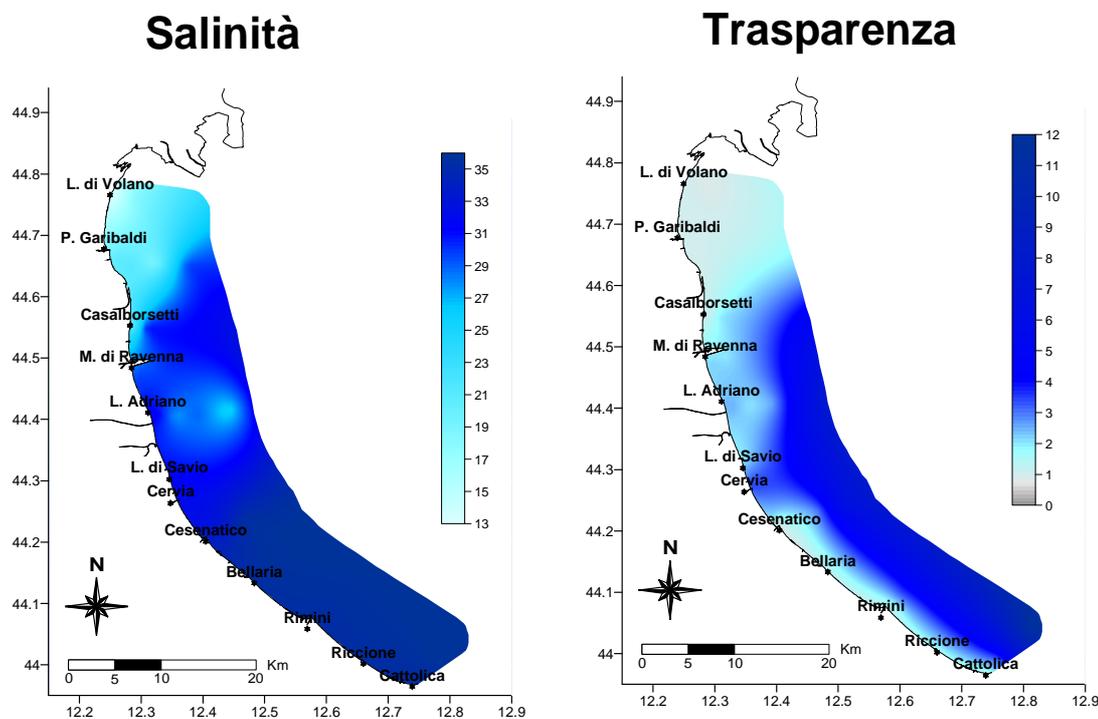


Figura 16 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della trasparenza (m) in superficie da costa fino a 10 km al largo il 17-18 maggio

Dal 9 al 12 giugno si sono verificati altri fenomeni temporaleschi più o meno intensi su tutta la regione con forti piogge che hanno contribuito ad immettere in ambiente marino acque dolci sia nell'area settentrionale che in quella meridionale con diminuzione della salinità in superficie (Figura 17 e Figura 19); a Cesenatico il giorno 12 si sono registrati 24.6 mm di pioggia caduta (Figura 10). Contemporaneamente sono stati immessi anche elementi eutrofizzanti come azoto e fosforo che hanno alimentato e sostenuto la componente fitoplanctonica presente in mare determinandone un aumento di biomassa e quindi di clorofilla "a" (Figura 17) sia nell'area settentrionale tra Casalborgorsetti e Lido di Volano che nell'area meridionale da Bellaria a Cattolica. La biomassa era sostenuta in particolare da Diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros* spp. in tutte le stazioni campionate (Figura 18).

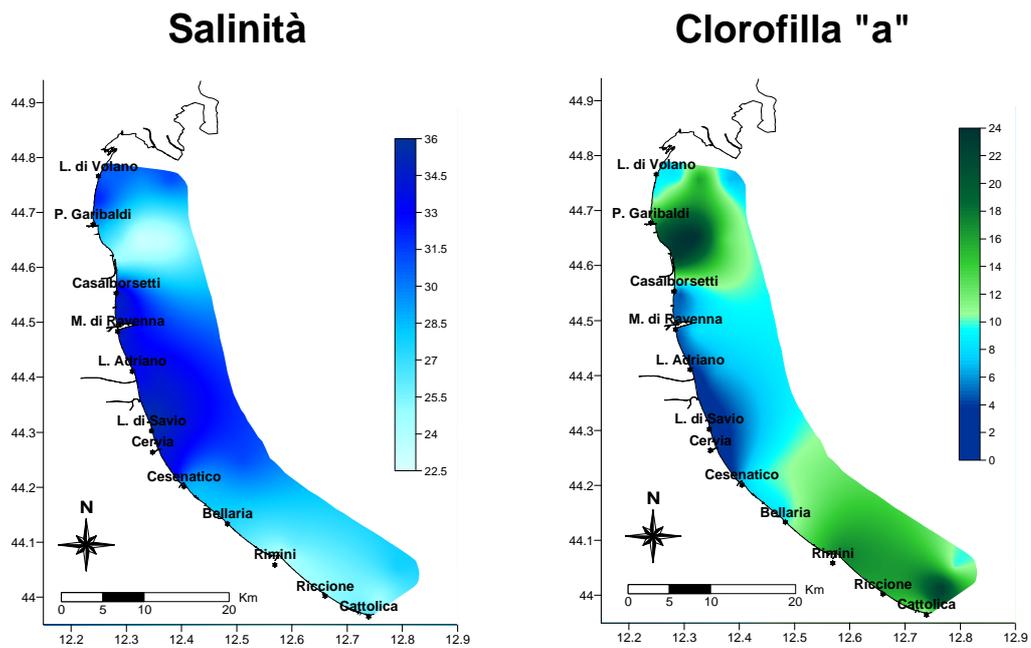


Figura 17 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della clorofilla “a” (µg/l) in superficie da costa fino a 10 km al largo il 13-15 giugno

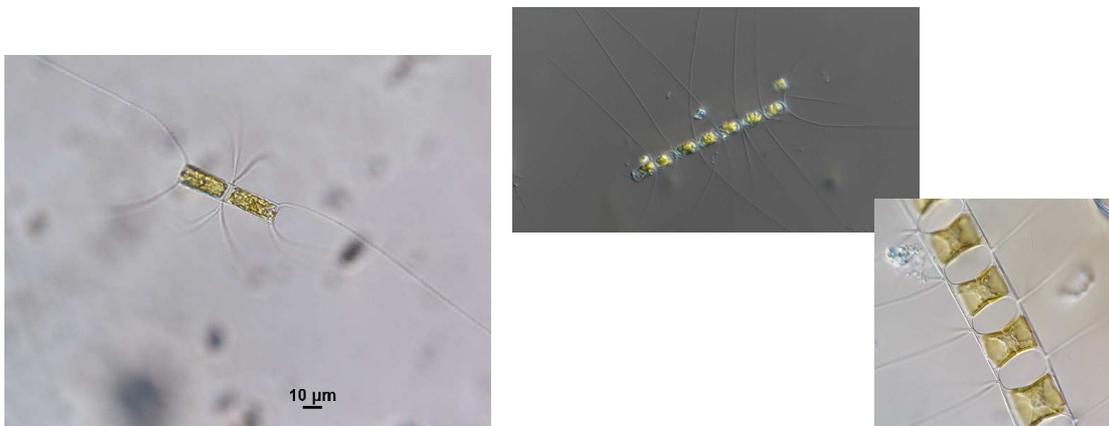


Figura 18 - *Chaetoceros* spp. Fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

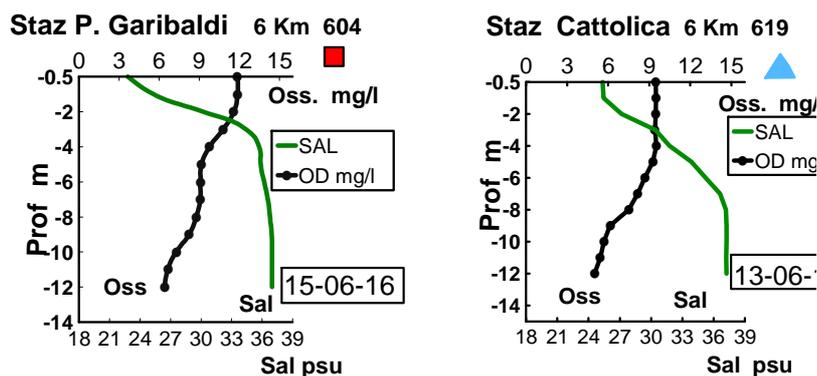


Figura 19 – Profili verticali di salinità e ossigeno disciolto nelle stazioni a 6 km antistanti rispettivamente Porto Garibaldi e Cattolica

A giugno sono iniziati i primi avvistamenti di meduse appartenenti alle specie *Aurelia aurita* e *Rhizostoma pulmo*. L'estate 2016 è stata caratterizzata dalla presenza di numerose meduse, abbondanti non solo al largo ma anche in costa dove hanno creato a volte disagi fra i bagnanti. Anche *Carybdea marsupialis* altra specie di medusa caratteristica della costa emiliano romagnola è stata avvistata e rilevata a partire dal mese di luglio fino a settembre inoltrato. All'inizio di luglio tutto il nord Italia è stato interessato da intensi fenomeni temporaleschi che hanno colpito anche alcune zone della nostra regione con conseguente aumento delle immissioni di acque dolci in mare e diminuzione dei valori di salinità. In particolare nelle giornate del 14 e 15 luglio condizioni particolari caratterizzate da precipitazioni intense e persistenti nel settore sud-orientale della Regione e forti raffiche di vento provenienti da NE (punte massime di 15 nodi) hanno generato una situazione di mare molto mosso anche sotto costa ed un abbassamento delle temperature in superficie (Figura 20).

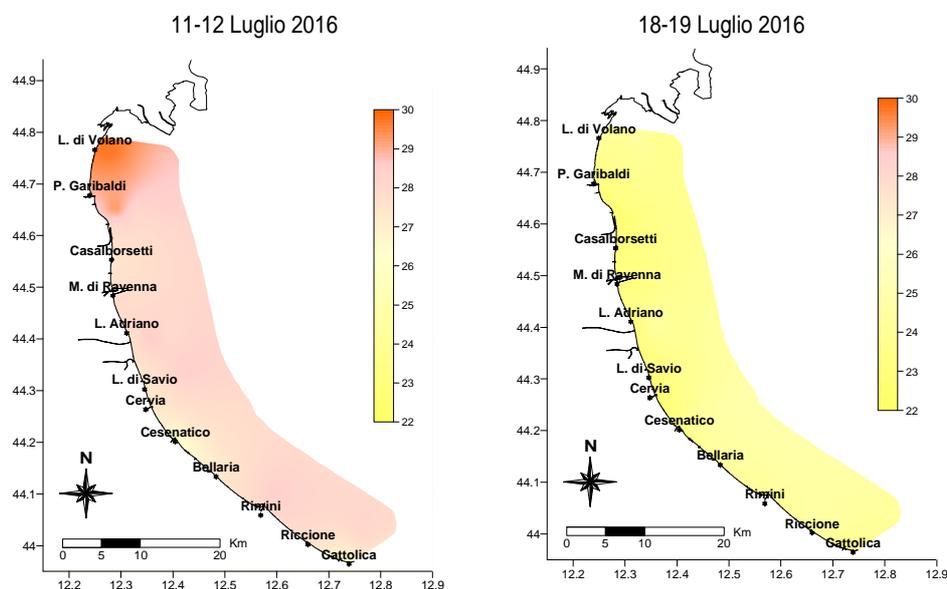


Figura 20 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) da costa fino a 10 km al largo in due monitoraggi di luglio

A partire dal monitoraggio del 11-12 luglio si è iniziato a rilevare, anche se in maniera discontinua, la presenza di alcune aree con bassi valori di ossigeno disciolto a livello di fondale (Figura 21).

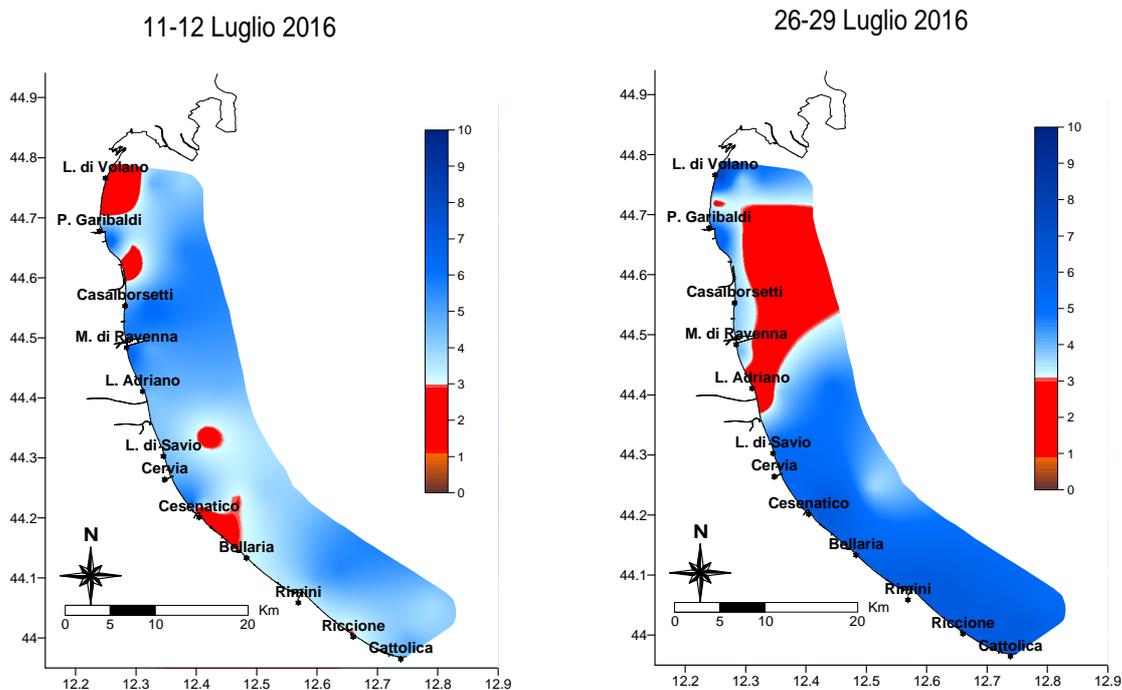


Figura 21 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) da costa fino a 10 km al largo in due monitoraggi di luglio

Anche ad agosto condizioni di mare calmo in concomitanza ad alte temperature, con valori medi di circa 27°C, hanno favorito la formazione sul fondo di aree tendenti all'ipossia e anossia. Diminuzioni delle concentrazione di ossigeno disciolto si sono rilevate più in aree sotto costa senza causare forti criticità nelle biocenosi di fondo. Durante il monitoraggio del 29 agosto e 1 settembre si è registrata la situazione più critica del 2016 con diminuzione dei valori di ossigeno da Cervia a Lido di Volano sia in costa che al largo con alcune zone localizzate davanti a Porto Garibaldi e Lido di Volano con concentrazioni inferiori a 1 µg/l (anossia).

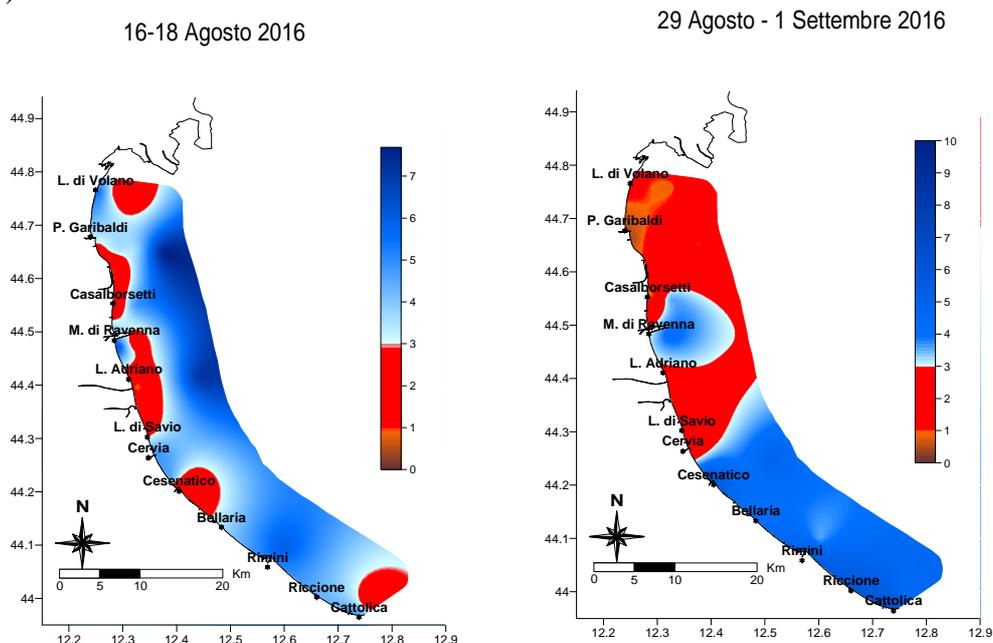


Figura 22 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) da costa fino a 10 km al largo in due monitoraggi di agosto

Durante il mese di agosto si è osservata la massiccia presenza in mare di un organismo gelatinoso, lo ctenoforo non indigeno *Mnemiopsis leidy* A. Agassiz, 1865 (Foto 3). Diversi individui sono stati avvistati lungo tutta la fascia costiera fino a 10 km al largo e la loro presenza ha interessato tutto il bacino centro-settentrionale dall'Adriatico, dalla Croazia alla Puglia. A partire dal mese di settembre fino alla fine dell'anno condizioni meteo marine particolarmente instabili anche con forti raffiche di vento, hanno ostacolato lo svolgimento delle regolari attività di monitoraggio.

A settembre si sono verificati eventi temporaleschi diffusi con precipitazioni anche intense (esempio il giorno 6 a Cesenatico) durante i quali si sono registrati 36 mm di pioggia caduta (Figura 10). A causa del mal tempo, l'unico monitoraggio completo è stato possibile solo a fine mese, il 26-29, che ha evidenziato una situazione ipossica sul fondo in alcune aree localizzate prevalentemente a nord lungo la costa (Figura 23). Tra ottobre e novembre si è osservato il continuo abbassamento delle temperature delle acque in superficie (Figura 24), concentrazioni basse della clorofilla "a" soprattutto nell'area settentrionale e valori di salinità medio alti in conseguenza anche dei continui rimescolamenti delle masse d'acqua a causa del mare molto mosso. La risospensione di materiale detritico dal fondo ad opera dell'intensa azione del mare mosso ha contribuito ad aumentare la torbidità delle acque.

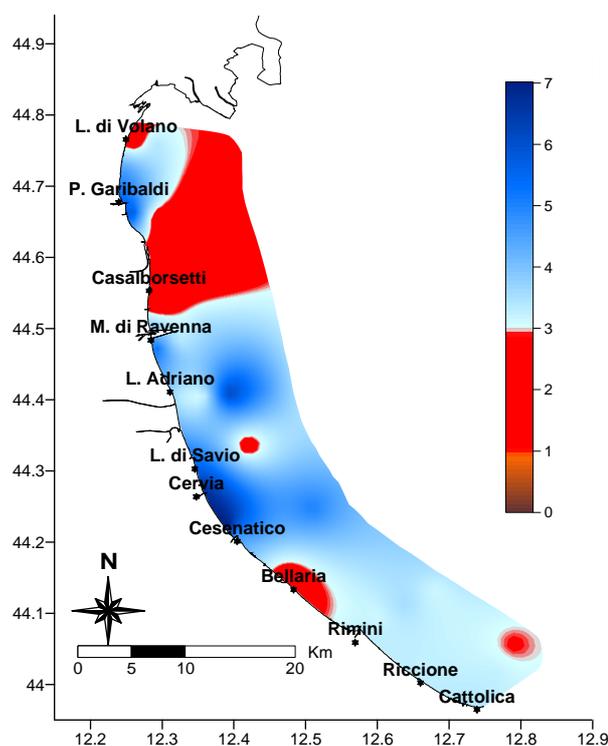


Figura 23 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 26-29 settembre

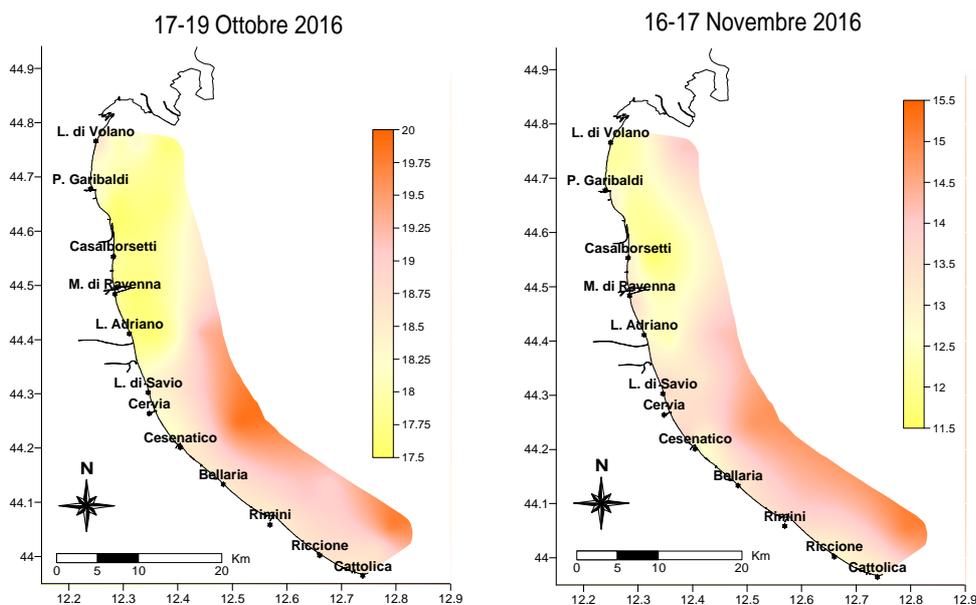


Figura 24 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 17-19 ottobre e 16-17 novembre

A fine novembre si è verificato un importante evento meteorologico su tutto il nord Italia e sulla regione, con intense precipitazioni registrate su tutto il bacino del fiume Po che hanno portato come conseguenza l'innalzamento dei livelli idrometrici dei fiumi incrementando le portate di acqua dolce immesse in mare. Il giorno 29 novembre si è registrato a Pontelagoscuro la portata massima annuale pari a 5562 mc/sec.

Si sono misurate perciò forti diluizioni delle acque superficiali nei primi metri lungo la colonna con valori di salinità inferiori a 24 psu. Nell'area settentrionale a ridosso del bacino padano la salinità registrata in costa ha raggiunto valori medi di circa 19 psu.

I valori di clorofilla "a" a fine anno si mantengono bassi e le temperature medie delle acque in superficie si attestano tra i 7 e gli 8°C.

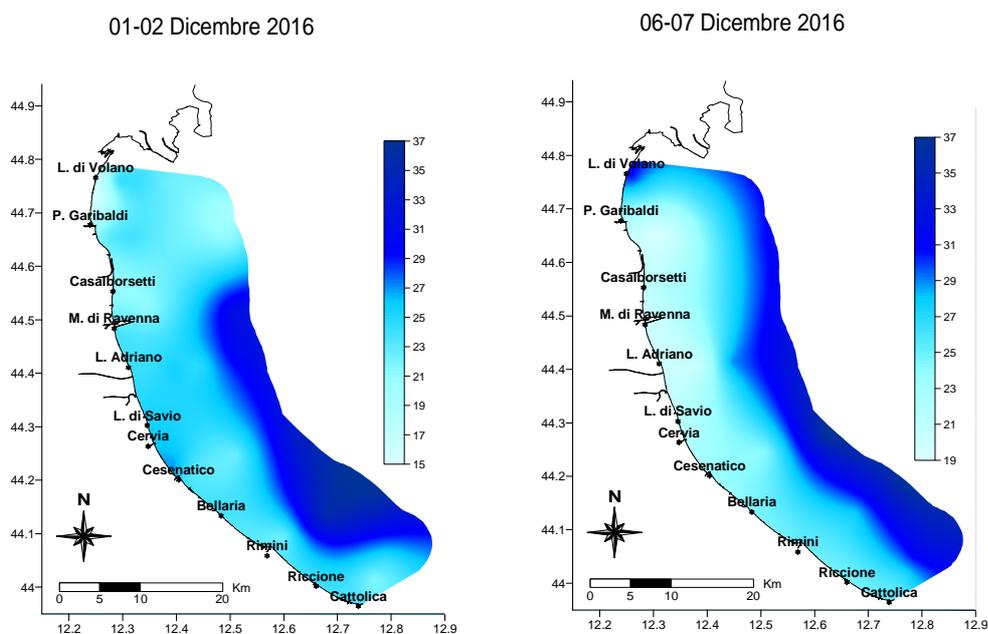


Figura 25 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) da costa fino a 20 km al largo durante due monitoraggi in dicembre

4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

Le informazioni acquisite a conclusione di ogni monitoraggio durante i controlli settimanali/quindicinali oltre ad alimentare la banca dati, vengono utilizzate anche per la realizzazione di un Bollettino MARE IN-FORMA (Figura 26) caricato in Internet e disponibile al seguente indirizzo: www.arpa.emr.it/daphne/ per la consultazione.

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

- breve commento dei dati rilevati e delle condizioni osservate in mare;
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto (in superficie e sul fondo), trasparenza e clorofilla "a";
- profili di ossigeno, salinità e trasparenza in tre stazioni a 6 km rappresentative di ciascuna zona (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica); elaborazione di mappe tematiche di distribuzione su tutta la costa di: temperatura, clorofilla "a", salinità, trasparenza e ossigeno disciolto sul fondo (Figura 27).

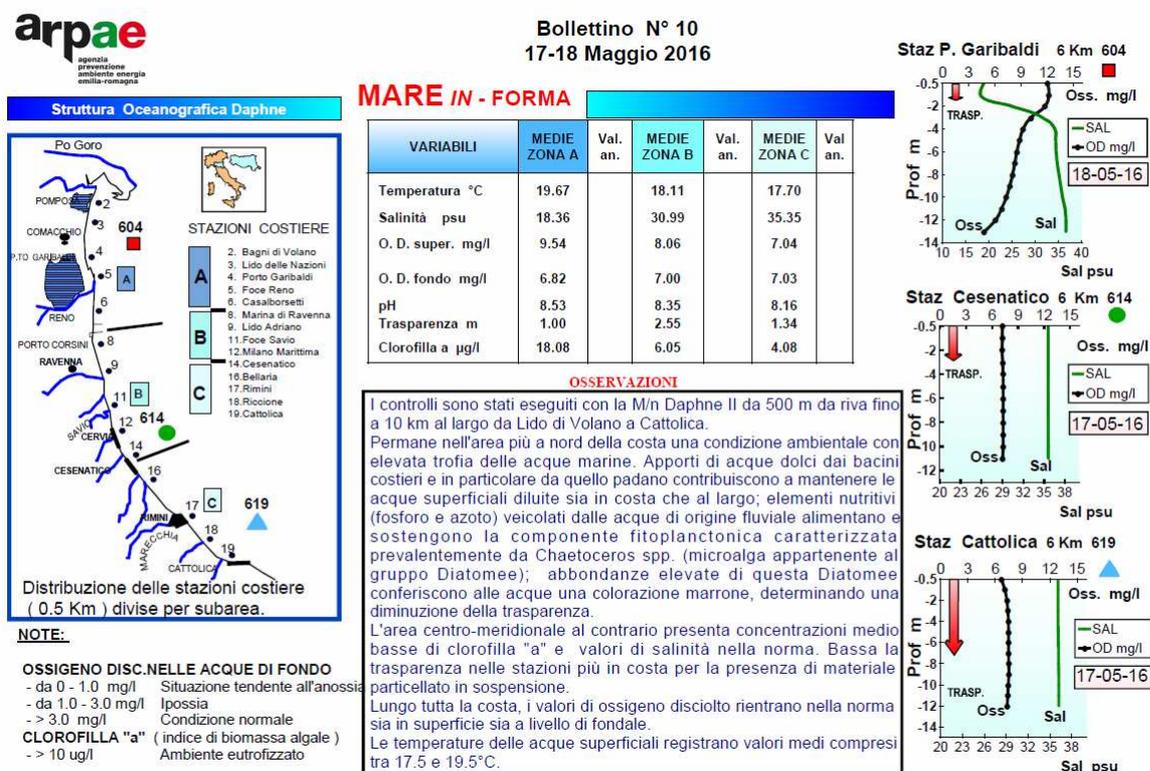


Figura 26 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

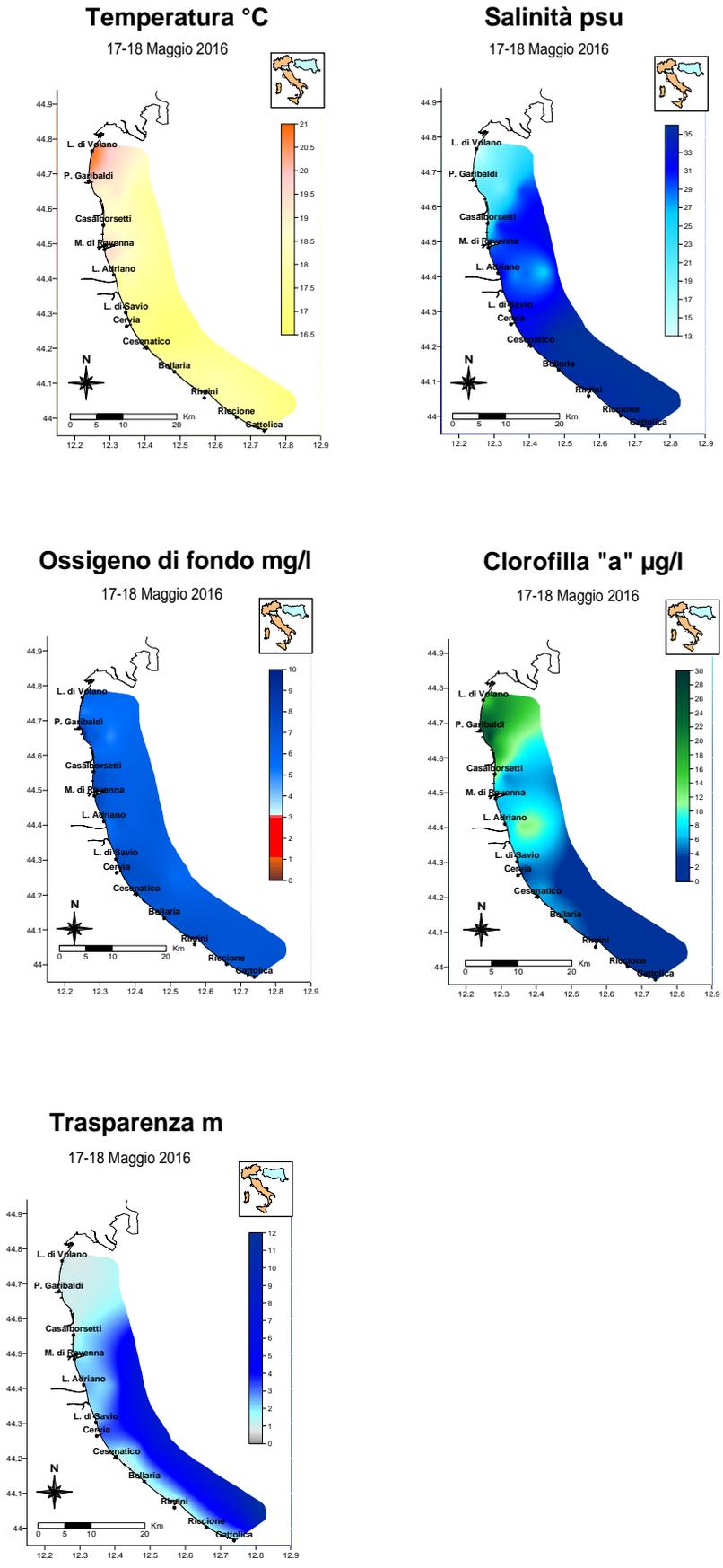


Figura 27 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

Monitoraggio e risultati

I paragrafi che seguono contengono analisi e valutazioni dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2016.

In particolare si analizzano i risultati relativi ai parametri idrologici e agli elementi nutritivi.

4.3.1 Parametri idrologici

4.3.1.a Temperatura

La temperatura mantiene un andamento sinusoidale delle acque superficiali anche per il 2016 con valori minimi a gennaio che aumentano gradualmente in primavera fino ad arrivare con picchi massimi in estate e quindi diminuire nuovamente a dicembre (Figura 28).

I valori più bassi in assoluto pari a 5.3°C sono stati rilevati durante il monitoraggio del 26 gennaio nelle stazioni più settentrionali in particolare a 10 km davanti a L. di Volano e Porto Garibaldi e a 3 km davanti a Casalboretto. Anche per quanto riguarda le temperature massime è nell'area più a nord della costa che si sono osservati i valori più alti; in particolare lungo il transetto di Lido di Volano nel monitoraggio del 11 luglio con la temperatura massima del 2016 pari a 29,7 (stazione 2, 0.5 km dalla costa).

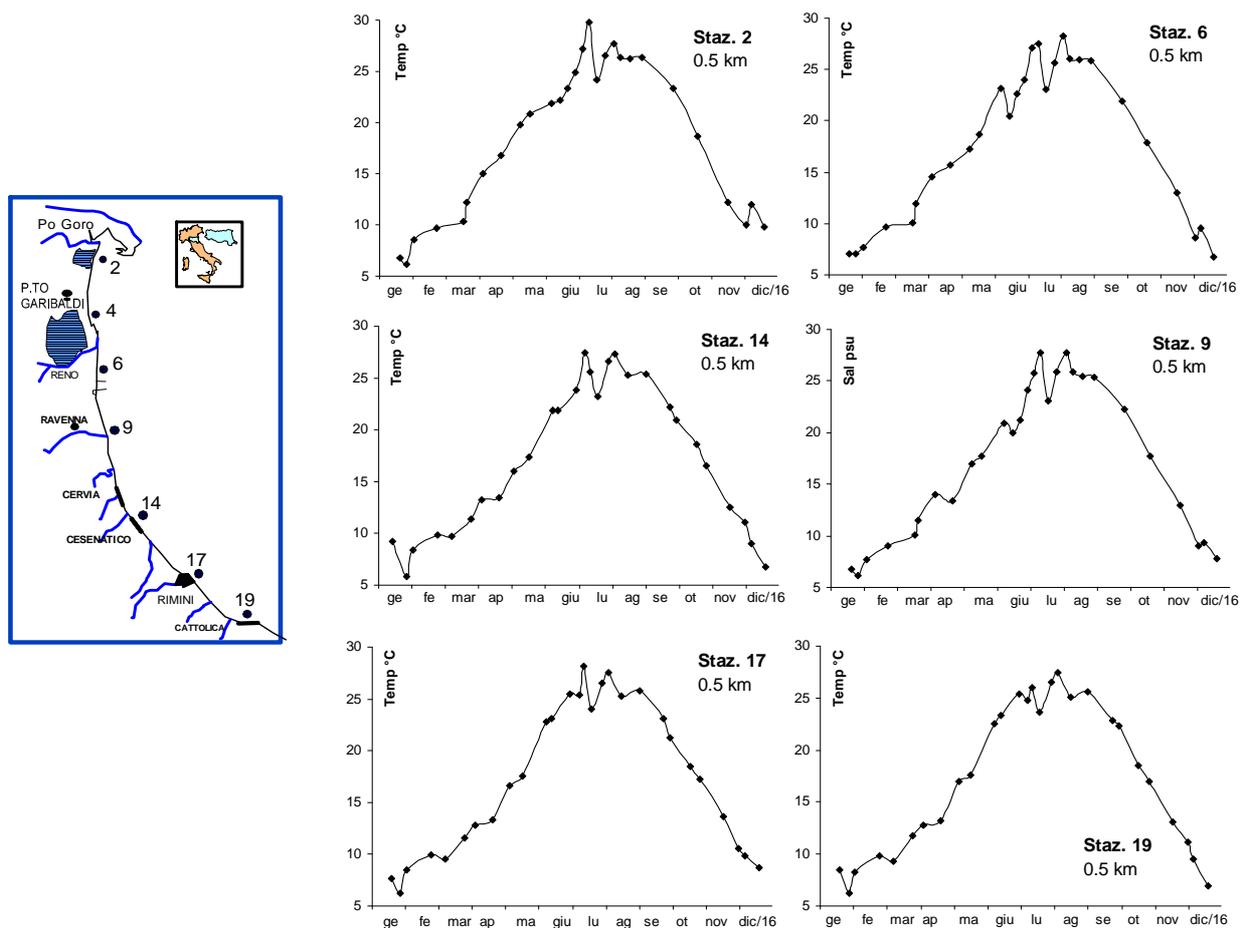


Figura 28 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

I dati registrati sul fondo descrivono un comportamento che rispecchia quello di superficie anche se in modo più lineare con attenuazione dei minimi e dei massimi (Figura 29). Nelle stazioni situate più al largo della costa (20 km) i minimi e i massimi sono stati rispettivamente pari a 7,7°C (Porto Garibaldi, stazione 2004) e 27,85°C (Cesenatico, stazione 2014). Variazioni su piccola scala temporale dei valori di superficie sono per lo più dovuti ad eventi quali apporti fluviali di acque dolci, alla presenza di abbondanti microalghe in sospensione che determinano un maggior assorbimento della radiazione solare, oppure situazioni idrodinamiche particolari (upwelling) o intenso moto ondoso.

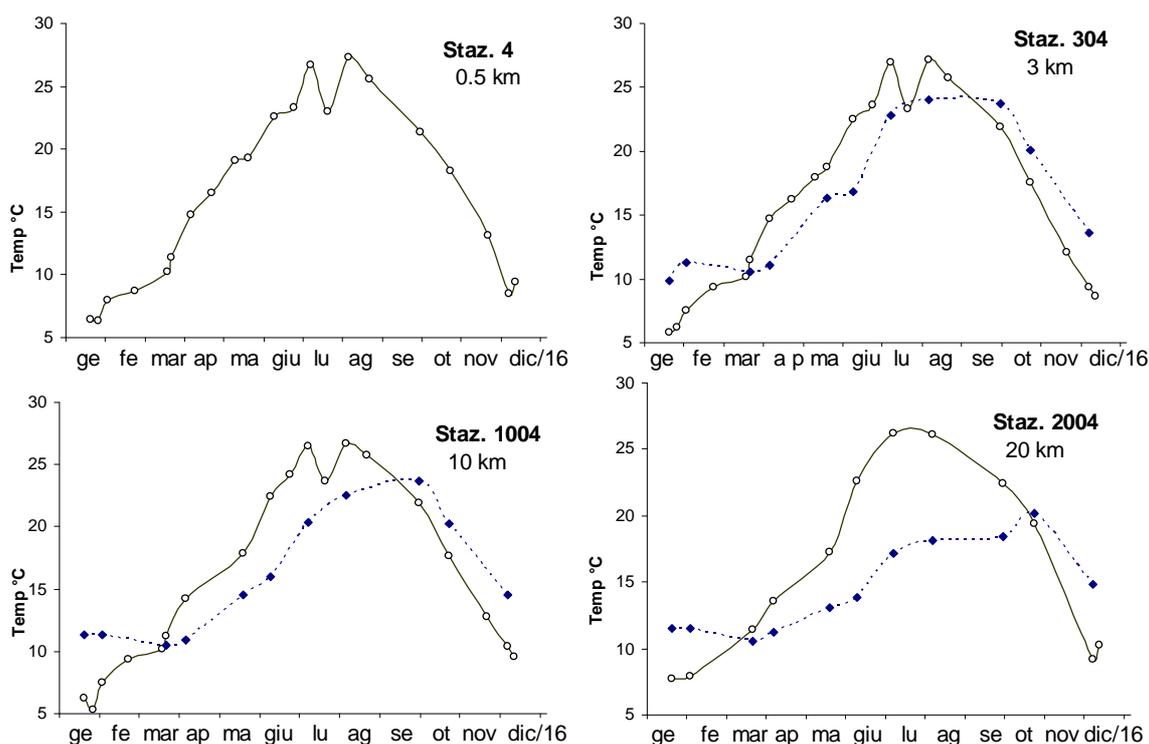


Figura 29 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Porto Garibaldi

L'elaborazione delle medie annuali di Figura 30 mostra valori molto simili fra le stazioni lungo i transetti da costa al largo; si sottolinea una differenza di circa 1°C tra la media della stazione posizionata a nord (18,5°C) rispetto a quella più a sud (17,4°C), differenza che si osserva analizzando anche l'andamento stagionale da aprile a settembre (primavera ed estate) di Figura 31 con valori nella stazione 2 (Lido di Volano) pari a 20,6°C e 26,4°C rispettivamente a primavera e in estate mentre nella stazione 19 (Cattolica) sono stati di 18,8°C e 24,9°C.

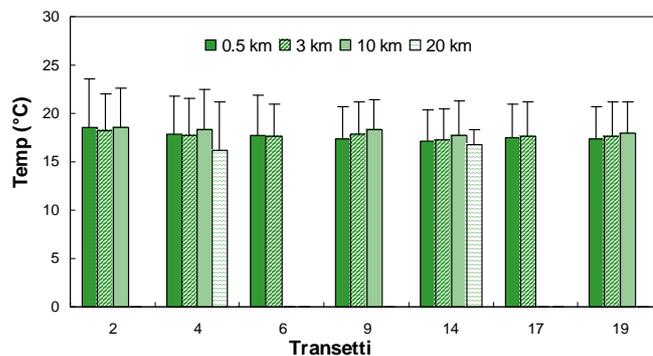


Figura 30 - Valori medi annuali e deviazioni standard della temperatura in superficie calcolate nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

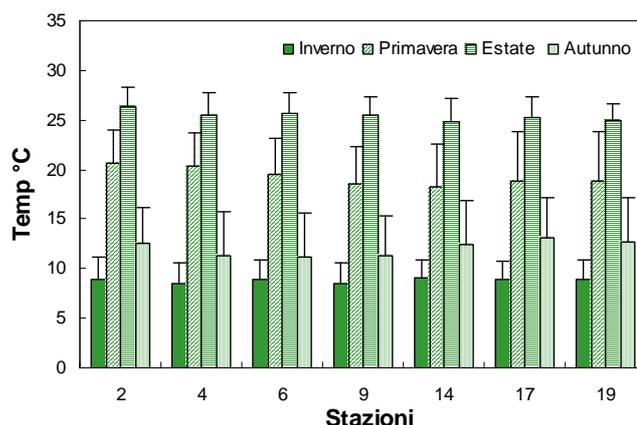


Figura 31 - Valori medi annuali stagionali e deviazioni standard della temperatura in superficie calcolate nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

In Figura 32 sono rappresentate le isolinee di temperatura rilevate in tre stazioni posizionate a 10 km dalla costa che evidenziano come anche nel 2016 lungo la colonna si siano instaurate stratificazioni termiche con escursioni di temperatura tra superficie e fondo di diversi gradi. Termoclini più marcati si sono misurati a luglio in concomitanza di temperature atmosferiche elevate e condizioni meteo marine stabili che hanno portato a temperature superficiali superiori di circa 10°C rispetto a quelle di fondo (Figura 33). In inverno le differenze tra superficie e fondo anche se più attenuate si sono registrate soprattutto durante i controlli di gennaio.

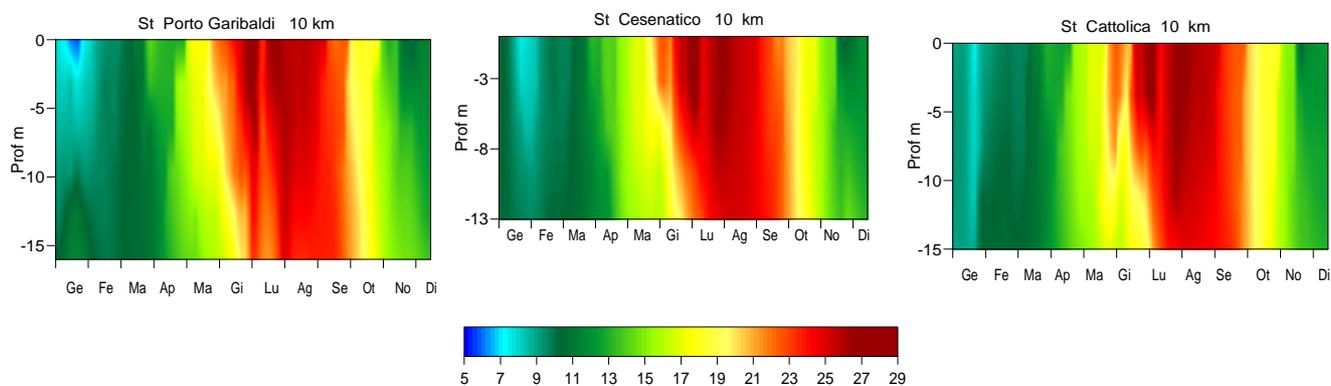


Figura 32 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

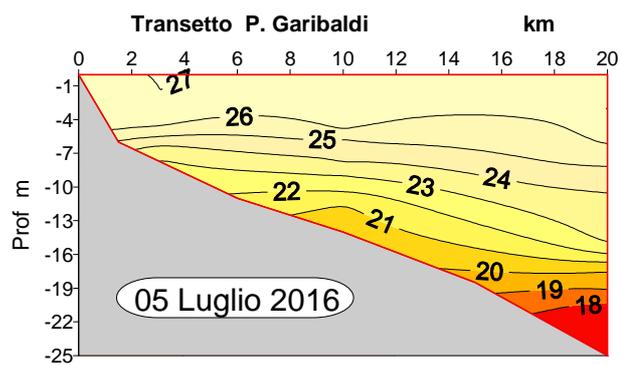


Figura 33 – Isolinee di temperatura (°C) lungo il transetto di Porto Garibaldi rilevate nel monitoraggio del 05 luglio

4.3.1.b Salinità

Il comportamento della salinità nelle acque superficiali è strettamente legato agli apporti di acque dolci dai bacini costieri in particolare da quello padano. L'andamento annuale anche nel 2016 rispecchia sia l'andamento di questi ultimi sia le instabilità meteo marine particolarmente intense verificatesi durante l'anno soprattutto nelle stazioni settentrionali ma anche in quelle meridionali. Infatti a giugno si sono misurati i valori bassi di salinità a Rimini (staz. 17) e Cattolica (staz. 19), in concomitanza a fenomeni temporaleschi intensi innescatesi nelle giornate del 9 e 10 giugno su tutta la regione. Questo evento ha provocato un notevole aumento delle portate dei fiumi costieri e quindi un apporto maggiore in mare con diluizione delle acque nei primi metri della colonna d'acqua. Nel monitoraggio del 13 giugno i valori rilevati davanti a Rimini sono stati pari a 23,8 psu (Figura 34).

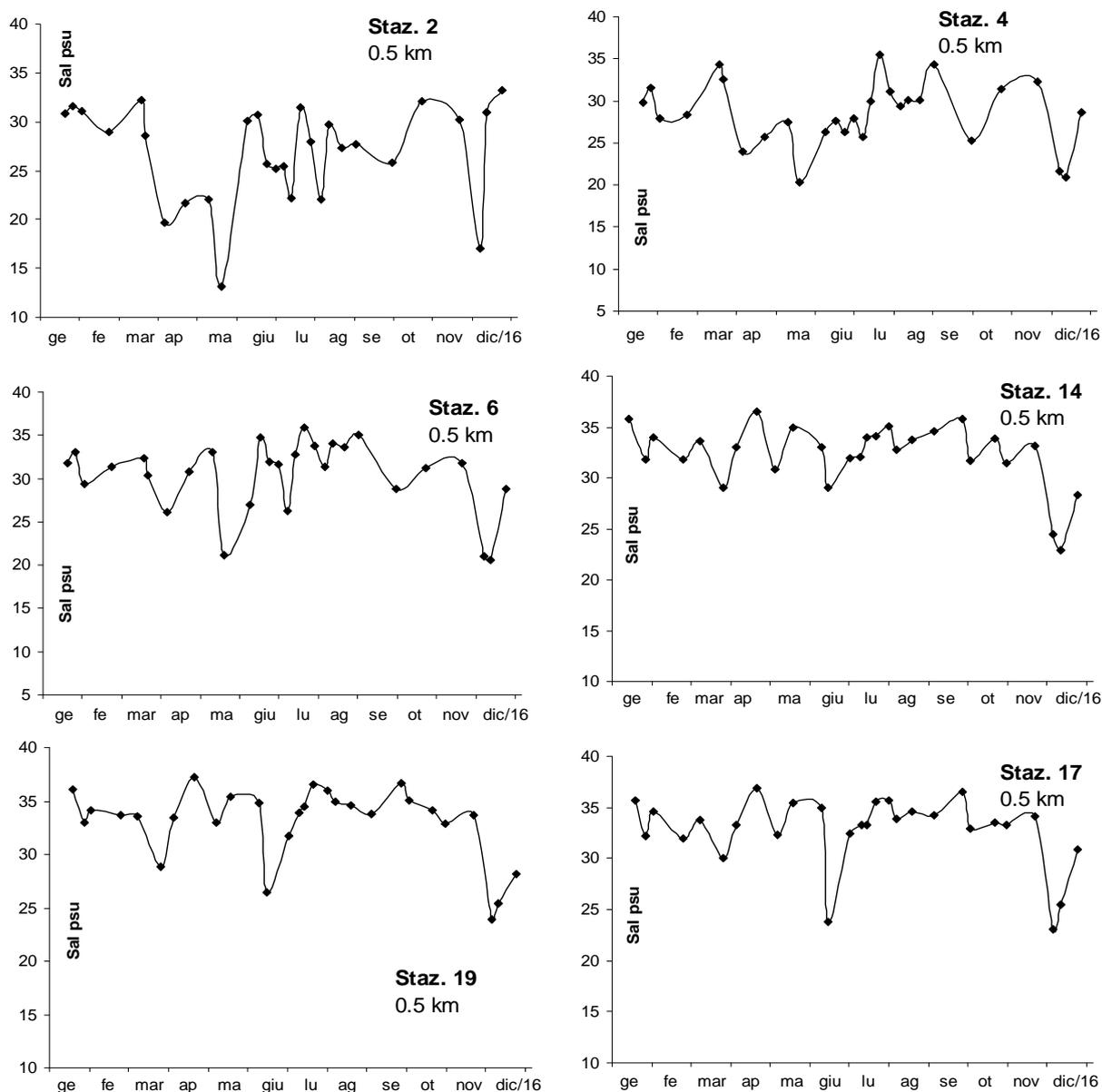


Figura 34 – Andamenti temporali della salinità in superficie nelle stazioni costiere

Il valore più basso in assoluto rilevato nel 2016 è stato di 13 psu nella stazione nord antistante Lido di Volano (18 maggio).

Mentre in superficie le fluttuazioni sono più elevate, sul fondo i valori di salinità rimangono più lineari ed omogenei per una maggior stabilità delle masse d'acqua confinate negli ultimi metri della colonna d'acqua (Figura 35).

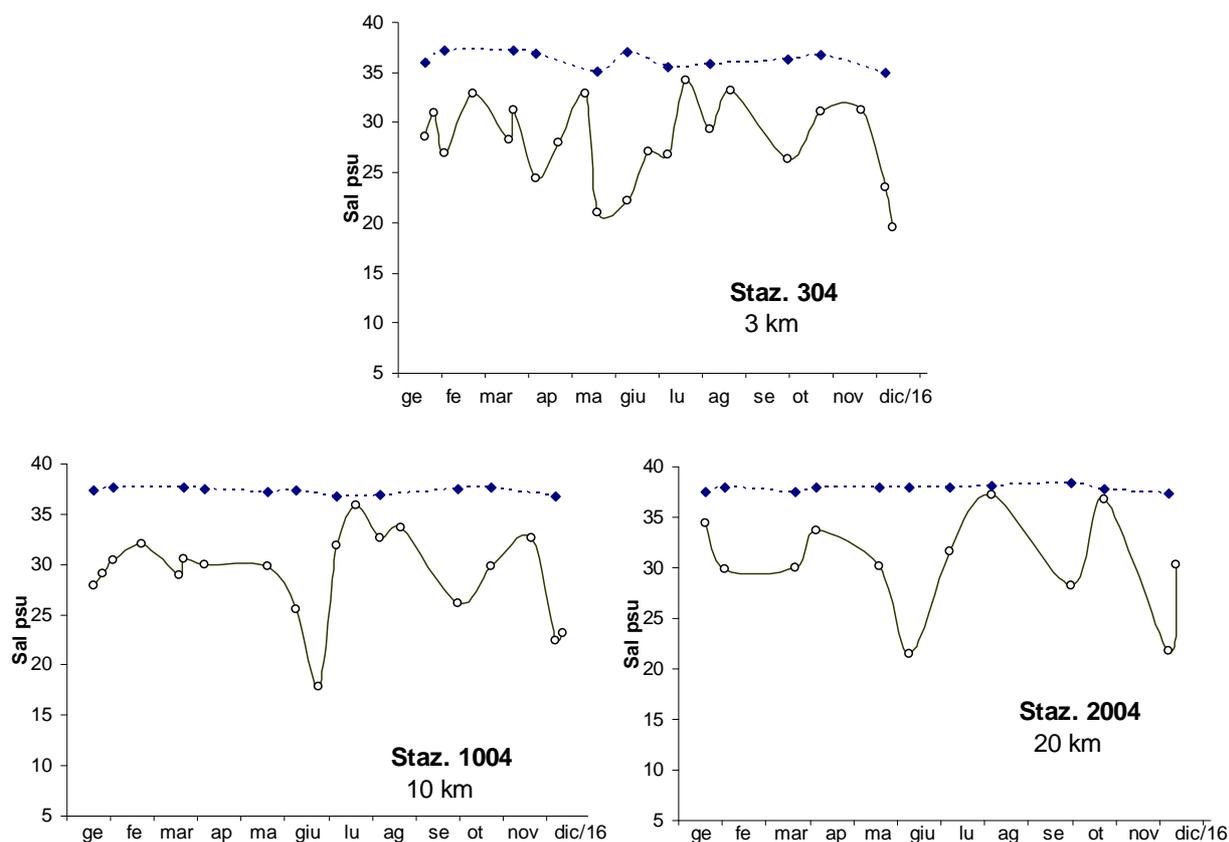


Figura 35 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo il transetto di Porto Garibaldi nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km

In Figura 36 vengono messe a confronto le portate annuali del 2016 con quelle del 2015 evidenziando un valore medio inferiore pari a 1165 mc/sec contro un 1309 mc/s dell'anno precedente e rilevando un andamento annuale diverso: si osservano infatti singoli picchi importanti il 2 marzo (3.253 mc/sec), il 15 maggio (2.834 mc/sec) il 20 giugno (2.718) e il picco più alto il 26 novembre pari 5.562 mc/sec. Il valore più basso misurato è stato di 483 mc/sec il 23 luglio.

La rappresentazione in Figura 37 delle portate medie del Po rilevate sempre a Pontelagoscuro (Fe), conferma la tendenza ad una diminuzione di portata similare a quella registrata nel 2015.

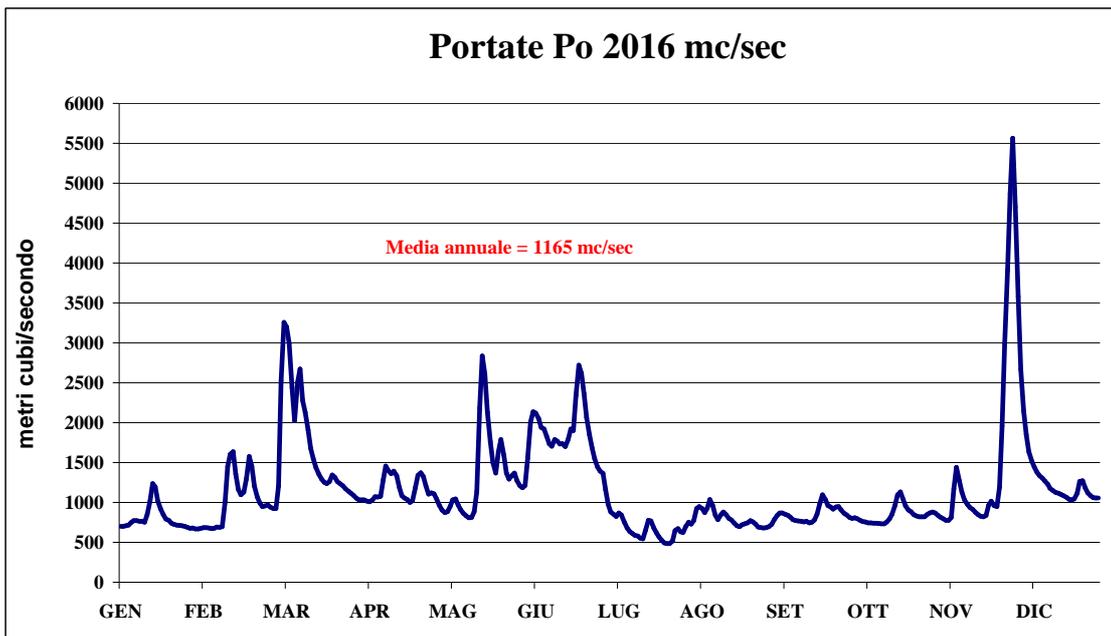
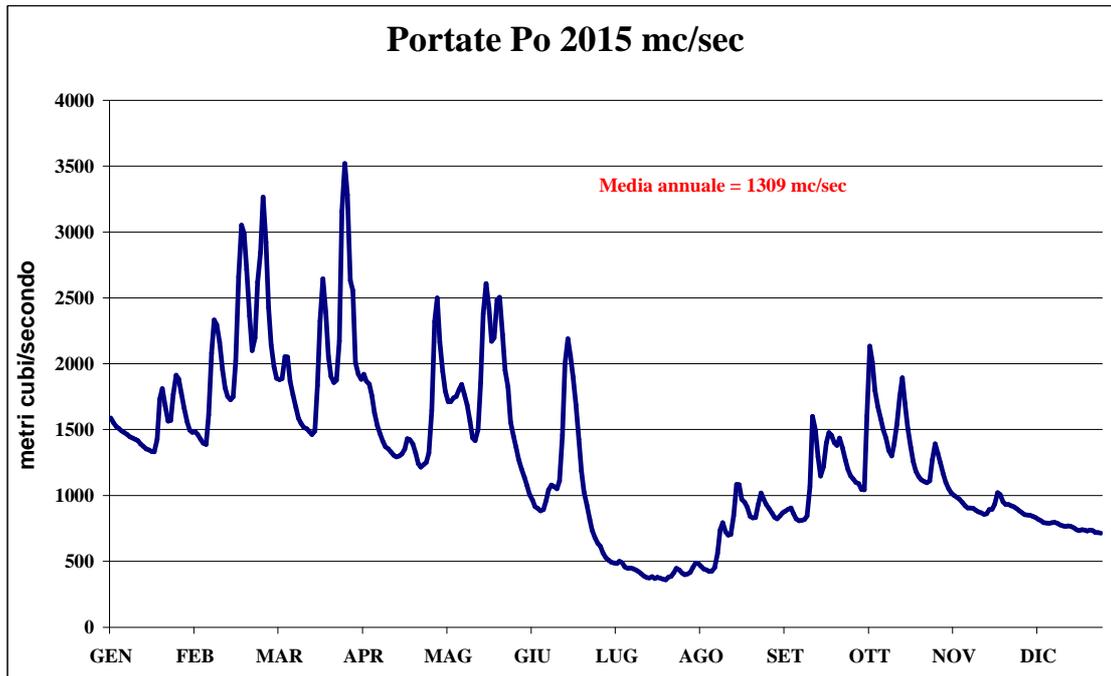


Figura 36 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (Fe) nel 2015 e 2016

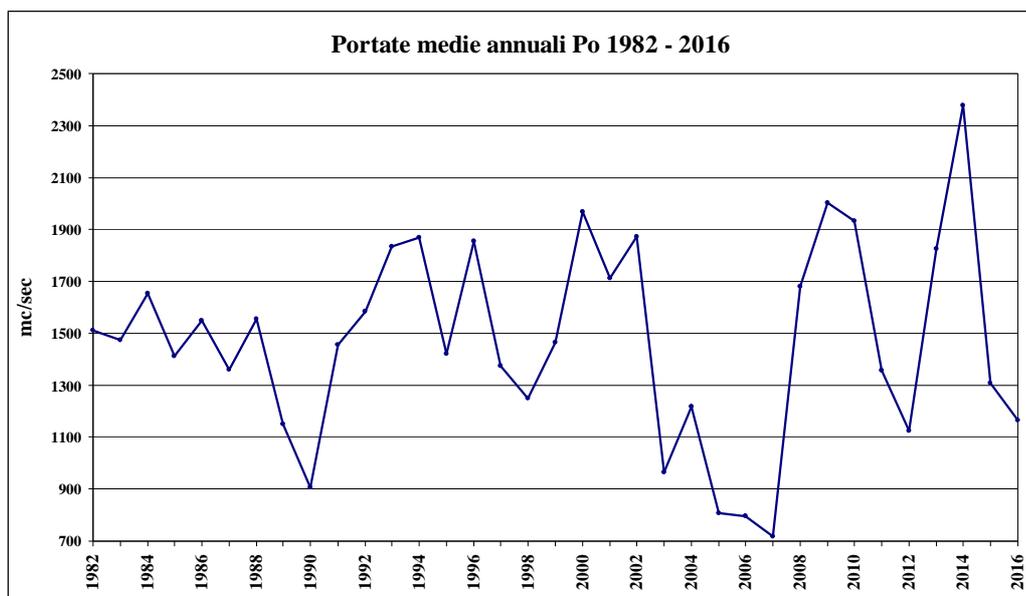


Figura 37 – Valori medi portate fiume Po dal 1982 al 2016

L'elaborazione delle medie annuali di Figura 38 nelle acque superficiali lungo la costa mostra un marcato trend da nord a sud con un minimo di 26,96 psu a Lido di Volano (stazione 2) e un massimo a Cattolica (stazione 19) di 33,05 psu; si osserva, anche se più attenuato, un aumento medio da costa a largo soprattutto nelle stazioni a 10 ed a 20 km. La rappresentazione dei dati mensili per stagione (Figura 39) conferma valori minimi in primavera in concomitanza ai maggiori apporti dal bacino padano che condizionano maggiormente la qualità ambientale dell'area più settentrionale; stessa situazione si verifica in autunno dove i valori medi si mantengono pressoché simili sia nelle stazioni settentrionali che in quelle meridionali. Le abbondanti portate dai bacini costieri e da quello padano verificatesi a novembre hanno contribuito a creare una condizione ambientale generale lungo tutta la costa con forti diluizioni delle acque marine nei primi metri della colonna d'acqua con la formazione di netti aloclini. Le isolinee di Figura 41 rappresentano l'andamento della salinità lungo la colonna d'acqua durante l'anno nelle stazioni a 10 km evidenziando i momenti in cui si sono instaurate stratificazioni ialine importanti. La Figura 42 fotografa la situazione osservata lungo i due transetti, quello più a nord e quello più a sud della costa, durante il primo monitoraggio di dicembre con la presenza di aloclini più o meno marcati.

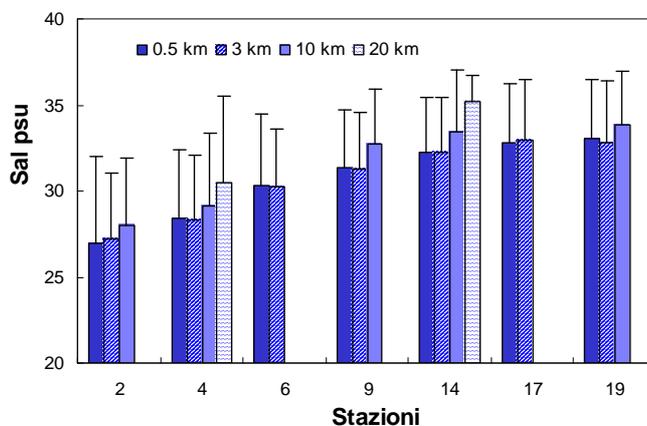


Figura 38- Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolate nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

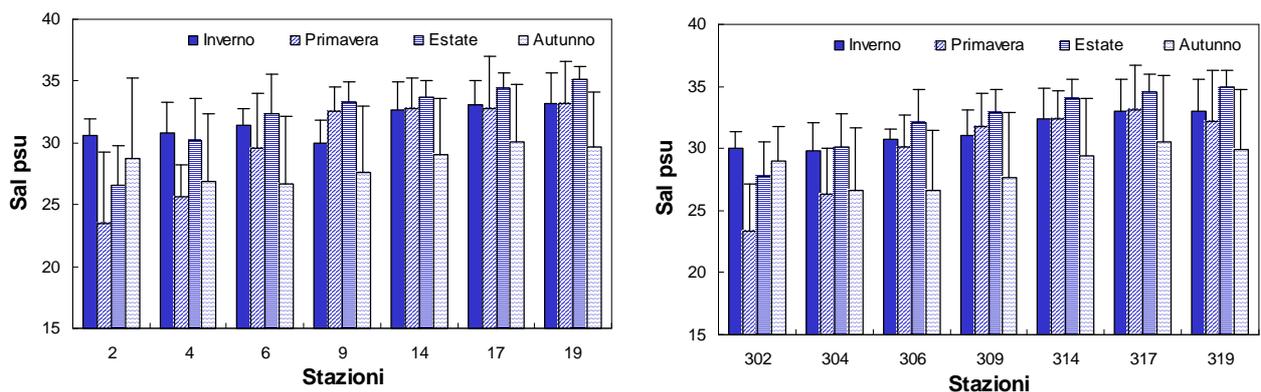


Figura 39 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 dalla costa

Il confronto delle medie mensili con quelle calcolate considerando il periodo storico 1917-2015 (Figura 40) evidenzia una diminuzione generale durante tutto l’anno ad eccezione del mese di marzo dove si misura un leggero aumento di portata rispetto al dato storico ed a giugno dove i valori sono pressoché equivalenti.

Portate Po
Confronto tra medie mensili 2016 e periodo storico (1917-2015)

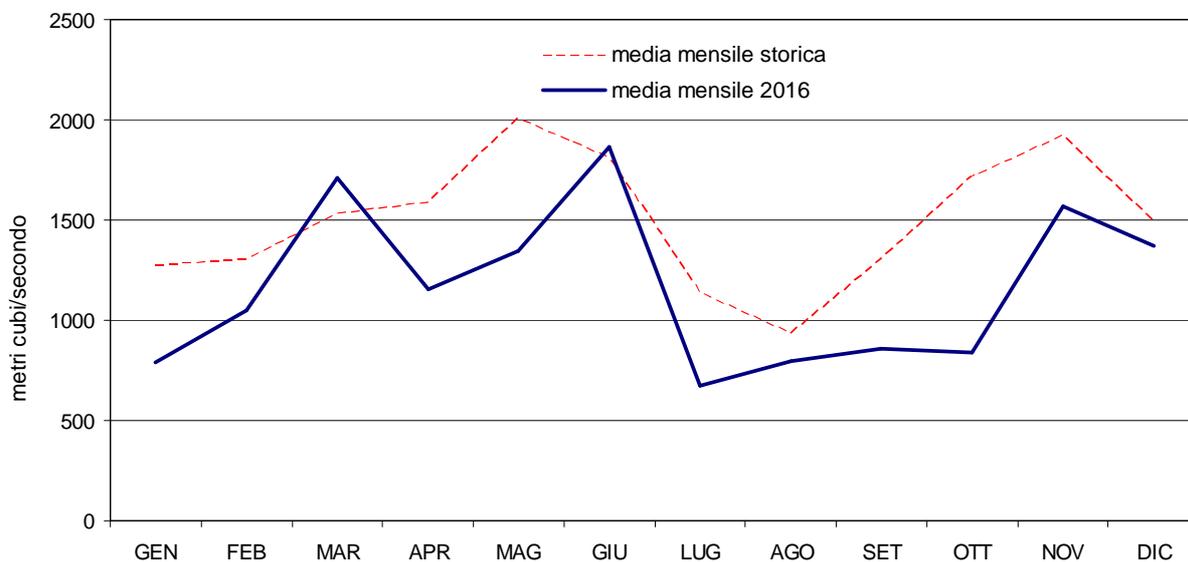


Figura 40 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po nel 2016 con le medie calcolate nel periodo storico 1917-2015

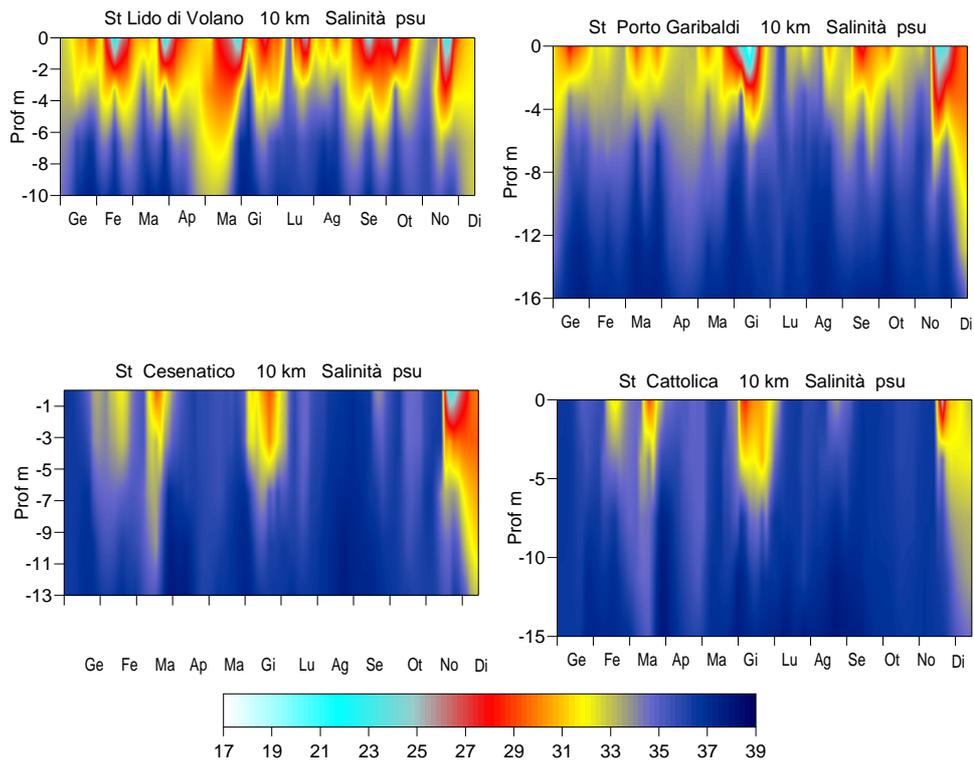


Figura 41 – Isolinee di salinità rilevate nelle stazioni a 10 km dalla costa antistante Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

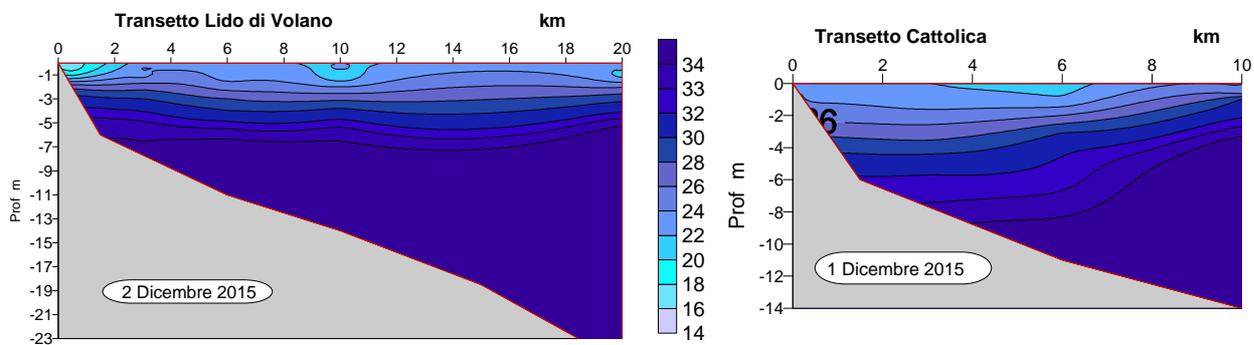


Figura 42 – Isolinee di salinità lungo i transetti di Lido di Volano e Cattolica durante il monitoraggio del 01 e 02 dicembre

Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto è considerato un importante indicatore della qualità ambientale di un ecosistema marino essendo un indicatore del suo stato trofico; questo parametro è infatti fortemente correlato alla presenza di fitoplancto. Le acque antistanti l'Emilia Romagna sono considerate estremamente produttive in quanto legate a condizioni di eutrofizzazione estese sia nello spazio sia nel tempo che contribuiscono ad influenzare la qualità di tutto l'ambiente marino. In particolare il fondale risulta sottoposto, in certi periodi dell'anno, a situazioni di forti criticità per l'instaurarsi di stati ipossici/anossici. Condizioni eutrofiche stabili nel tempo in concomitanza a condizioni meteo marine favorevoli come stasi idrodinamica, temperature elevate, possono causare l'insorgenza di criticità proprio a partire dal fondo con importanti diminuzione di ossigeno che posso portare a stati di sofferenza all'interno delle comunità bentoniche strettamente legate al fondale.

L'elaborazione delle medie annuali di Figura 43 sottolinea valori più elevati in superficie rispetto al fondo, in particolare nelle stazioni più a nord lungo la costa rispetto a quelle meridionali; questo andamento risulta più marcato nelle stazioni posizionate a 3 km dalla costa.

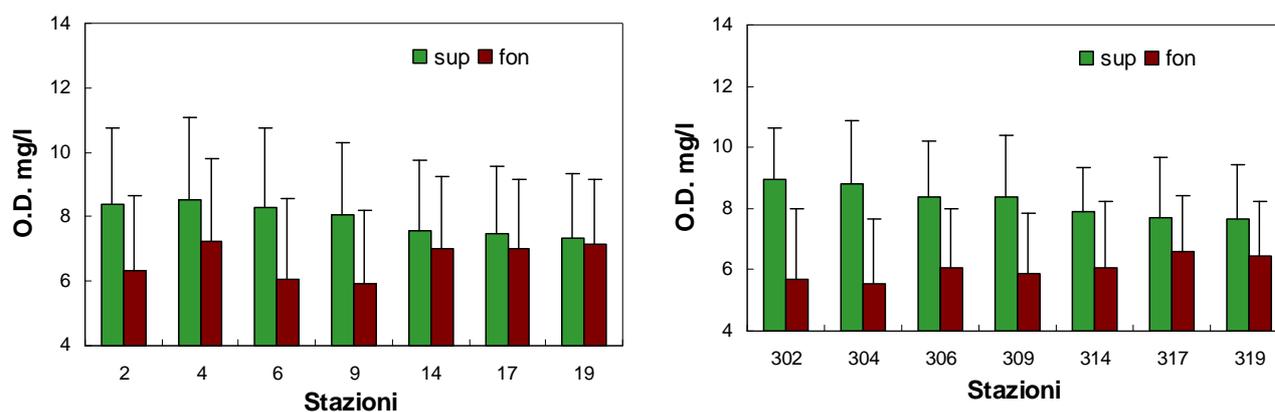


Figura 43 – Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'andamento temporale lungo i due transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico rappresentati in Figura 44 conferma come la variabilità del parametro in superficie sia maggiore rispetto al fondo: nei primi strati della colonna d'acqua i valori sono spesso al di sopra del livello di saturazione, condizione questa che si determina come conseguenza dell'intensa attività fotosintetica della componente fitoplanctonica presente in mare in alcuni periodi. L'incremento della biomassa fitoplanctonica determina da una parte un incremento della concentrazione di ossigeno disciolto nelle acque marine e dall'altra un consumo di ossigeno negli strati a ridosso dei fondali per l'aumento dell'attività di degradazione della sostanza organica da parte degli organismi eterotrofi presenti nel sedimento marino. La graduale diminuzione di ossigeno a partire dal fondo può nel tempo coinvolgere gradualmente anche gli strati immediatamente superiori: questa condizione si può instaurare sia in costa che al largo.

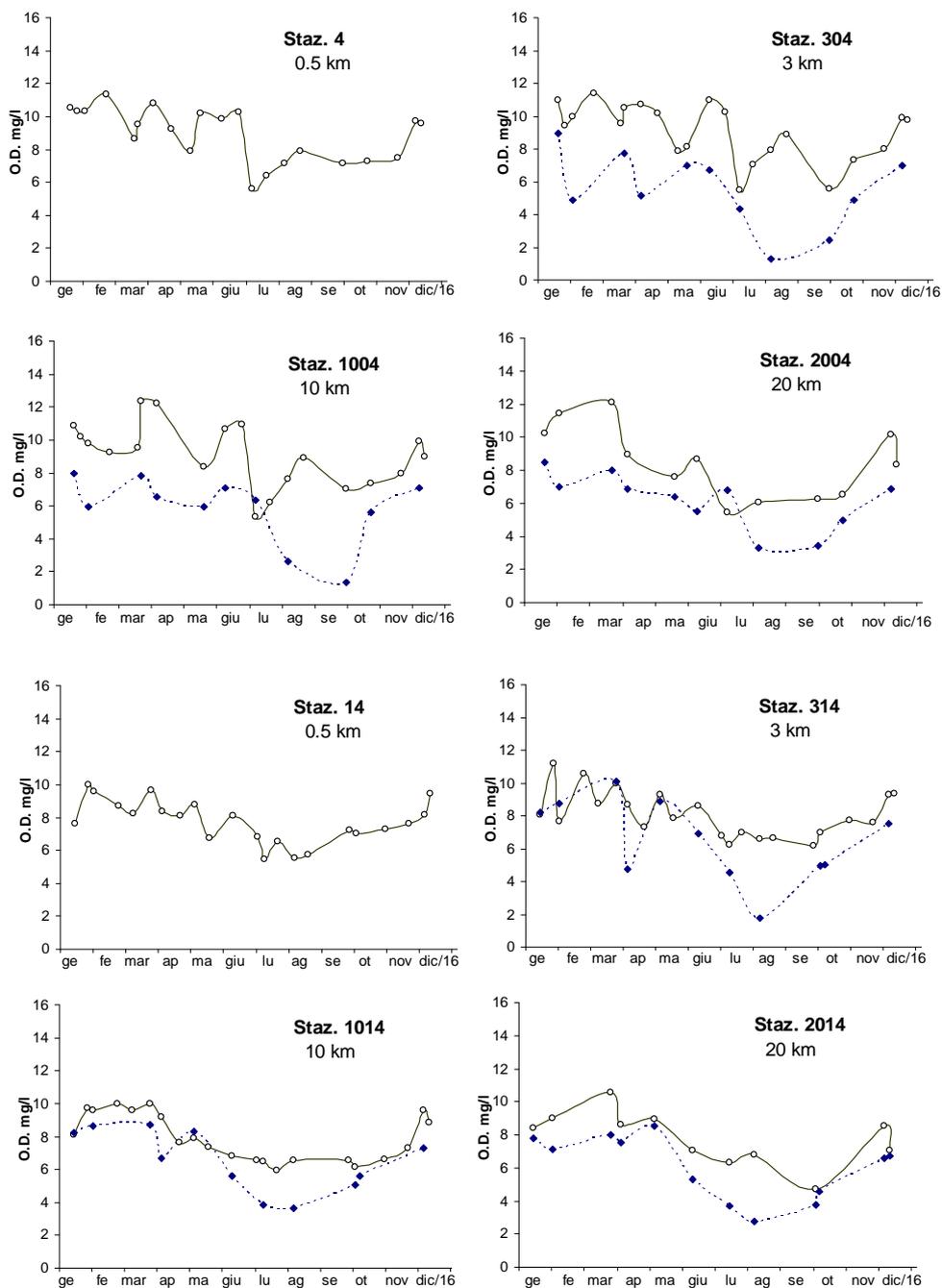


Figura 44 – Andamenti temporali dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico

Situazioni critiche con diminuzioni importanti dell’ossigeno che si instaurano a livello di fondale, spesso si risolvono grazie all’istaurarsi di intensi movimenti idrodinamici conseguenti a mareggiate e/o forti venti. I controlli eseguiti lungo la costa il 26 e 27 settembre avevano rilevato una condizione ambientale sul fondo caratterizzata da un estesa area con valori di ossigeno in diminuzione tendenti all’ipossia. Questa area comprendeva una ampia zona tra Marina di Ravenna e Lido di Volano, da costa al largo, ed alcune zone più circoscritte nell’area meridionale. Questa situazione di criticità rilevata a livello di fondale su tutto l’ecosistema costiero si è però risolta velocemente grazie forti mareggiate verificatesi nelle prime settimane di ottobre (Figura 45).

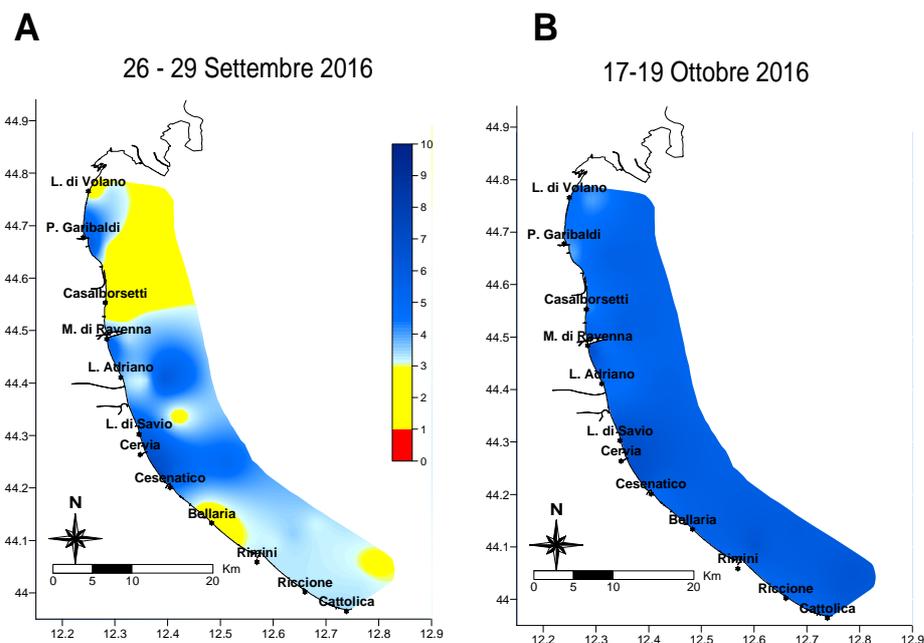


Figura 45 – Mappe di superficie dell’ossigeno disciolto sul fondo durante i controlli del 26-29 settembre (A) e 17-18 ottobre (B)

Anche nel 2016, come nel 2015, si sono rilevate poche situazioni di criticità prolungata sul fondo. Il periodo più delicato si è presentato a fine estate dove, dopo i controlli effettuati nelle settimane di agosto che avevano evidenziato diminuzioni di ossigeno in diverse zone lungo la costa, si è misurata in tutta l’area centro settentrionale un incremento importante dell’ipossia da costa al largo, con situazioni anche di anossia circoscritta in alcune stazioni più a nord.

29 Agosto - 1 Settembre 2016

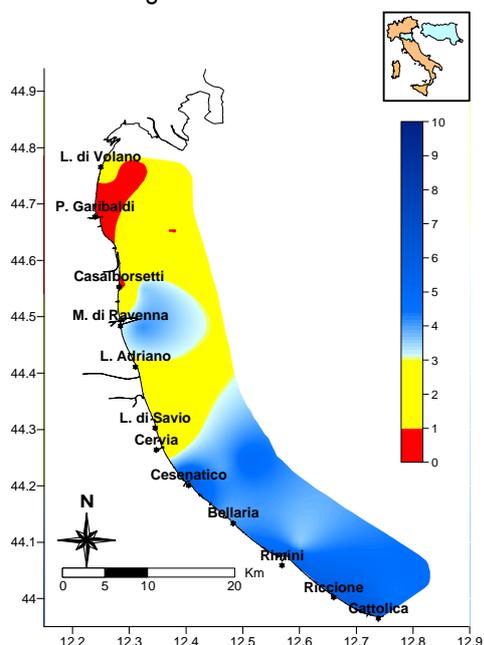


Figura 46 - Mappe di superficie dell’ossigeno disciolto sul fondo durante i controlli del 26 settembre e 1 ottobre

Il valore più basso misurato è stato di 0,43 µg/l nella stazione 4, a 0,5 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, proprio durante controlli del 29 agosto; anche i valori di superficie

erano particolarmente bassi (2,62 µg/l) e questo a conferma di una generale situazione di criticità lungo tutta la colonna d'acqua soprattutto nelle stazioni più costiere.

4.3.1.c Clorofilla “a”

La concentrazione di clorofilla “a” fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque; viene utilizzata per stimare indirettamente la biomassa fitoplanctonica. Essa rappresenta un efficace indicatore della produttività del sistema e determina il livello di eutrofizzazione delle acque. È una componente fondamentale degli indici trofici (valutazione della produzione primaria) come ad esempio il TRIX, dell'indice di torbidità TRBIX, applicati nella valutazione delle caratteristiche trofiche del corpo idrico e dello stato ambientale dell'ecosistema.

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione della Clorofilla “a” sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, P. Garibaldi, Casalborgosetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva (vedi Tabella 5).

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

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

L'analisi delle serie temporali del fitoplancton, della biomassa microalgale, degli elementi chimici e più in generale dei fattori trofici lungo la costa dell'Emilia-Romagna, risultante dai dati acquisiti in trenta anni di monitoraggi a frequenza settimanale, mostrano in linea di massima, una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal DM 260/10.

Nella Figura 47, si riportano gli andamenti della clorofilla nel 2016 nelle varie stazioni di campionamento. Osservando i grafici si nota che:

- le stazioni ubicate più a nord sono caratterizzate in genere da una variabilità maggiore rispetto a quelle più meridionali e tale variabilità ha una elevata corrispondenza con le portate fluviali in particolare del Po;
- i valori più bassi di clorofilla “a” si rilevano nei mesi estivi;
- nel mese di ottobre e novembre, a causa delle condizioni meteo marine avverse, alcuni valori di clorofilla “a” sono mancanti.

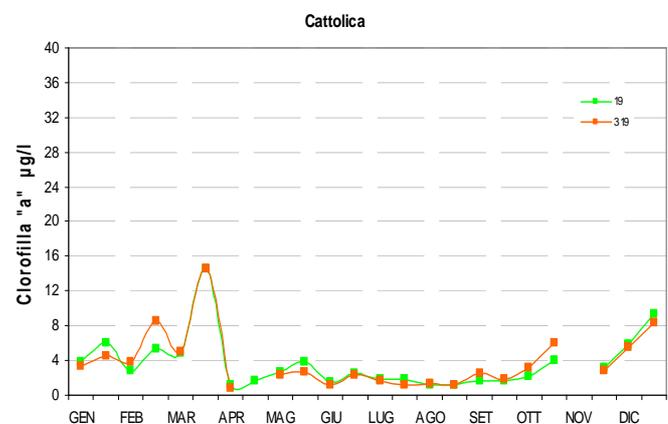
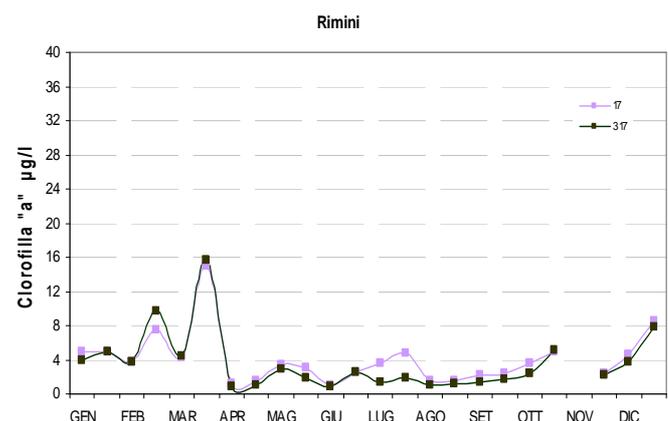
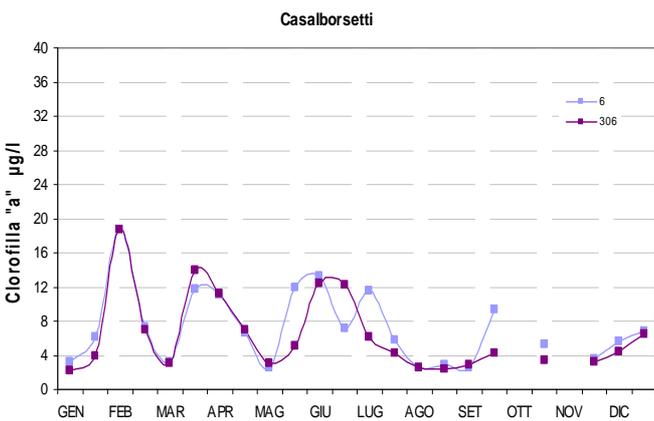
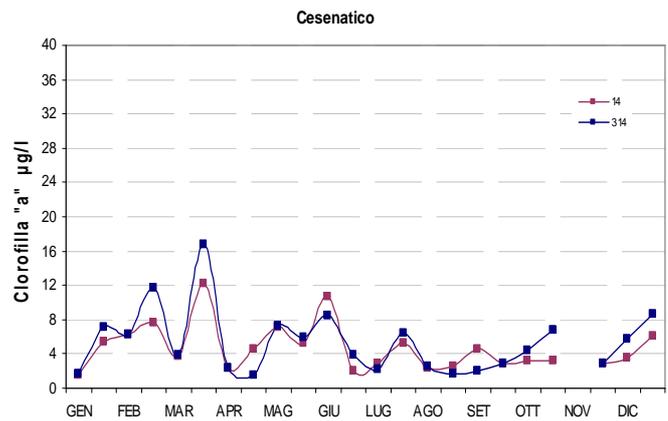
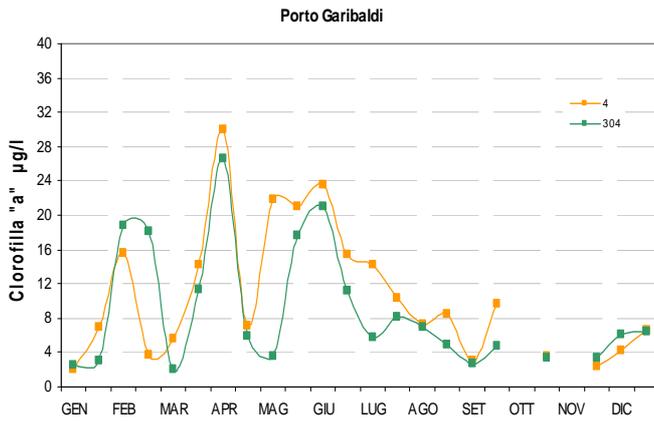
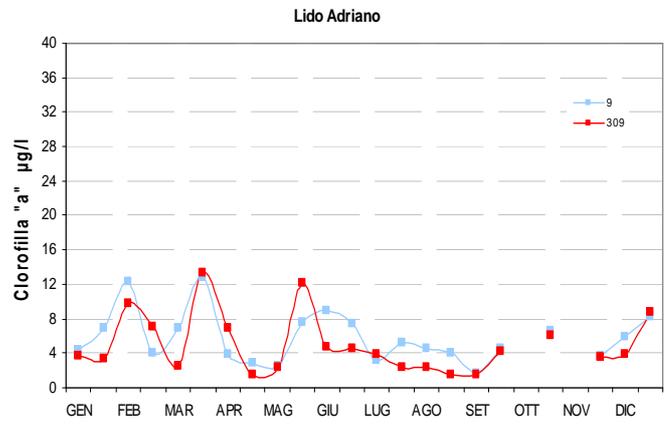
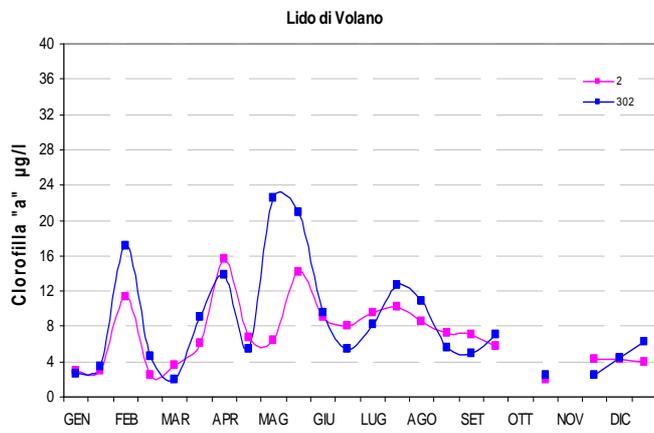


Figura 47 – Andamenti temporali della Clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (colonna sinistra; stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (colonna destra; stazioni 9, 309, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2016

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

Occorre fare riferimento non solo ai rapporti di qualità ecologica (RQE), ma anche ai valori assoluti (espressi in mg/m³ o µg/l) di concentrazione di clorofilla “a”.

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

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

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

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

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

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

Classificazione per il triennio 2014-2016 – Clorofilla “a”

La Tabella 4 riporta le medie geometriche/anno, relative al triennio 2014-2016, per ciascuna stazione e lo stato di qualità dei corpi idrici. La situazione rilevata evidenzia come l’EQB Fitoplancton sia un elemento significativo per evidenziare la condizione eutrofica di tale area e presenti ampie fluttuazioni condizionate prevalentemente dalle condizioni meteorologiche che si verificano. Dalla Tabella 4, emerge un trend decrescente nord-sud dei valori di clorofilla “a” che attribuiscono al corpo idrico CD1 (Goro-Ravenna) valori di medie geometriche/anno più alti rispetto al CD2 (Ravenna-Cattolica).

In Figura 48 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla “a”.

Per il periodo considerato lo stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB fitoplancton (Tabella 4) è Sufficiente per entrambi i corpi idrici.

Tabella 4 – Medie geometriche annuali per stazione della Clorofilla “a” (µg/l) e Stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB fitoplancton

Corpo idrico	Stazione	2014		2015		2016		Triennio 2014-2016	
CDI Goro-Ravenna	2	5.73	6.12 Sufficiente	6.87	6.48 Sufficiente	5.99	6.47 Sufficiente	6.20	6.36 Sufficiente
	302	6.38		6.87		6.54		6.60	
	4	7.96		8.35		8.29		8.20	
	304	5.81		5.32		6.68		5.94	
	6	5.59		5.55		6.12		5.75	
	306	5.22		5.94		5.20		5.45	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	5.55	3.90 Sufficiente	5.44	3.74 Sufficiente	5.20	3.69 Sufficiente	5.40	3.77 Sufficiente
	309	5.27		4.25		4.10		4.54	
	14	3.81		4.65		4.10		4.19	
	314	4.69		4.47		4.33		4.50	
	17	3.21		3.21		3.32		3.25	
	317	3.19		3.05		2.59		2.94	
	19	2.55		2.43		2.88		2.62	
	319	2.94		2.40		2.96		2.77	

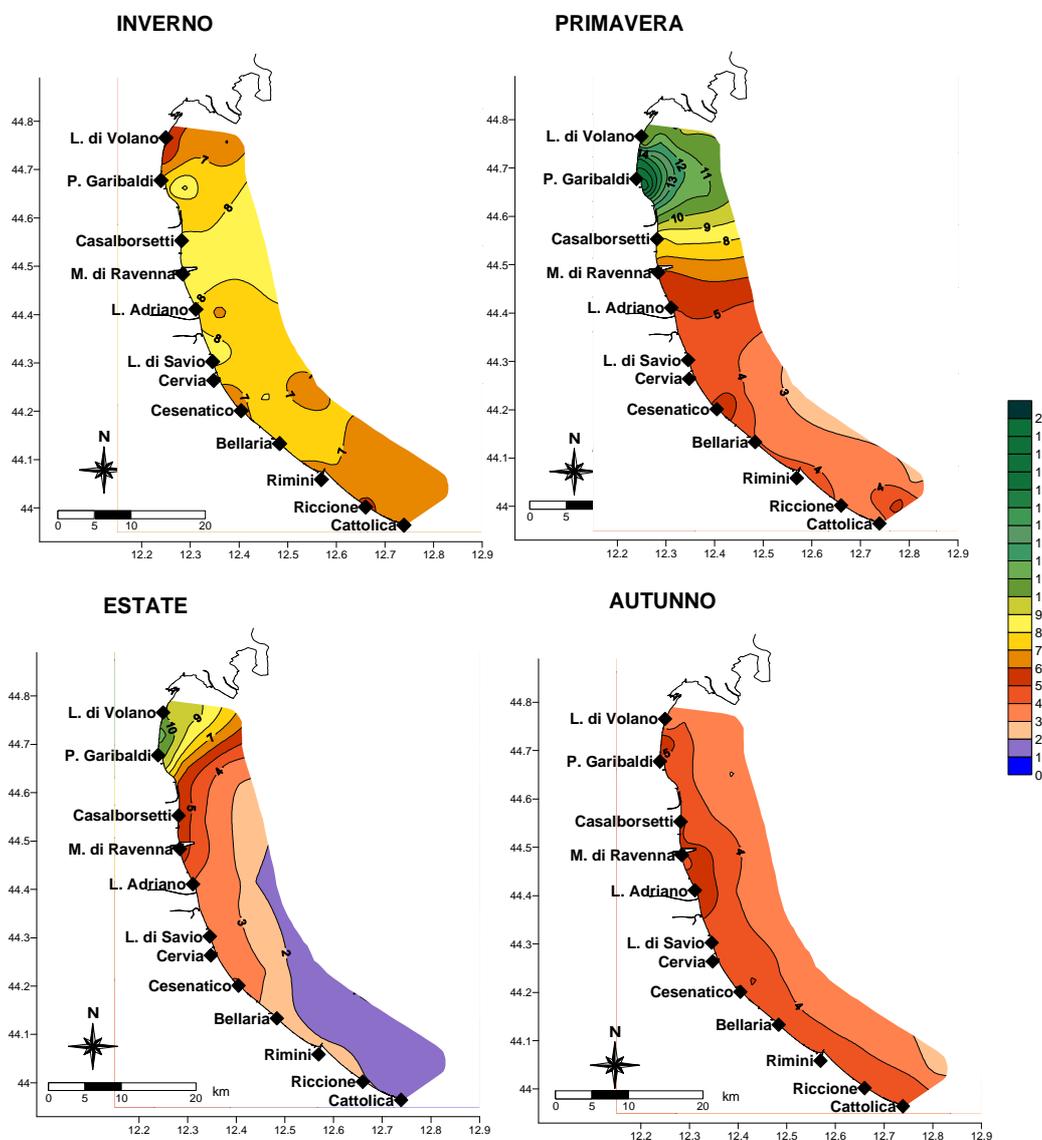


Figura 48 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

4.3.2 Elementi nutritivi

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

L'azoto nitrico è una componente solubile dell'azoto e il suo andamento è strettamente correlato con le portate dei fiumi immesse dai bacini costieri, in particolare da quello padano e influenzato anche dalle precipitazioni atmosferiche.

L'elaborazione delle medie annuali per il 2016 (Figura 49) conferma un trend netto nord e sud evidenziando come l'area più settentrionale della costa sia sempre direttamente influenzata dalle piene del Po che immettono in ambiente marino oltre ad acque dolci anche elementi eutrofizzanti. Mentre per la maggior parte delle stazioni posizionate lungo i transetti perpendicolari alla costa si rileva un trend in diminuzione costa largo, per il transetto antistante Lido di Volano collocato più a nord, questa diminuzione non si rileva. Inoltre la stazione a 10 km risulta in media quella con le più alte concentrazioni di azoto nitrico pari a 670,26 $\mu\text{g/l}$ e in aumento rispetto al 2015 (375,66 $\mu\text{g/l}$).

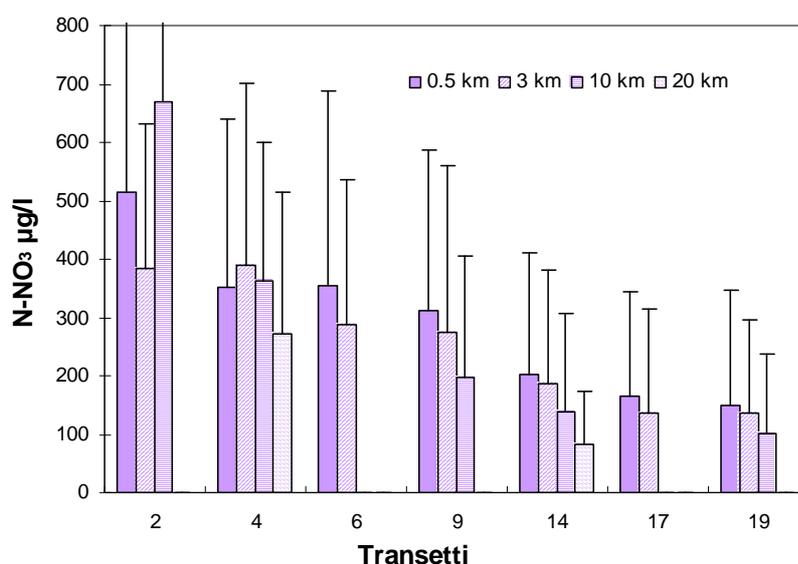


Figura 49 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico nelle acque superficiali calcolate nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Anche la distribuzione delle medie stagionali evidenzia il trend nord sud più netto in inverno e primavera, meno in estate, mentre in autunno questa differenza non si osserva. I dati elaborati degli ultimi tre mesi dell'anno mostrano valori molto simili fra loro; inoltre nelle stazioni centro meridionali a partire da Cesenatico, proprio durante la stagione autunnale, si sono misurate le più alte quantità di azoto nitrico in superficie. Per tutte le stazioni monitorate, l'estate si mantiene il periodo dell'anno con i valori più bassi di $N-NO_3$ (Figura 50).

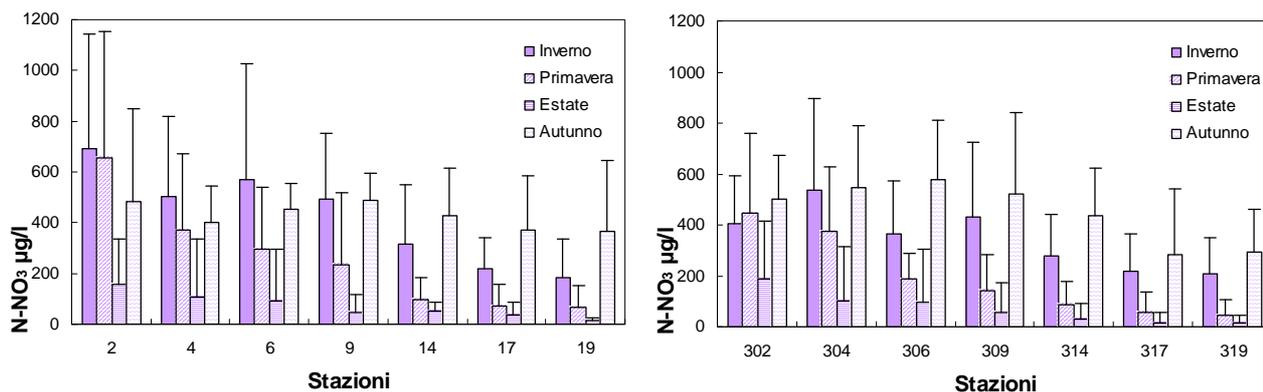


Figura 50 – Valori medi stagionali e deviazione standard dell’azoto nitrico nelle acque superficiali a 0,5 e 3 km dalla costa

La Figura 51 mostra l’andamento temporale dell’azoto nitrico lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico da 0.5 a 20 km dalla costa, sia nelle acque di superficie che sul fondo. Si osserva una elevata variabilità del parametro nelle acque superficiali mentre sul fondo l’andamento rimane più lineare e più contenuto. Il transetto di Porto Garibaldi a confronto con quello di Cesenatico mostra in superficie concentrazioni maggiori non solo nelle stazioni più in costa ma anche a 10 e 20 km al largo confermando una maggior influenza delle acque immesse dal bacino padano sulle acque marine.

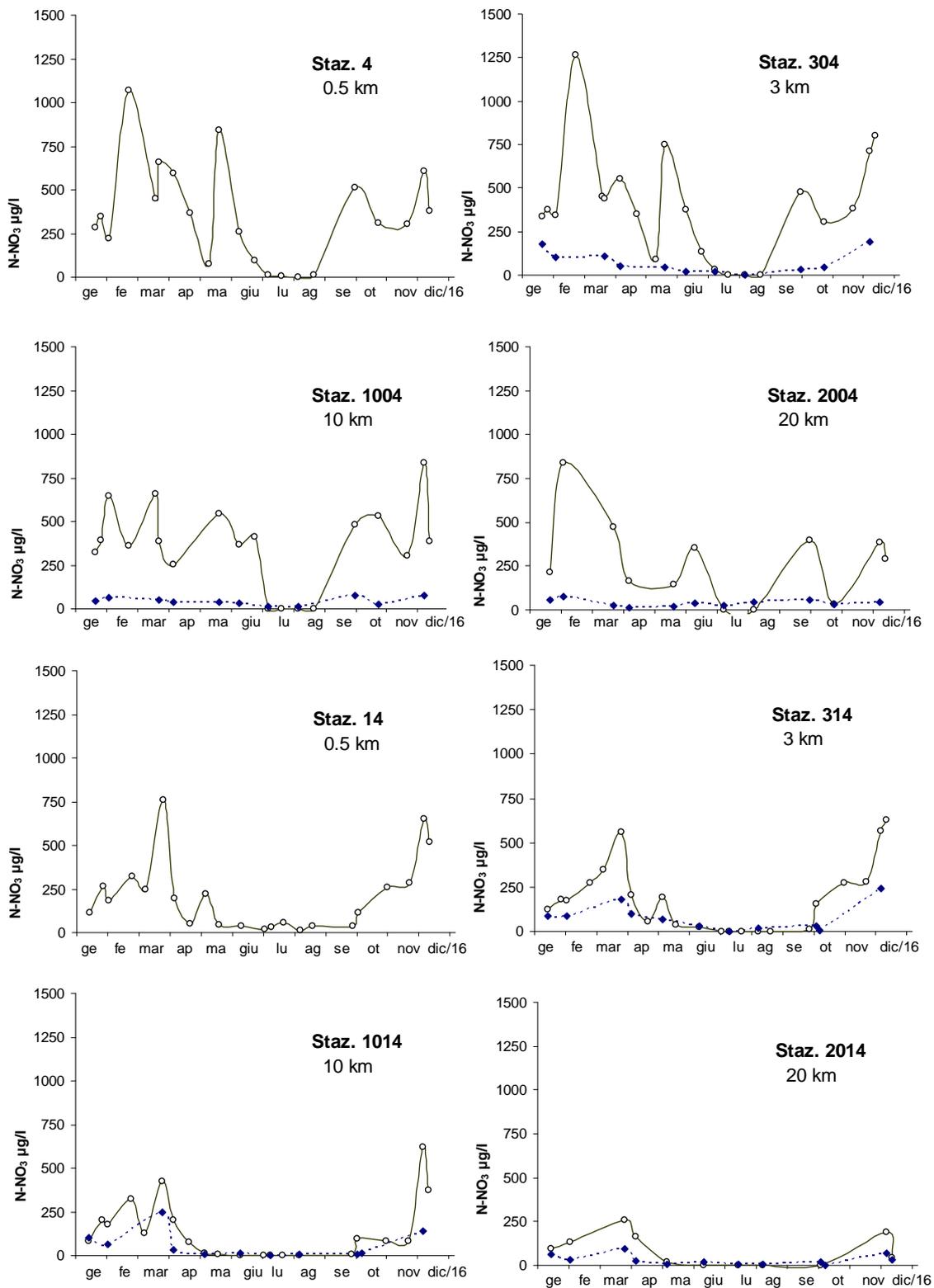


Figura 51 – Andamenti temporali dell’azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea blu tratteggiata) lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

Questa condizione è bene rappresentata anche dalla Figura 52 dove le mappe di distribuzioni delle medie stagionali sottolineano come l'area più a nord della costa rispetto all'area più meridionale anche in periodi di basse concentrazioni, tende ad avere una concentrazione maggiore di azoto nitrico.

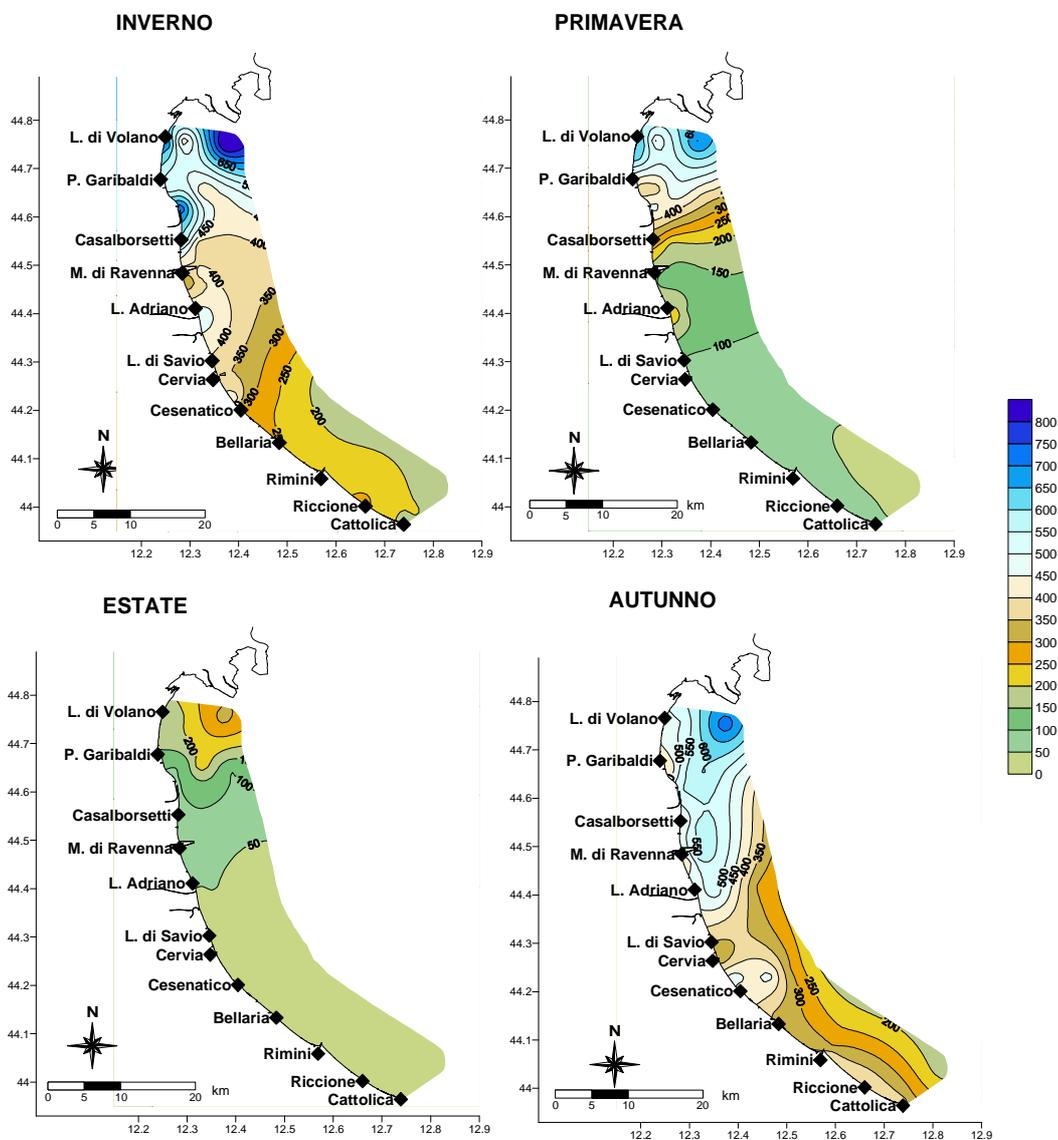


Figura 52 – Mappe di distribuzione delle medie stagionali dell'azoto nitrico in superficie ($\mu\text{g/l}$)

I valori più elevati misurati nel 2016 si sono registrati nelle stazioni più settentrionali precisamente il 22 febbraio nella stazione 1002 (10 km antistante Lido di Volano) con $1848.55 \mu\text{g/l}$ e il 18 maggio a 0.5 km da costa nella stazione 2, sempre lungo il transetto antistante Lido di Volano, con concentrazioni pari a $1591.47 \mu\text{g/l}$.

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

L'andamento dell'azoto nitroso rispecchia in gran parte quello osservato per l'azoto nitrico con concentrazioni più alte in corrispondenza a periodi con maggior apporti fluviali costieri e padani (Figura 36) e valori più elevati nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle meridionali. In Figura 53 sono messi a confronto gli andamenti del parametro a 0,5 km nella stazione più a nord della costa (st.2, Lido di Volano) con quella più a sud (st.19, Cattolica) che evidenziano le diverse fluttuazioni dei due parametri.

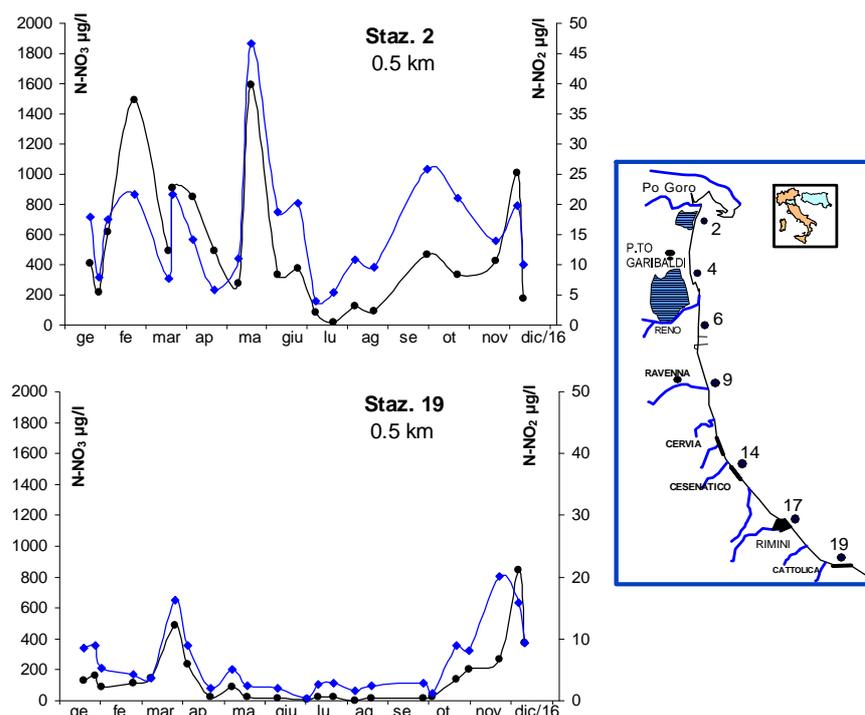


Figura 53 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea nera) e dell'azoto nitroso (linea blu) nelle stazioni a 0,5 km dalla costa antistanti Lido di Volano e Cattolica

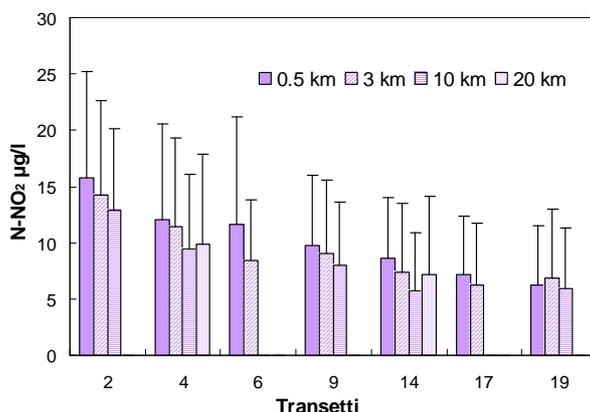


Figura 54 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitroso in superficie analizzati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'elaborazione delle medie annuali a 0,5 km dalla costa indica un generale trend nord sud e costa largo con il valore medio più alto pari a 15,78 µg/l a Lido di Volano (0,5 km) e quello più basso a Cesenatico (10 km) pari a 5,74 µg/l. A Cattolica i dati medi annuali lungo il

transetto rimangono molto simili (Figura 54). Anche l'elaborazione delle medie stagionali (Figura 55) sottolinea il trend nord sud, più marcato in inverno e primavera meno in estate e come osservato per l'azoto nitrico anche per l' N-NO₂ presenta concentrazioni minime in estate. I valori medi autunnali rimangono più omogenei e stabili da nord e sud ad esempio con 16,25 µg/l a Lido di Volano (stazione 2) e 12,42 µg/l nella stazione 19 (Cattolica).

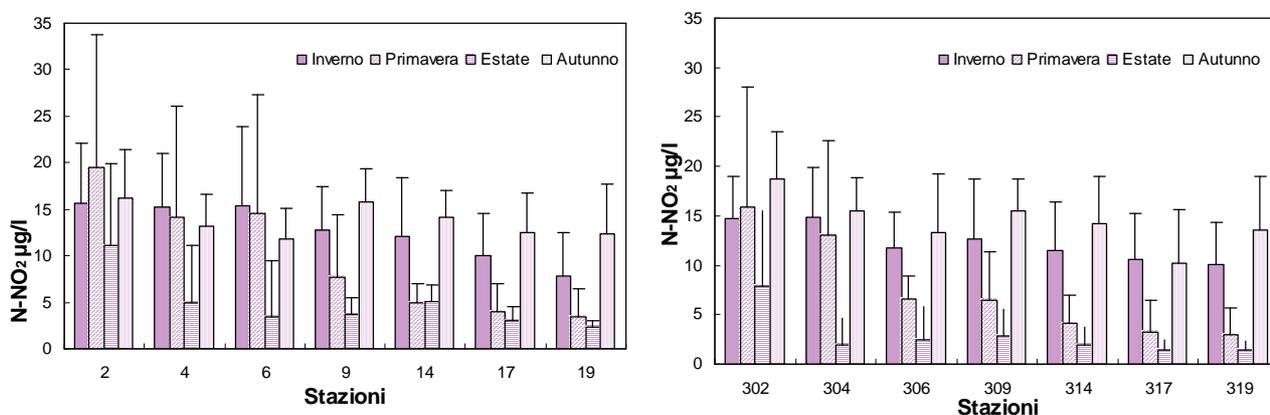


Figura 55 – Valori medi stagionali e deviazione standard dell'azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

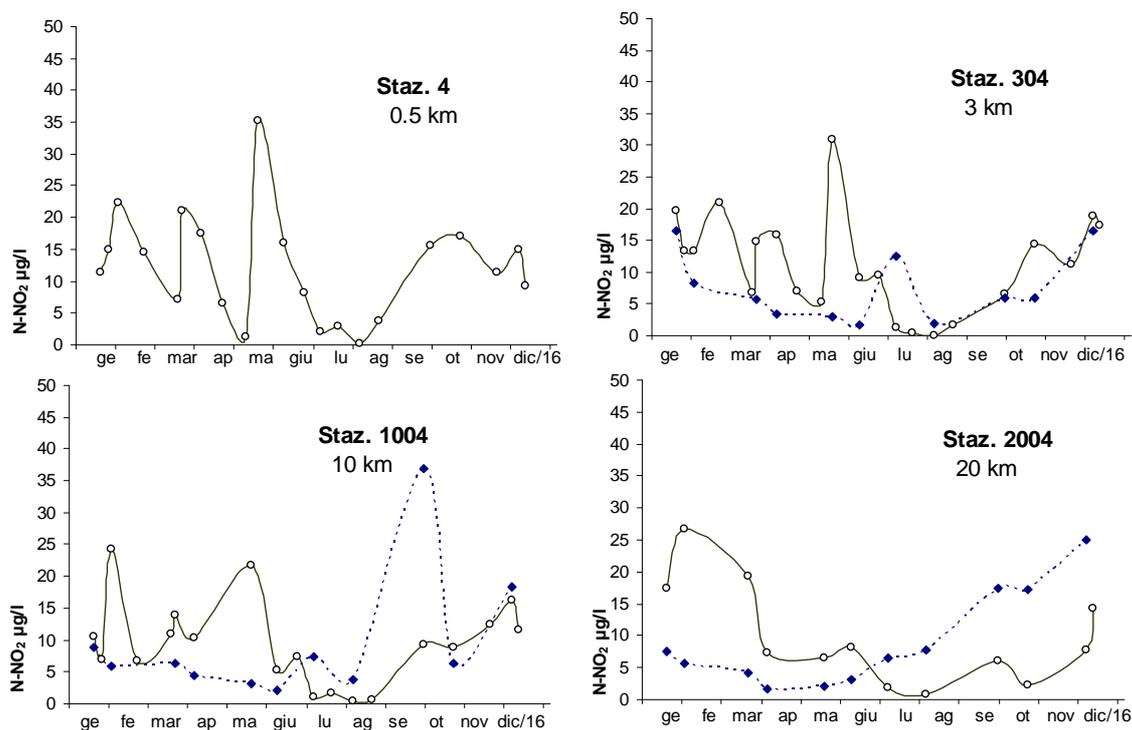


Figura 56 – Andamenti temporali dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo il transetto di Porto Garibaldi

Nelle acque di superficie si osserva una elevata variabilità durante l'anno con fluttuazioni maggiori nelle stazioni in costa rispetto a quelle posizionate al largo mentre sul fondo tendono a rimanere in generale più basse e lineari (Figura 56). Fanno eccezione alcuni monitoraggi

nei quali l' $N-NO_2$ è risultato più elevato sul fondo rispetto a quello misurato nelle acque di superficie.

Queste condizioni si verificano quando sul fondo si innesca una diminuzione di ossigeno tendente all'ipossia/anossia dovuta ad un aumento dell'attività metabolica da parte dei microrganismi bentonici che mineralizzando la sostanza organica depositata sul sedimento consumano l'ossigeno, rimettendo in circolo anche l'azoto nitroso.

Il valore più alto misurato nel 2016 è stato di 52,98 $\mu\text{g/l}$ nella stazione 3 a 0.5 km antistanti Lido delle Nazioni il 26 settembre.

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

Anche per l'azoto ammoniacale, altra forma solubile dell'azoto, le fluttuazioni durante l'anno rimangono strettamente correlate con gli apporti fluviali ed all'immissione di reflui generati dagli insediamenti urbani.

L'andamento medio annuale del parametro (Figura 57) nelle acque di superficie presenta un comportamento in generale analogo alle altre componenti azotate, con concentrazioni più basse nei periodi di minimi di portata dai bacini costieri (da luglio a ottobre) e più alte nei periodi con aumento delle immissioni di acque dolci in mare (autunno-inverno).

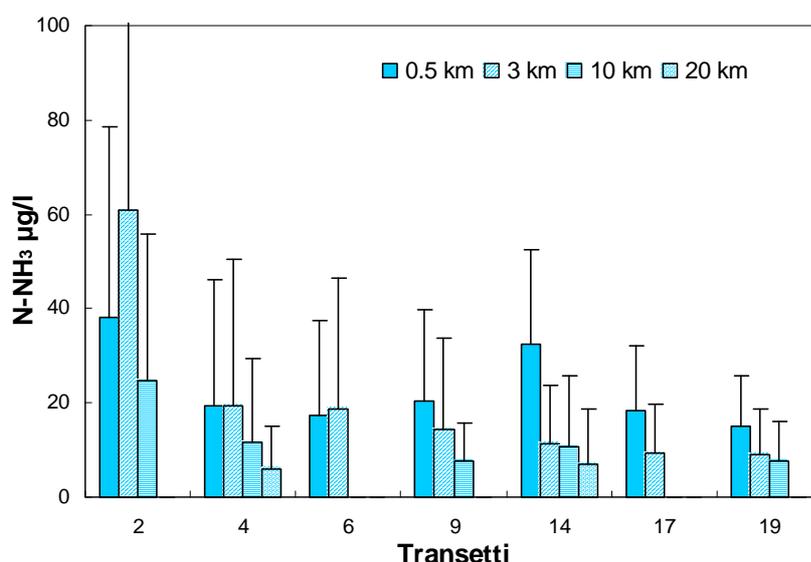


Figura 57 - Valori medi e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati per le stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'azoto ammoniacale pur mantenendo un trend nord sud e costa largo, mostra una variabilità nelle stazioni collocate nell'area zona più settentrionale. La Figura 58 sottolinea questa situazione rappresentando l'andamento temporale nelle due stazioni a 0.5 km dalla costa, una posizionata nell'area più a nord (staz. 2) e l'altra più a sud (staz. 19).

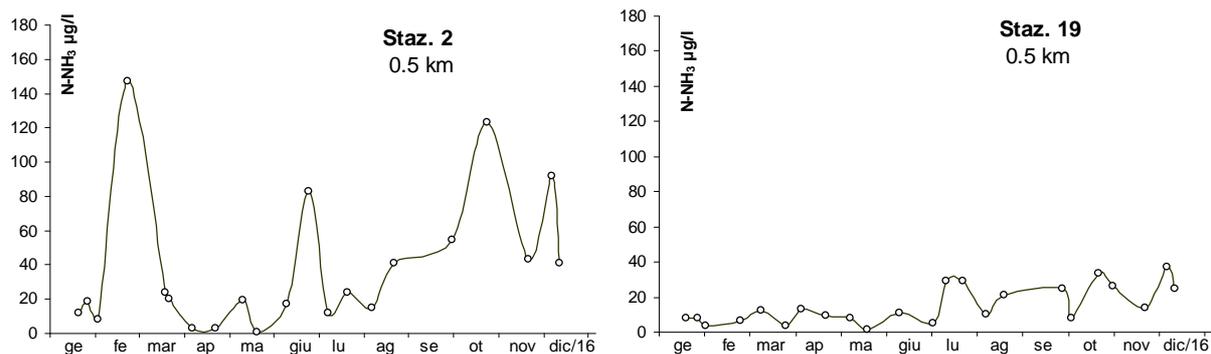


Figura 58 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale nelle stazioni a 0.5 km antistanti Lido di Volano (Staz. 2) e Cattolica (Staz. 19)

Il valore più elevato nel 2016 è stato pari a 562,78 µg/l registrato durante i controlli del 22 febbraio a 3 km davanti a Lido delle Nazioni (Figura 61). Dalle medie stagionali si rileva il massimo in inverno proprio nella stazione 302 (Figura 59). Il grafico evidenzia valori elevati anche durante la stagione autunnale, da ottobre a dicembre, correlate ad immissioni elevate di acque dolci dai bacini costieri in particolare da quello padano (Figura 36).

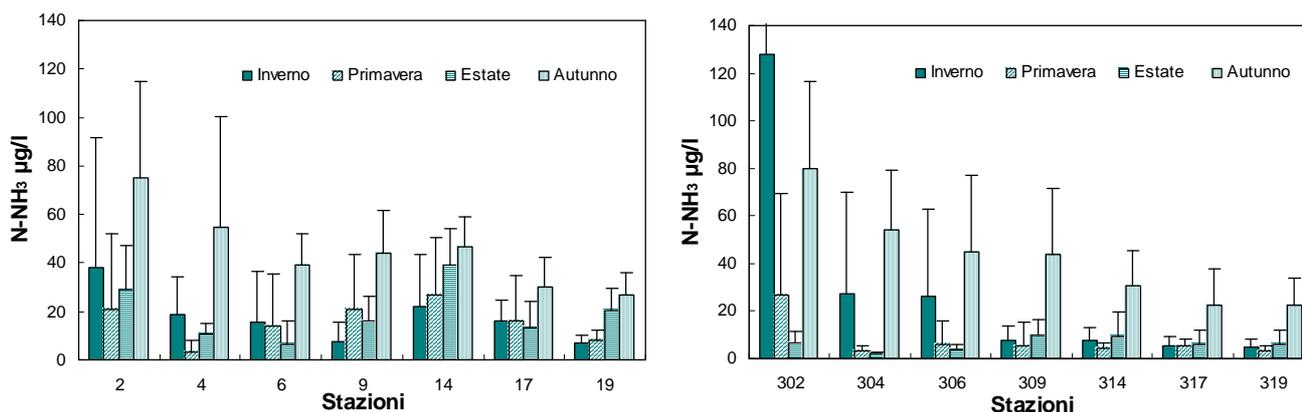


Figura 59 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto ammoniacale in superficie calcolati per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Confrontando i dati di ammoniaca rilevati in superficie con quelli sul fondo ad esempio lungo il transetto di Porto Garibaldi (Figura 60) si osservano a volte valori più alti sul fondo rispetto a quelli di superficie. Questi incrementi negli strati profondi in prossimità del fondo, si osservano in concomitanza a fenomeni ipossici/anossici registrati nello stesso periodo. L’attività metabolica degli organismi detritivori che popolano i fondali marini porta alla mineralizzazione della sostanza organica con l’immissione in circolo di composti tra i quali anche l’ammoniaca con conseguente aumento di concentrazione anche in profondità.

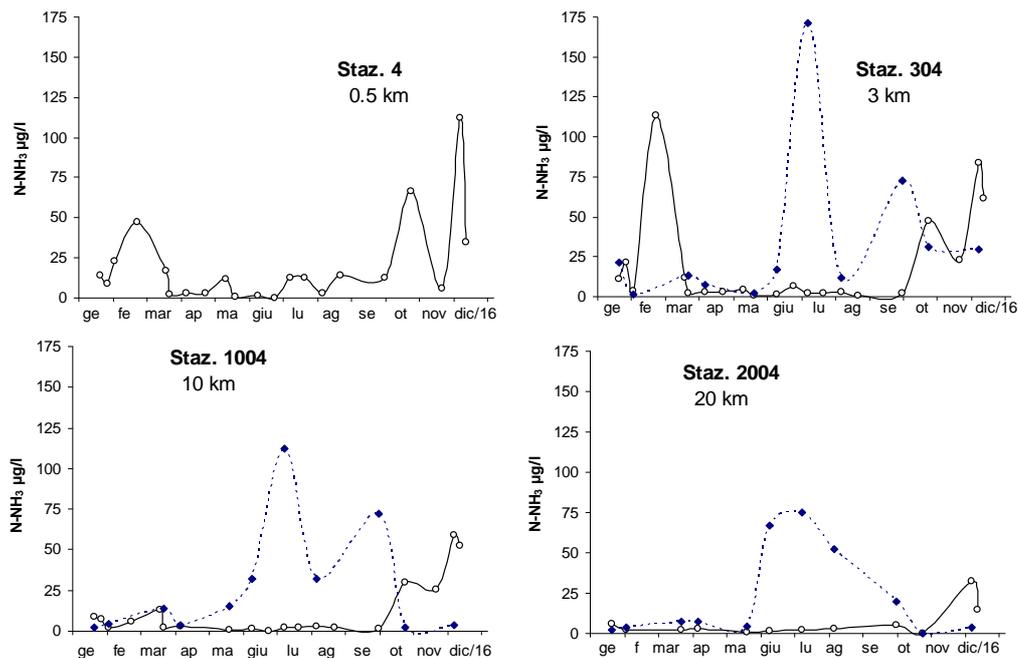


Figura 60 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

La mappa di Figura 61 rappresenta la distribuzione dell’azoto ammoniacale in superficie durante il monitoraggio del 22-24 febbraio, monitoraggio durante il quale si sono misurate, nel 2016, le concentrazioni massime nelle stazioni a ridosso del delta.

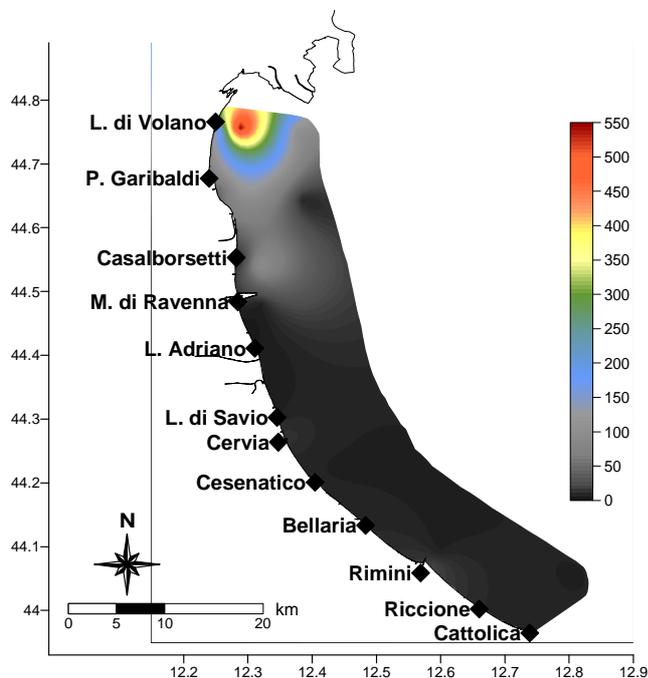


Figura 61 – Mappe di distribuzione dell’azoto ammoniacale da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali il 22-24 febbraio

4.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

L'azoto inorganico disciolto (DIN) corrisponde alla somma delle tre forme azotate azoto ammoniacale, nitrico e nitroso rilevate con analisi chimiche (Figura 62) e di conseguenza anche i suoi andamenti temporali durante l'anno presentano una distribuzione fortemente legata agli apporti fluviali. Come si evince dal grafico l' $N-NO_3$ si conferma la forma azotata predominante seguita dall'azoto ammoniacale ($N-NH_3$) e poi dall'azoto nitroso ($N-NO_2$).

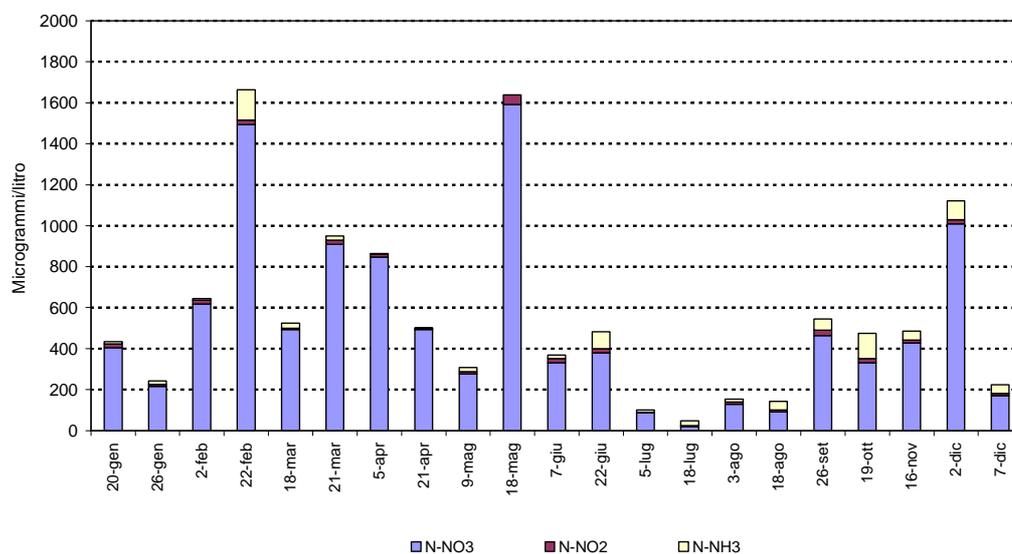


Figura 62 – Istogrammi in pila degli andamenti dei nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione di Lido di Volano

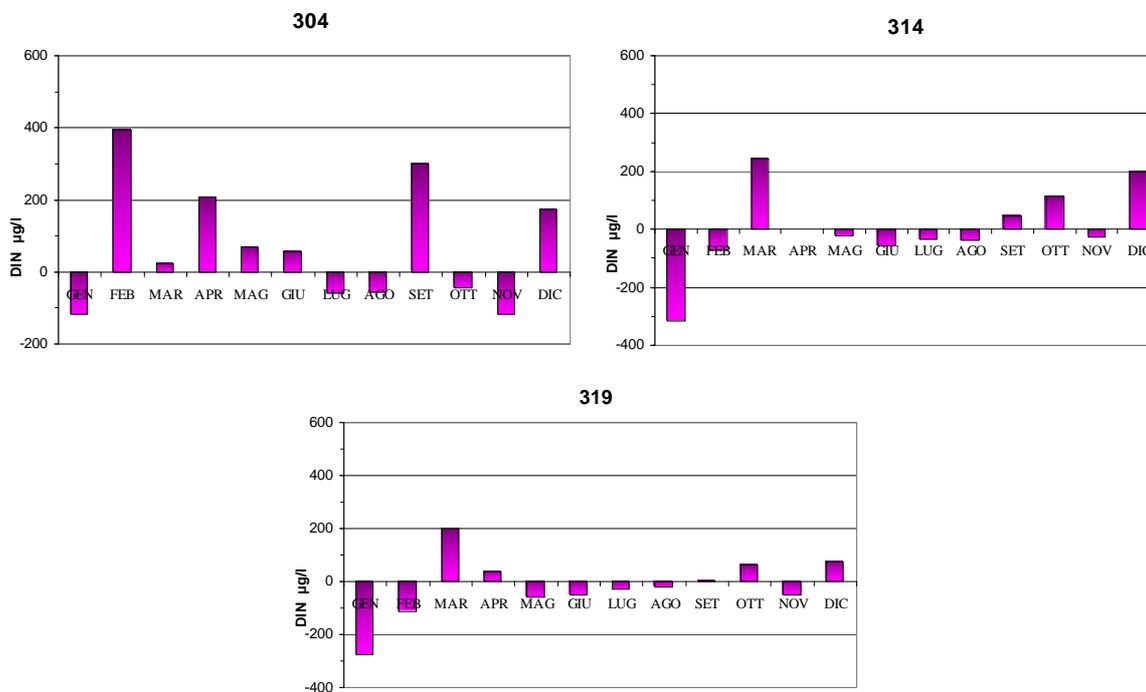


Figura 63 – Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa antistanti Porto Garibaldi (304) Cesenatico (314) e Cattolica (319) a confronto con il valore medio climatologico

Gli istogrammi di Figura 63 mettono a confronto le variazioni dei dati medi mensili del DIN del 2016 in 3 stazioni a 3 km dalla costa con il valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo 1993-2002. Questo confronto permette di valutare eventuali variazioni e scostamenti da una condizione di riferimento; quindi valori positivi indicano che nel corso del singolo mese c'è stato un incremento rispetto alla condizione rappresentata dalla climatologia, i valori negativi al contrario identificano una diminuzione di concentrazione.

Nella stazione 304 si evidenzia un incremento della concentrazione del DIN rispetto al valore di riferimento più elevato a febbraio e settembre seguito da aprile e dicembre, mentre di poco superiore a marzo, maggio e giugno. Per le altre due stazioni, la 314 e la 319, invece si rileva un aumento più importante a marzo poi a ottobre e dicembre. A gennaio invece si registra una netta diminuzione rispetto alla media climatologica del mese di riferimento e rispetto agli altri mesi con valori negativi.

Analizzando le medie geometriche annuali nel lungo periodo 1982-2016 (Figura 64) in tre aree lungo la costa una più settentrionale (sta. 2, 3 e 4,) una centrale (12 e 14) e una meridionale (st. 19 e 319), si osserva un leggero aumento nella prima zona e una leggera diminuzione nelle altre due zone. L'area più a nord (Goro-Comacchio) risulta più sensibile ai processi di dilavamento dalle fonti diffuse rispetto all'area centro meridionale (Cervia-Cesenatico e Cattolica). Nel grafico sono inoltre rappresentate sia le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate) che mostrano in termine assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, che quelle di ordine superiore (linee continue) che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità intrannuale.

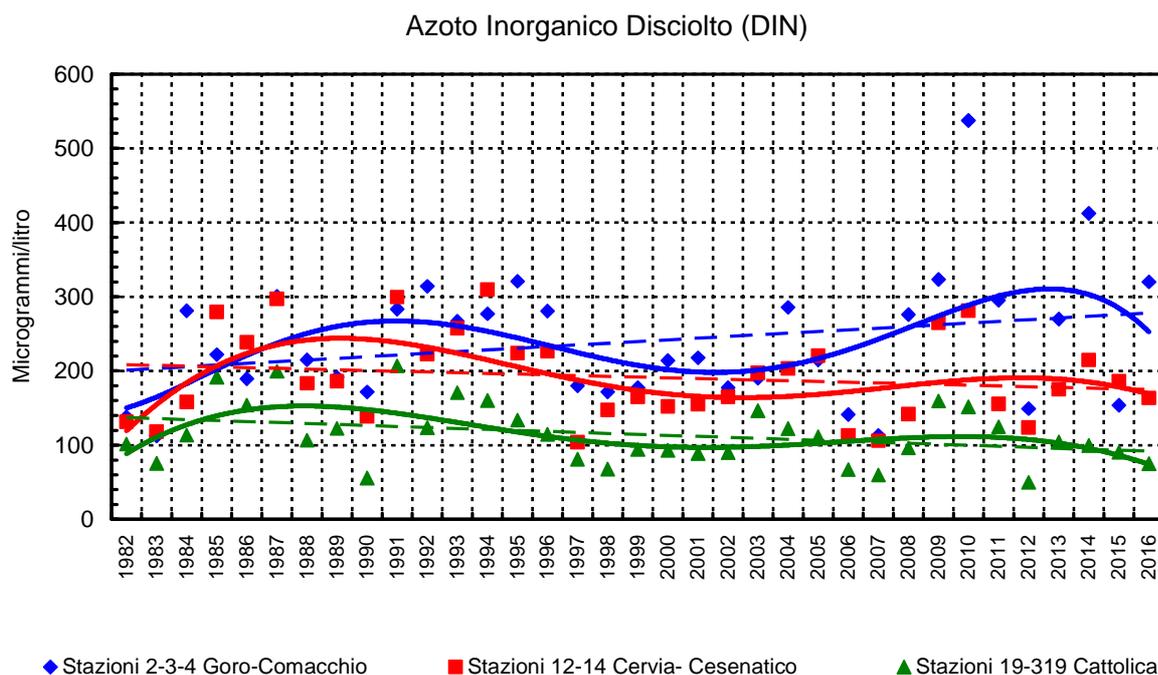


Figura 64 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2016)

4.3.2.e Azoto totale (*N tot*)

L'andamento dell'azoto totale nelle acque marine è strettamente collegato alla presenza di particolato organico in sospensione nella colonna d'acqua e agli apporti fluviali. L'elaborazione delle medie annuali lungo i transetti mostra un trend netto nord sud e costa largo per la maggior parte delle stazioni (Figura 65). Rispetto al 2015 le concentrazioni di azoto totale sono di poco più alte nelle stazioni più settentrionali sia in costa che al largo mentre per le altre la tendenza rimane pressoché uguale.

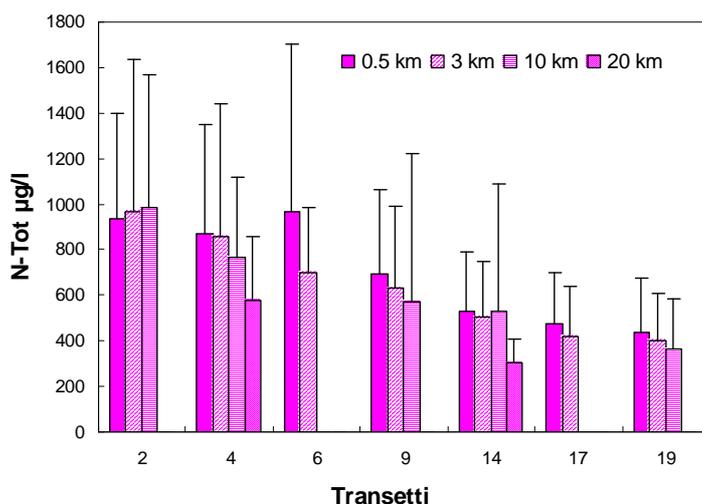


Figura 65 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa nel 2016

Se si elaborano le medie stagionali si sottolinea ancora una tendenza generale ad avere maggiori concentrazioni di azoto totale in inverno ed in autunno. Fanno eccezioni le stazioni localizzate nell'area più a nord della costa che presentano valori elevati anche in primavera e la stazione 6, a 0.5 km antistante Casalborsetti, con il dato medio massimo in estate pari a 1231,22 µg/l (Figura 66).

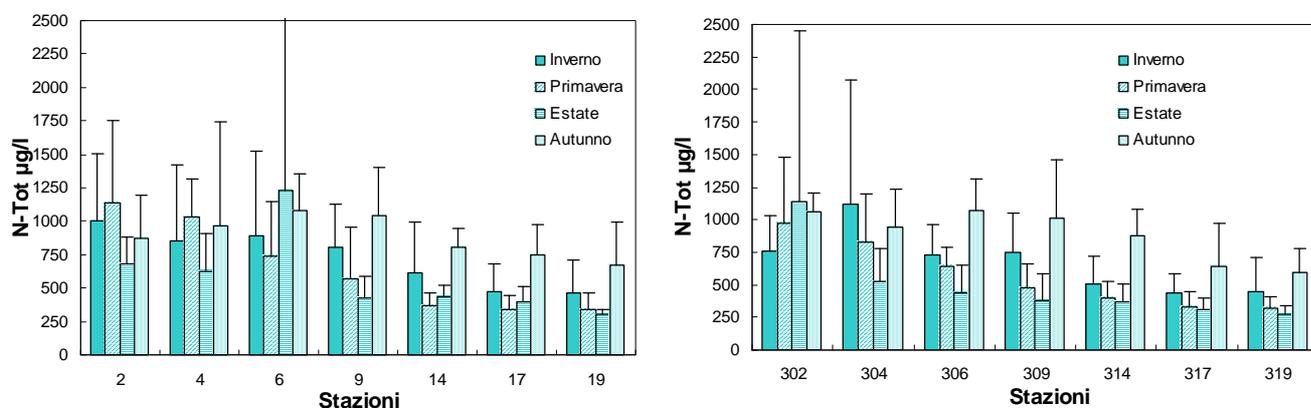


Figura 66 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Il contributo maggiore ai dati alti calcolati stagionalmente nelle stazioni 6 e 302 è dato dalle concentrazioni misurate durante il monitoraggio di settembre. Proprio in queste stazioni si sono registrate le concentrazioni più alte di azoto totale nel 2016 rispettivamente pari a 3434.93 $\mu\text{g/l}$ a Casalborsetti e 3460.34 $\mu\text{g/l}$ a Lido di Volano durante i controlli del 26 settembre (Figura 67). Il dato più basso invece pari a 181.25 $\mu\text{g/l}$ è stato calcolato a Riccione a 0.5 km dalla costa il 18 giugno.

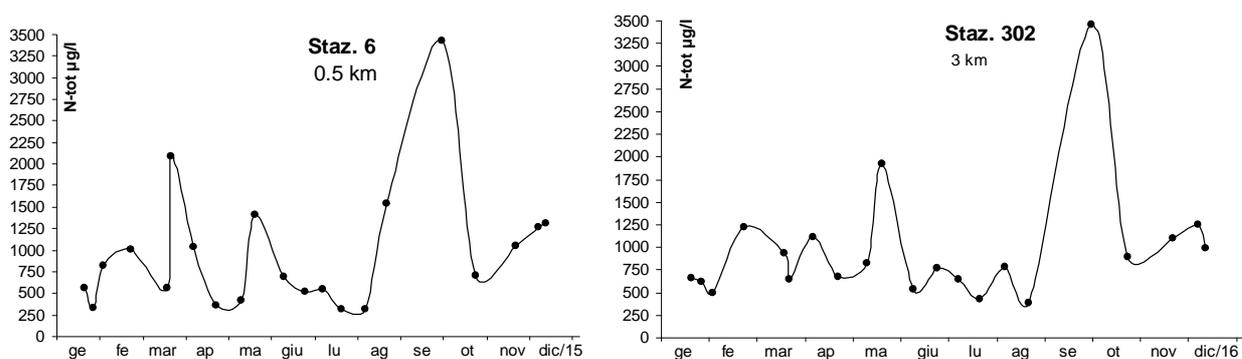


Figura 67 – Andamento temporale dell’azoto totale in superficie a 0.5 km davanti a Casalborsetti (Staz. 6) e a 3 km davanti a Lido di Volano (Staz. 302)

L’azoto totale tende in superficie ad avere fluttuazioni più elevate rispetto a quelle rilevate sul fondo dove le concentrazioni rimangono più basse e stabili. Fa eccezione la stazione 1004 a 10 km davanti a Porto Garibaldi nella quale durante i controlli del 5 luglio si sono misurate al contrario concentrazioni maggiori sul fondo rispetto a quelle di superficie, 1338 $\mu\text{g/l}$ contro i 295 $\mu\text{g/l}$ (Figura 68).

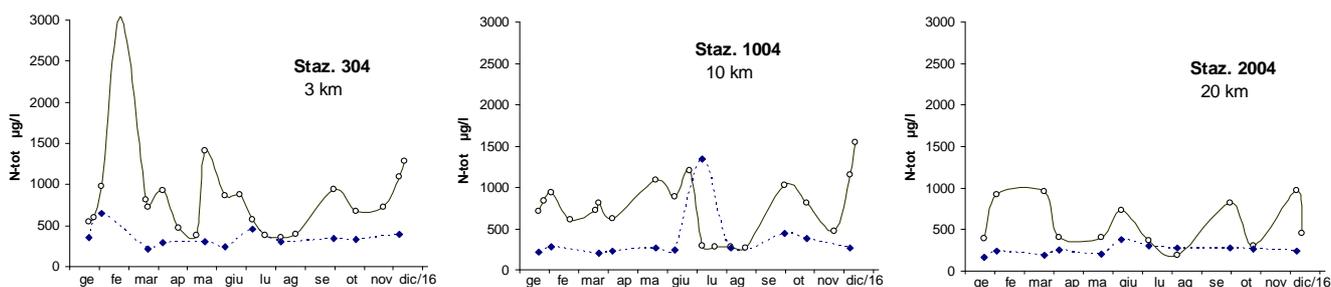


Figura 68 – Andamento temporale dell’azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo il transetto antistante Porto Garibaldi nelle stazione a 3, 10 e 20 km dalla costa

Anche per l’azoto totale si sono calcolate le medie mensili nelle tre stazioni posizionate a 3 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica e confrontate con i valori di riferimento calcolati su un lungo periodo (1993-2002) per meglio interpretare il comportamento del parametro durante l’anno.

A Porto Garibaldi si rileva un netto incremento dell'azoto totale a febbraio rispetto ai valori di riferimento mentre negli altri mesi con valori positivi la tendenza è più contenuta. La stazione 319, posizionata più a sud della costa mostra pochi scostamenti positivi dalla media climatologica: il valore più alto è in marzo seguito da quello di dicembre. A Cesenatico valori positivi e quindi aumenti di concentrazione rispetto alla media di riferimento si hanno a marzo, in estate a giugno e luglio e da settembre a dicembre.

In tutte e tre le stazioni il valore negativo più marcato e quindi una diminuzione di azoto totale rispetto alla condizione di riferimento si misura a gennaio.

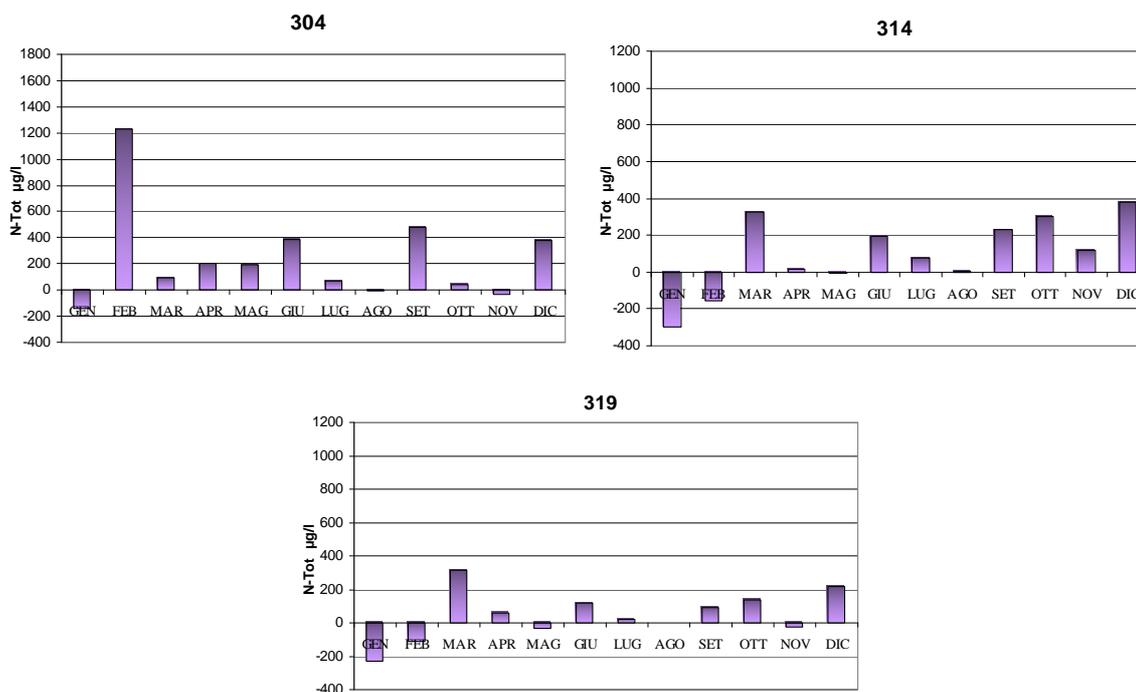


Figura 69 - Variazione dei valori medi mensili dell'azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa antistanti Porto Garibaldi (304) Cesenatico (314) e Cattolica (319) a confronto con il valore medio climatologico

4.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

Il fosforo ortofosfato è un parametro molto variabile e risente in maniera diretta degli apporti dai bacini costieri e in particolare dal bacino padano. La distribuzione delle medie annuali in Figura 70 mostra una tendenza generale a diminuire da nord a sud e da costa a largo soprattutto nelle stazioni più lontane da costa a 10 e 20 km. I transetti situati a nord hanno un comportamento differente che conferma una diretta influenza delle portate del Po sull'ambiente marino in tutta l'area. Ad esempio lungo il transetto di Lido di Volano è proprio nella stazione più al largo, a 10 km, che si sono calcolate le medie più alte nel 2016 (9,65 µg/l).

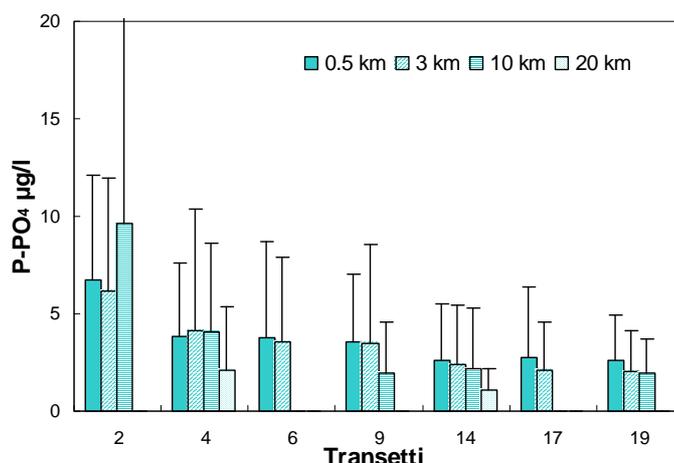


Figura 70 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell’ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Anche l’elaborazione delle medie stagionali conferma il trend nord sud ma mette in evidenza anche come in autunno si sono misurate in modo netto le concentrazioni più elevate di P-PO₄ lungo tutta la costa anche nell’area più meridionale sia 0.5 che a 3 km dalla costa (Figura 71).

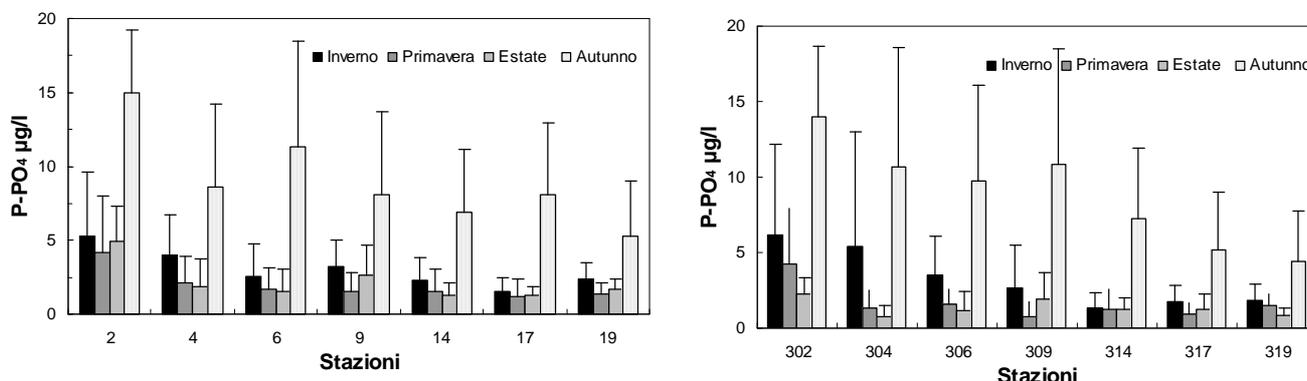


Figura 71 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

La stazione 1002 posizionata direttamente a ridosso del delta del Po registra i valori più elevati durante l’anno il primo pari a 46.59 µg/l a febbraio e 36.36 µg/l a ottobre (Figura 72,

A). La mappa B di Figura 72 mostra la distribuzione del P-PO₄ nelle acque superficiali durante i controlli del 22-24 febbraio sottolineando come l'area più settentrionale abbia concentrazioni molto più elevate rispetto a quella centro meridionale.

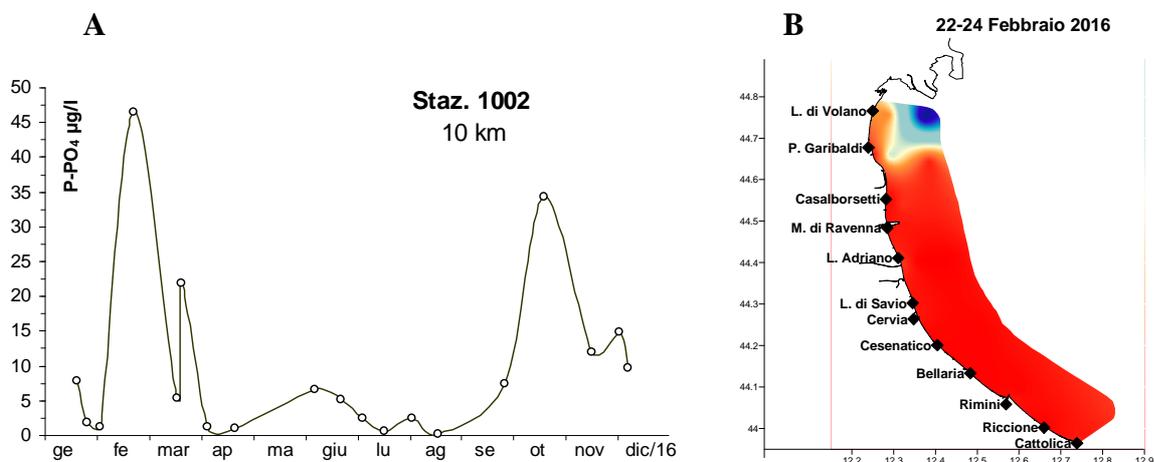


Figura 72 – A) Andamento temporale del P-PO₄ in superficie nella stazione a 10 km antistante Lido di Volano; B) mappe di distribuzione del P-PO₄ in superficie da costa fino al largo durante il monitoraggio del 22-24 febbraio

Le stazioni più settentrionali mostrano sempre una maggior variabilità del parametro rispetto a quelle meridionali e gli andamenti temporali di Figura 73 mettendo a confronto la stazione a 0.5 km più settentrionale con quella più meridionale sottolineano questa situazione.

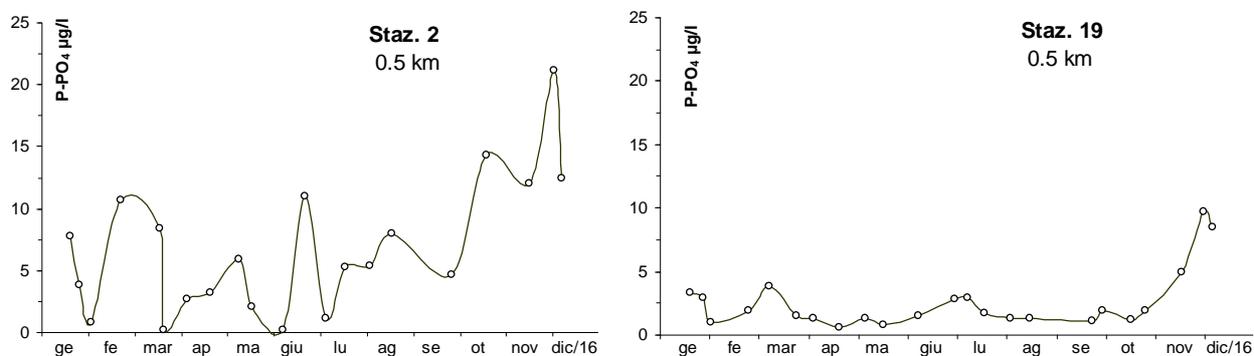


Figura 73 - Andamento temporale del P-PO₄ in superficie nella stazione a 0.5 km antistante Lido di Volano (2) e Cattolica (19)

Il fosforo ortofosfato è una forma che viene assimilata molto velocemente dal fitoplancton e nel periodo estivo si possono rilevare concentrazioni molto basse in superficie a volte anche al di sotto del limite di rilevabilità analitica. In Figura 74 vengono rappresentati gli andamenti temporali del parametro in superficie e sul fondo: si osserva che in alcuni monitoraggi sul fondo le concentrazioni sono risultate maggiori rispetto a quelle rilevate in superficie. Queste situazioni si verificano in concomitanza all'aumento dell'attività metabolica della componente microbica presente sul fondo che porta alla solubilizzazione di microelementi tra i quali anche l'ortofosfato.

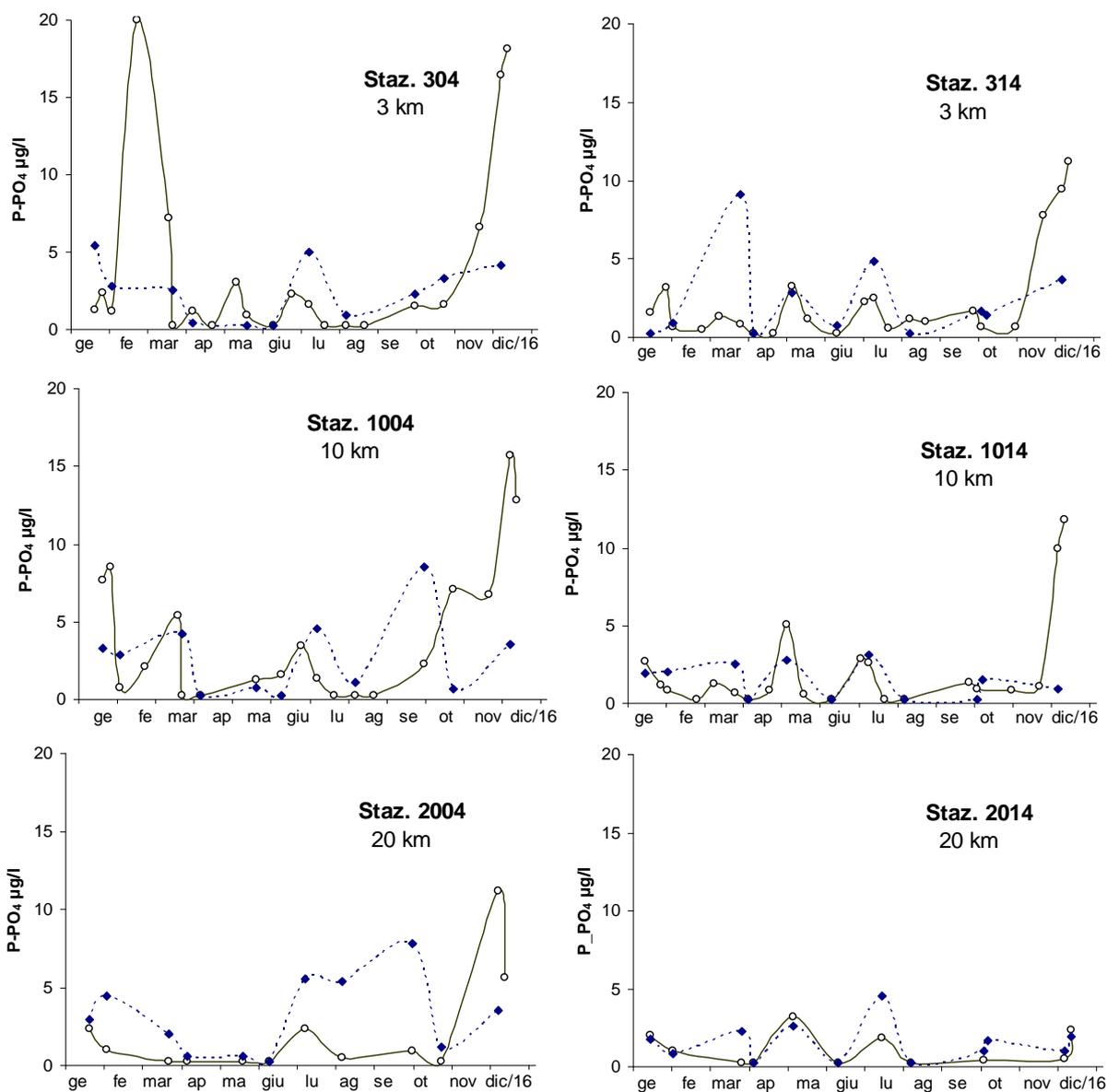


Figura 74 – Andamento temporale del P-PO4 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

Il confronto dei valori medi mensili del 2016 con i valori calcolati per ogni mese (media climatologia del periodo storico 1993-2002) nelle stazioni 304, 314 e 319 rappresentato in Figura 75, mostra una tendenza generale ad una diminuzione delle concentrazioni rispetto ai valori climatologici di riferimento. Valori positivi che evidenziano al contrario un aumento di concentrazione di ortofosfato rispetto alla media sono risultati essere nella stazione 304 a febbraio ed a dicembre.

Anche per il fosforo reattivo si sono elaborate le medie geometriche annuali raggruppate per le tre aree: l'area più settentrionale tra Goro e Comacchio, l'area centrale compresa tra Cervia e Cesenatico e quella più meridionale antistante Cattolica (Figura 76). Nei diagrammi sono rappresentate inoltre le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate) che mostrano in assoluto l'evoluzione complessiva dei sistemi e quelle di ordine superiore (linee continue) che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. Si osserva una marcata diminuzione (circa il 50%) in tutte e tre le aree.

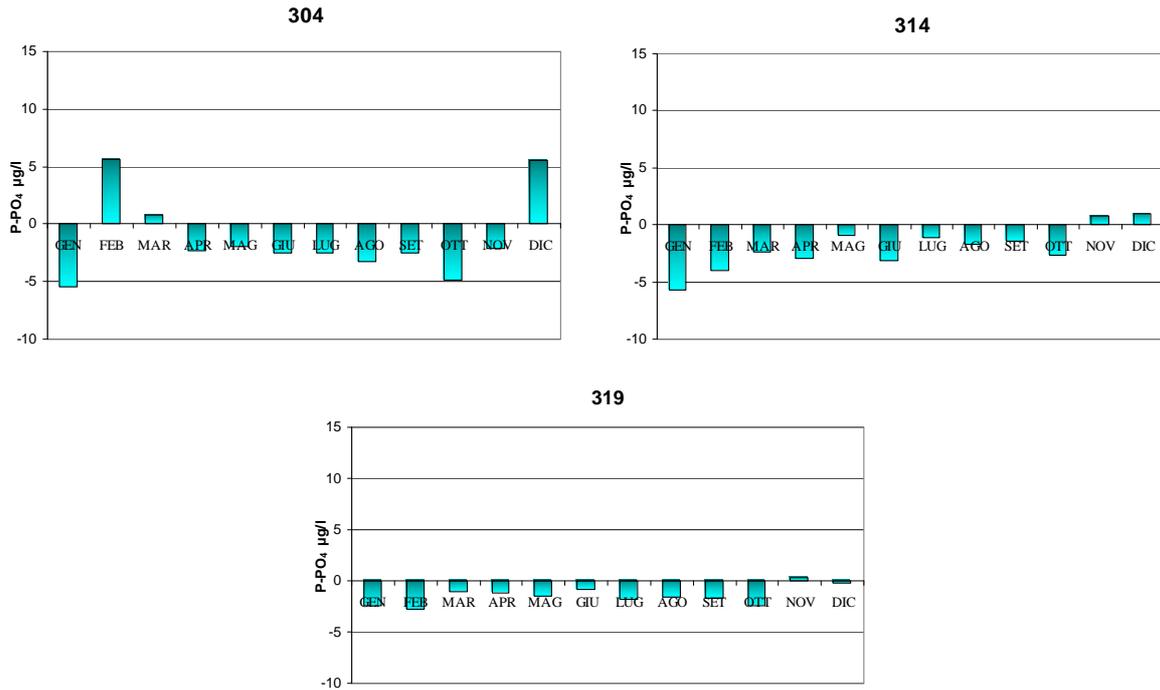


Figura 75 - Variazione dei valori medi mensili dell'ortofosfato nelle stazioni a 3 km dalla costa antistanti Porto Garibaldi (304) Cesenatico (314) e Cattolica (319) a confronto con il valore medio climatologico

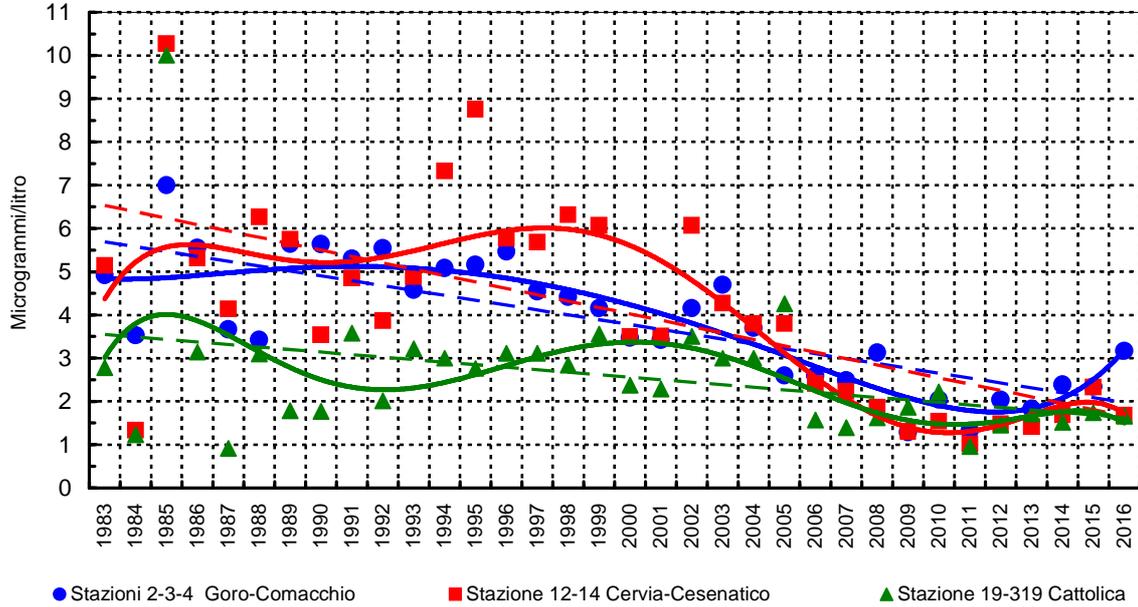


Figura 76 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del P-PO₄ in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2016)

4.3.2.g Fosforo totale (P tot)

Le concentrazioni del fosforo totale nelle acque marine costiere sono strettamente collegate alla presenza di particellato organico in sospensione nella colonna d'acqua.

Analizzando le medie annuali di Figura 77 si osserva anche per il fosforo totale il trend nord sud e costa largo (Figura 78) ad eccezione del transetto posizionato più a nord dove le concentrazioni medie sono molto simili tra loro lungo il transetto da 0.5 a 10 km al largo.

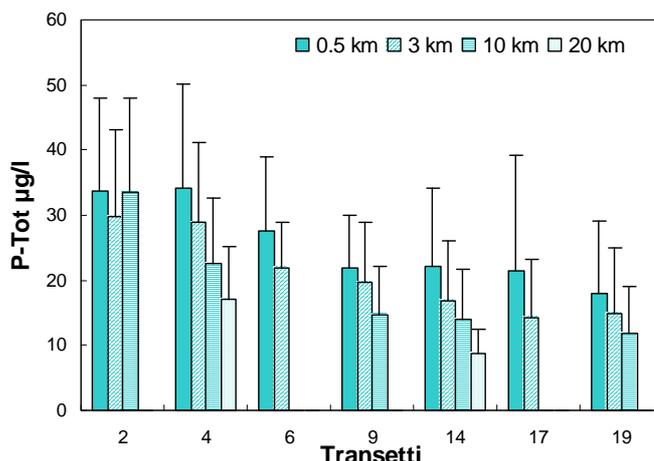


Figura 77 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Al contrario, analizzando le medie stagionali, risulta meno evidente il trend nord sud (Figura 78). Ad esempio in inverno i dati medi nelle stazioni più in costa sono molto simili con il valore più alto registrato a sud nella stazione più in costa a Rimini con 27.11 µg/l.

Questo valore alto è dovuto al contributo delle alte concentrazioni rilevate durante il monitoraggio del 22-24 marzo con picchi proprio nelle stazioni in costa nell'area più a sud pari a 92.22 µg/l a Rimini e 60.79 µg/l a Cattolica (Figura 79). Il valore più alto in assoluto misurato nel 2016 pari a 117.56 µg/l è stato rilevato nella stazione antistante Riccione. La mappa di distribuzione del parametro nelle acque superficiali in Figura 80 fotografa la situazione rilevata durante il monitoraggio del 21 e 25 marzo.

Il valore più basso è stato rilevato nella stazione 11 (Foce Savio) l'8 giugno pari a 2.75 µg/l.

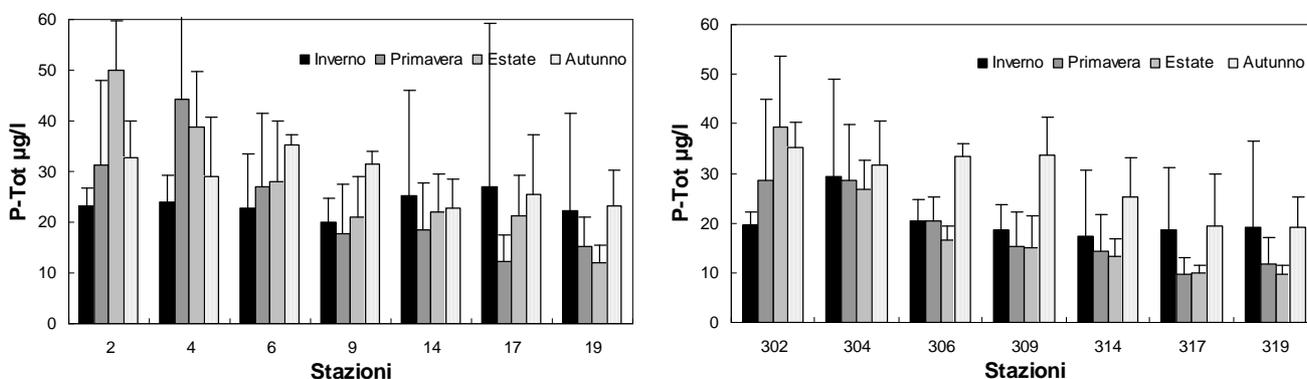


Figura 78 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

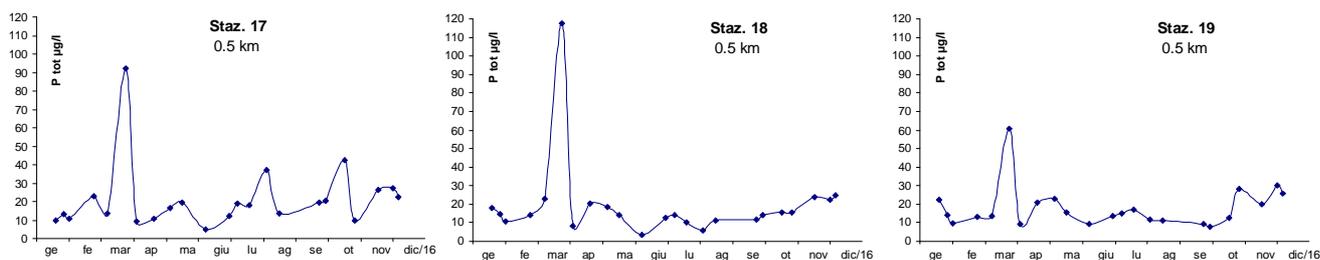


Figura 79 – Andamenti temporali del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km davanti a Rimini (17), Riccione (18), e Cattolica (19)

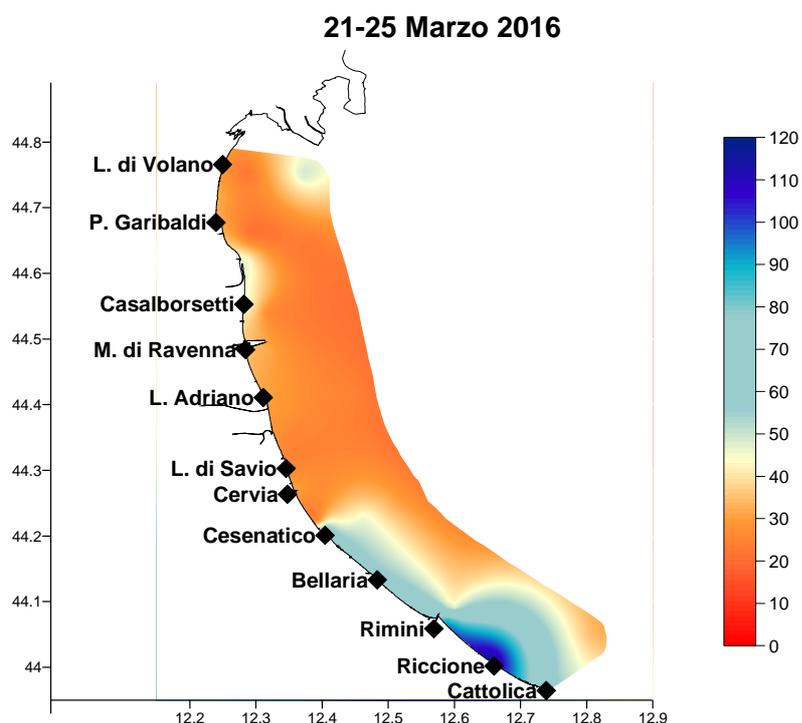


Figura 80 – Mappe di distribuzione del fosforo totale (µg/l) in superficie da costa fino a 10 km al largo rilevate durante i controlli di marzo

L’elaborazione delle medie mensili nelle tre stazioni posizionate alla distanza di 3 km dalla costa (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica) confrontata con la media climatologica calcolata sul dataset di medie mensili su lungo periodo (1993-2002) evidenzia una situazione analoga a quella riscontrata per gli altri parametri. Valori positivi, che indicano un aumento di concentrazione rispetto ai dati medi climatologici, per la stazione 304 si sono verificati soprattutto a febbraio ed a seguire a giugno, luglio e dicembre, mentre per le 314 e la 319 lo scostamento maggiore dal dato di confronto si è verificato in marzo ed a dicembre.

Gli istogrammi di Figura 82 mettono a confronto gli andamenti temporali del fosforo totale con l’ortofosfato nella stazione 2 (Lido di Volano) evidenziando la prevalenza del primo rispetto alla forma solubile nella maggior parte dei campionamenti. Durante il monitoraggio del 22 giugno erano presenti nelle acque marine sia il fosfato sia l’ortofosfato in ugual misura.

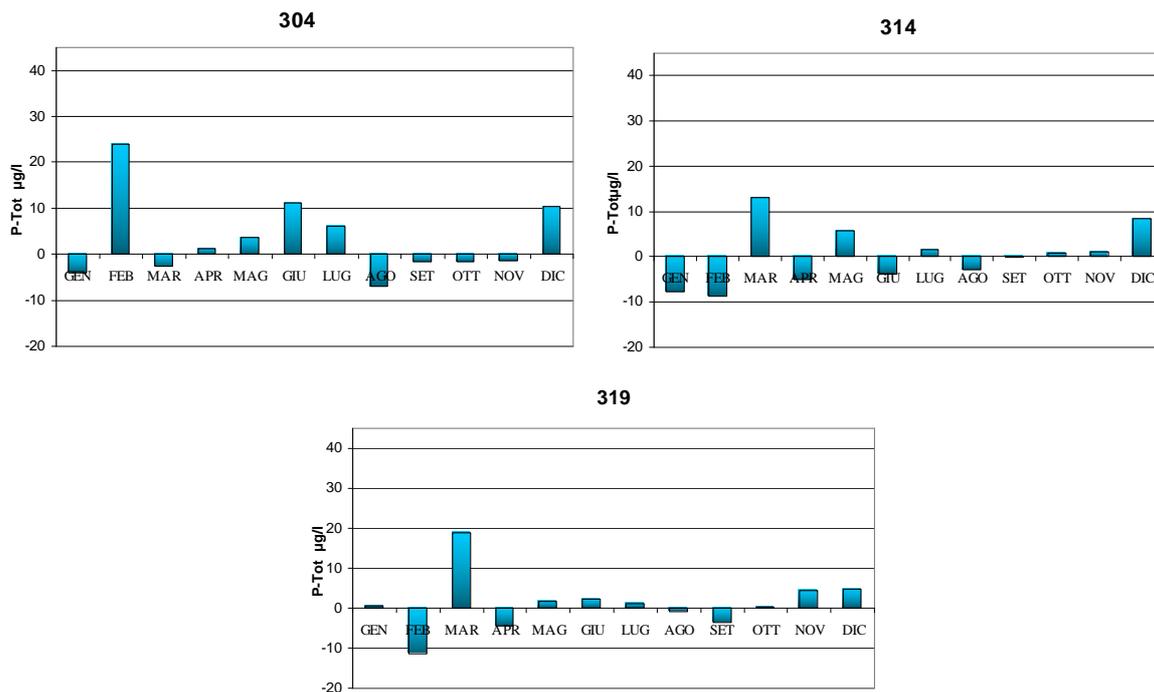


Figura 81 – Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico e 319 Cattolica) con il valore medio climatologico

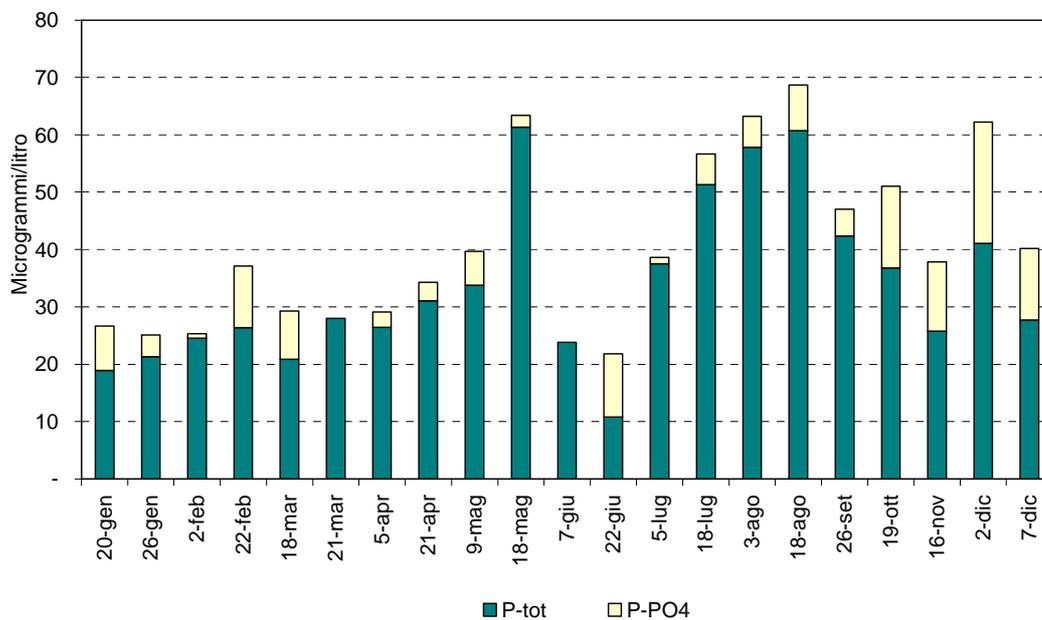


Figura 82 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo totale e dell'ortofosfato nella stazione 2 (Lido di Volano, 0.5 km da costa)

L'andamento temporale rappresentato in Figura 83 sottolinea anche per il fosforo totale una maggior variabilità nelle stazioni in costa rispetto a quelle posizione più al largo e soprattutto maggior fluttuazioni in superficie mentre sul fondo le concentrazioni tendono a rimanere più basse ed omogenee.

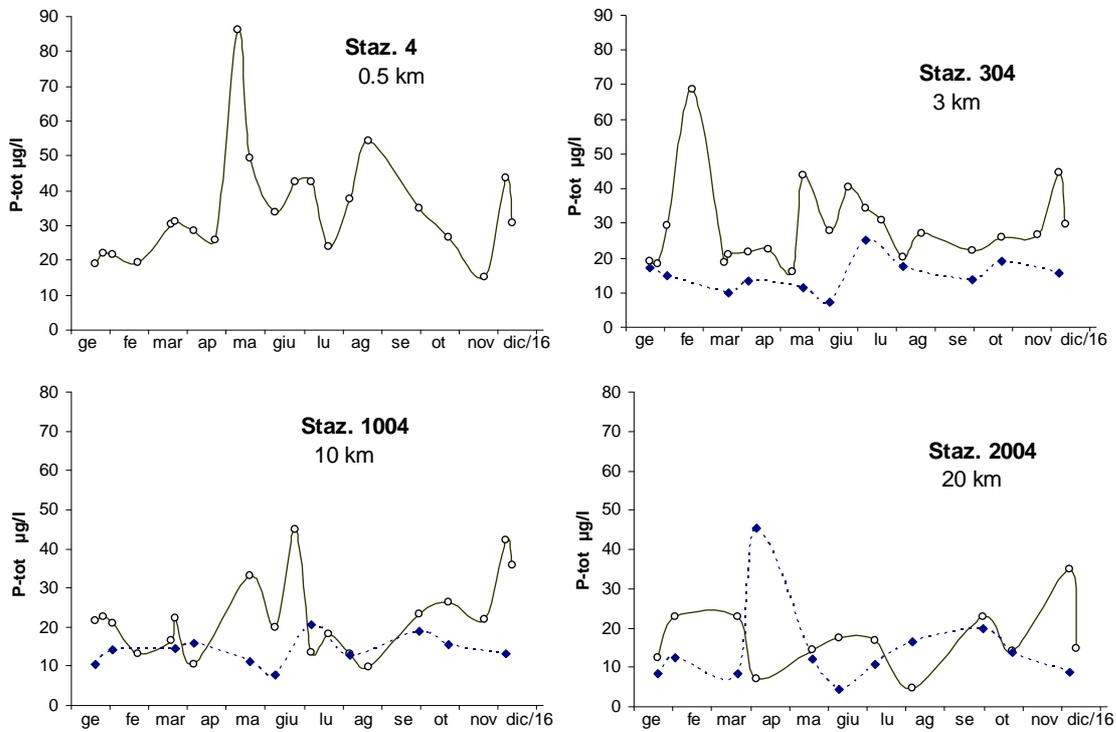


Figura 83 – Andamento del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

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

La presenza di silice reattiva in ambiente marino è strettamente collegata alle portate fluviali e alla presenza di particolato solido in sospensione. Come per gli altri elementi nutritivi anche per la silice reattiva si osserva nel 2016 un andamento analogo con concentrazioni tendenti a diminuire da nord a sud e da costa a largo. Trend più netto lungo i transetti nelle stazioni a 10 e 20 km ad eccezione del transetto di Lido di Volano che si conferma avere un comportamento diverso anche per la silice. L'elaborazione delle medie annuali mostra infatti come a 10 km anche la silice reattiva registra le più alte concentrazioni come conseguenza degli effetti diretti degli apporti dal bacino padano nell'area (Figura 84).

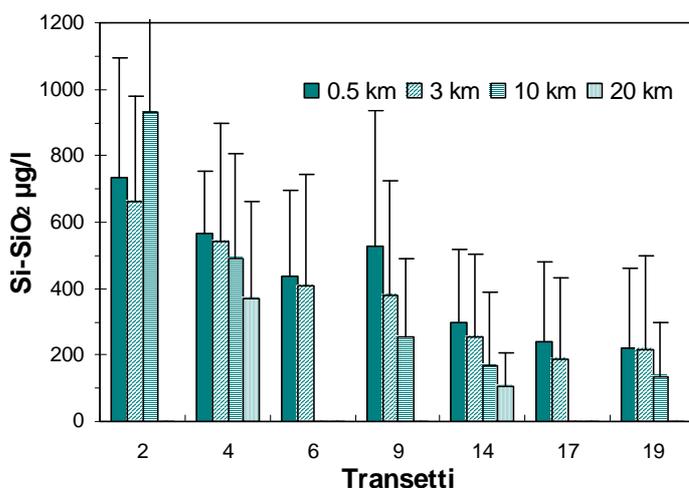


Figura 84 – Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Il valore più elevato pari a 2354.73 µg/l è stato misurato nella stazione 1002 (Lido di Volano) il 21 marzo, mentre il minimo nella stazione 1014 (Cesenatico) il 4 aprile pari a 1.69 µg/l. Nelle stazioni più settentrionali la variabilità del parametro è nettamente maggiore rispetto a quella rilevata nelle stazioni meridionali dove la quantità di silice reattiva nelle acque superficiali rimane più bassa e stabile (Figura 85).

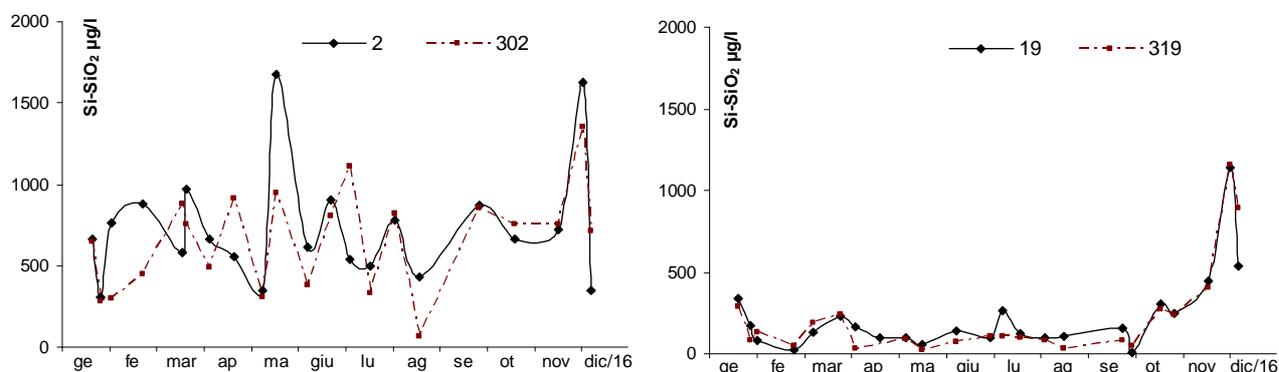


Figura 85 – Andamenti temporali della silice reattiva nelle stazioni di Lido di Volano e Cattolica a 0.5 e 3 km dalla costa

Gli andamenti temporali di Figura 85 mostrano a dicembre elevate concentrazioni della silice anche nelle stazioni meridionali con valori simili sia a 0.5 che a 3 km da costa.

L'elaborazione delle medie stagionali (Figura 86) conferma dati elevati in autunno in tutte le stazioni e, nell'area compresa tra Cesenatico e Cattolica, risultano nettamente superiori alle medie calcolate nelle altre stagioni che rimangono fra loro molto omogenee. Le stazioni settentrionali presentano sempre le concentrazioni maggiori.

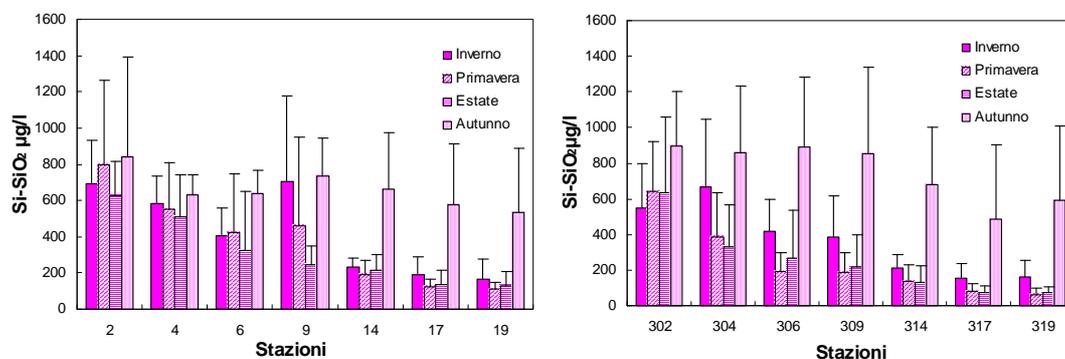


Figura 86 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le mappe in Figura 87 mostrano la distribuzione stagionale di silice reattiva nelle acque superficiali da costa fino a 10 km al largo sottolineando come le quantità elevate si rilevino in autunno lungo tutta l'area monitorata e come le zone più sensibili risultino essere sempre quelle settentrionali.

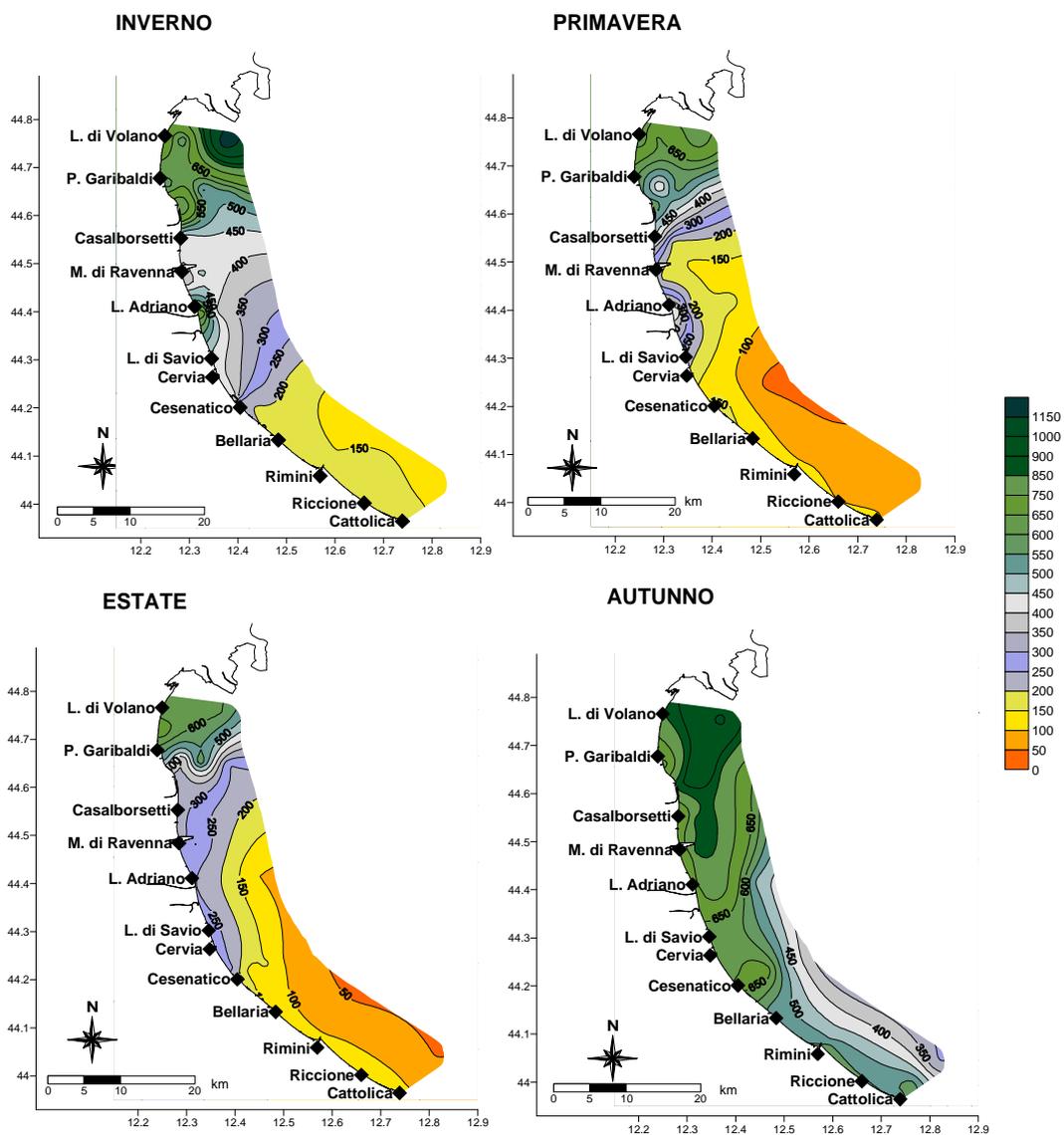


Figura 87 – Mappe di distribuzione della silice reattiva ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa fino a 10 km al largo (medie stagionali)

4.3.2.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 88) posizionate rispettivamente nella zona più settentrionale (stazioni 2 e 302 di L. di Volano), centrale (stazioni 14 e 314 di Cesenatico) e meridionale (stazioni 19 e 319 di Cattolica), evidenzia un'ampia variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica), con i minimi generalmente nel periodo estivo, soprattutto nel mese di luglio. Anche nel 2016 prevale lo stato di fosforo-limitazione con qualche eccezione durante i mesi di luglio e agosto. L'andamento variabile del rapporto N/P è sempre più marcato nelle stazioni settentrionali e tende a ridursi in quelle meridionali.

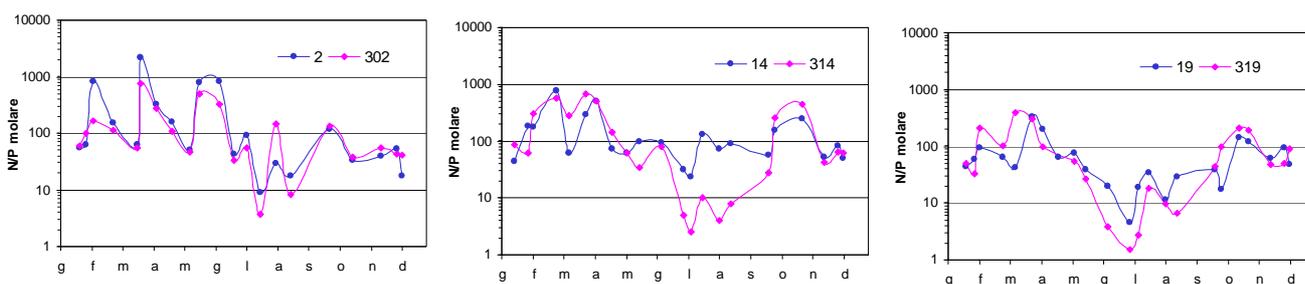


Figura 88 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per quanto riguarda il rapporto N/P si è voluto rappresentare il trend evolutivo dei valori nelle tre aree costiere considerando il lungo periodo 1982-2016. Il calcolo delle medie geometriche annuali mostra nel 2016 un aumento minimo nell'area settentrionale, mentre una tendenza alla diminuzione in quella più centro meridionale (Figura 89).

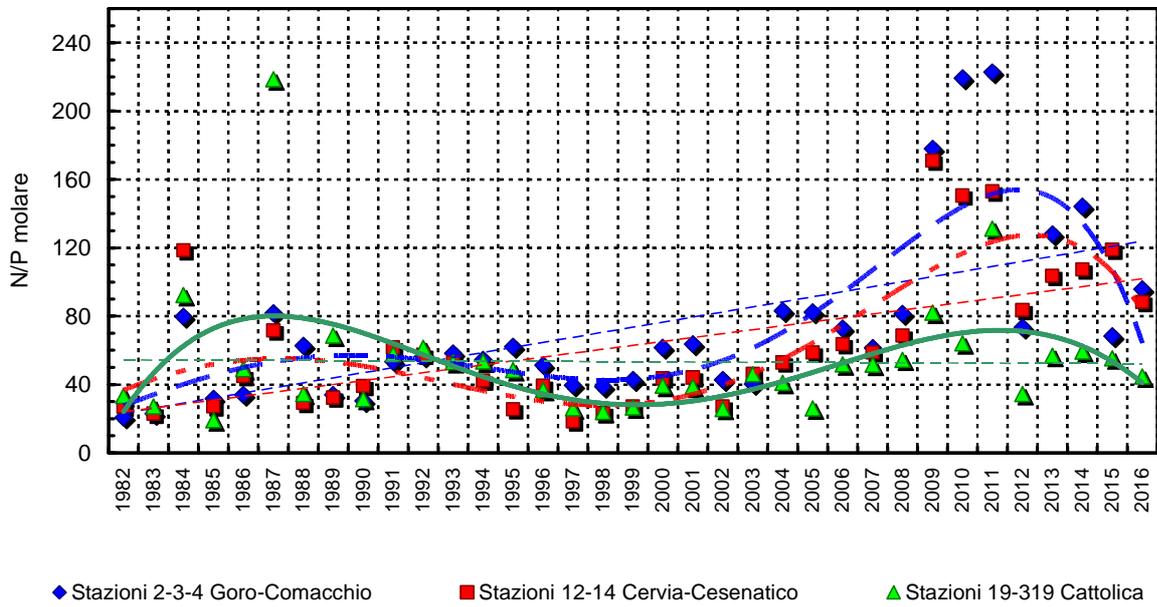


Figura 89 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2016)

4.4 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

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

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

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

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

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

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

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

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

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

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

b) Fattori nutrizionali:

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

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

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

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

Numericamente tale indice è differenziato in classi da 0 a 10 che coprono l'intero spettro di condizioni trofiche che vanno dalla oligotrofia (acque scarsamente produttive tipiche di mare

aperto), alla eutrofia (acque fortemente produttive tipiche di aree costiere eutrofizzate, acque lagunari, ecc.).

Va comunque precisato che nella quasi totalità dei casi i valori di TRIX ricavati dai dati rilevati nelle diverse aree costiere sono compresi tra 2 e 8 unità.

In definitiva l'utilizzo del TRIX risponde a tre esigenze fondamentali:

- integrare più fattori indicatori del livello di trofia ed eliminare valutazioni soggettive basate su singoli parametri;
- ridurre la complessità dei sistemi costieri consentendo di assumere un valore quantitativo;
- discriminare tra diverse situazioni spazio-temporali, rendendo possibile un confronto di tipo quantitativo.

Una più dettagliata definizione dei criteri che hanno ispirato tale approccio potrà essere acquisita nella pubblicazione:

R.A.Vollenweider, F.Giovanardi, G.Montanari, A.Rinaldi (1998) Characterization of the trofic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trofic scale, turbidity and generalized water quality index. Envirometrics Vol 9 issue 3 : 329-357.

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

L'andamento medio del TRIX nel 2016 mostra nelle stazioni a 0.5 km un netto trend di diminuzione passando da nord a sud con valori maggiori di 5. La stazione più costiera di Cattolica ha un valore uguale a 5, valore limite di classe TRIX Buono/Sufficiente indicato in Figura 90 con una linea nera. Stesso andamento si evidenzia anche per le stazioni a 3 km fino a Lido Adriano, mentre a partire da Cesenatico fino a Cattolica i valori medi rimangono inferiori al valore limite sottolineando una qualità ambientale migliore.

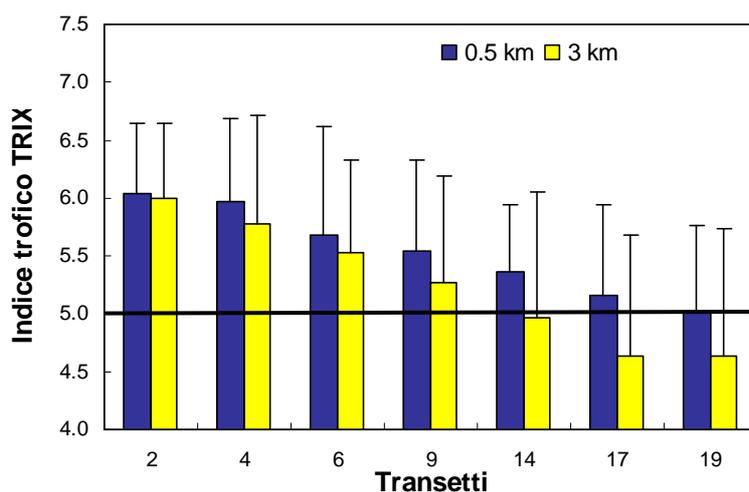


Figura 90 – Medie annuali del TRIX nel 2016 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, nel 2016 si mantiene pressoché uguale a quello calcolato nel 2015, con un valore medio annuale nelle stazioni appartenenti al corpo idrico CD1 di 5.8 e di 5.1 nelle stazioni all'interno del corpo idrico CD2 (Figura 91). Tali valori identificano per entrambi i corpi idrici una condizione ambientale che non raggiunge, anche se di poco, lo stato “Buono” e che caratterizza ambienti con acque molto produttive e livelli di eutrofia elevati, scarsa trasparenza e ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono insescare stati di sofferenza nel comparto bentonico.

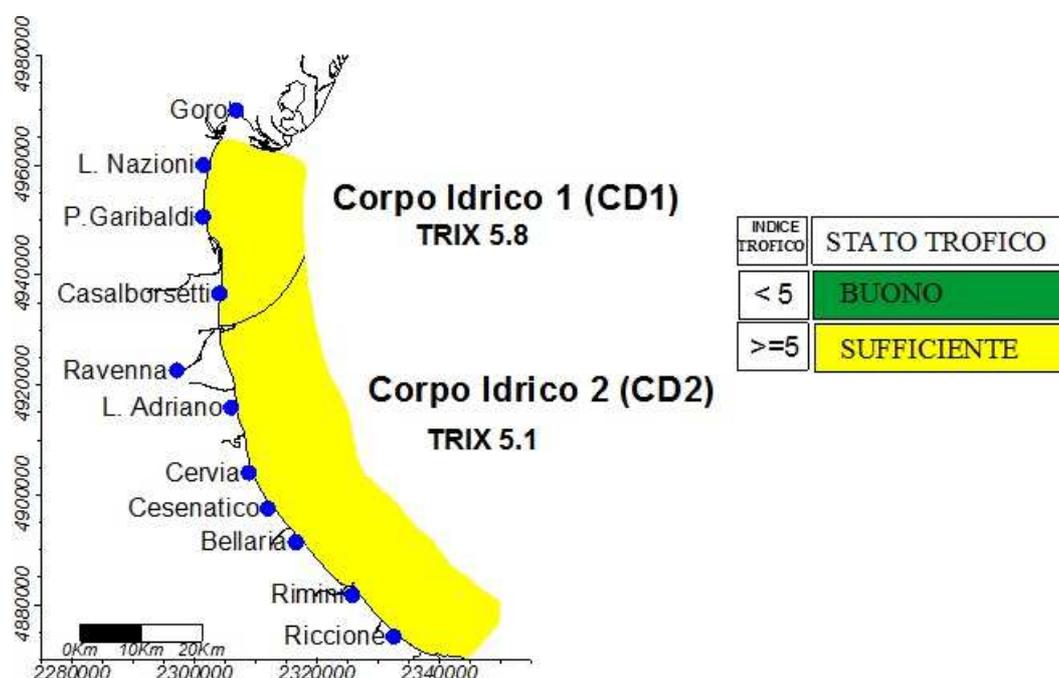


Figura 91 – Valori medi annuali 2016 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell’Indice Trofico nel periodo 1996-2016 (Figura 92) nella stazione più a sud (19) i dati confermano uno stato “Buono” anche se continua una leggera tendenza all’aumento iniziata nel 2014, come per la stazione 4 con valori medi uguali a 6 mentre si misura una lieve diminuzione nella stazione antistante Cesentico rispetto ai due anni precedenti.

Analizzando i dati medi per stagione da costa fino 10 km al largo (Figura 93) i valori di TRIX, corrispondenti ad una condizione “Sufficiente” uguali o superiori a 5, si misurano in inverno e autunno lungo tutta la costa. In primavera si evidenzia un miglioramento dello stato trofico delle acque marine che raggiunge il massimo in estate nell’area centro meridionale in concomitanza anche ai bassi apporti di acque dolci dai bacini costieri.

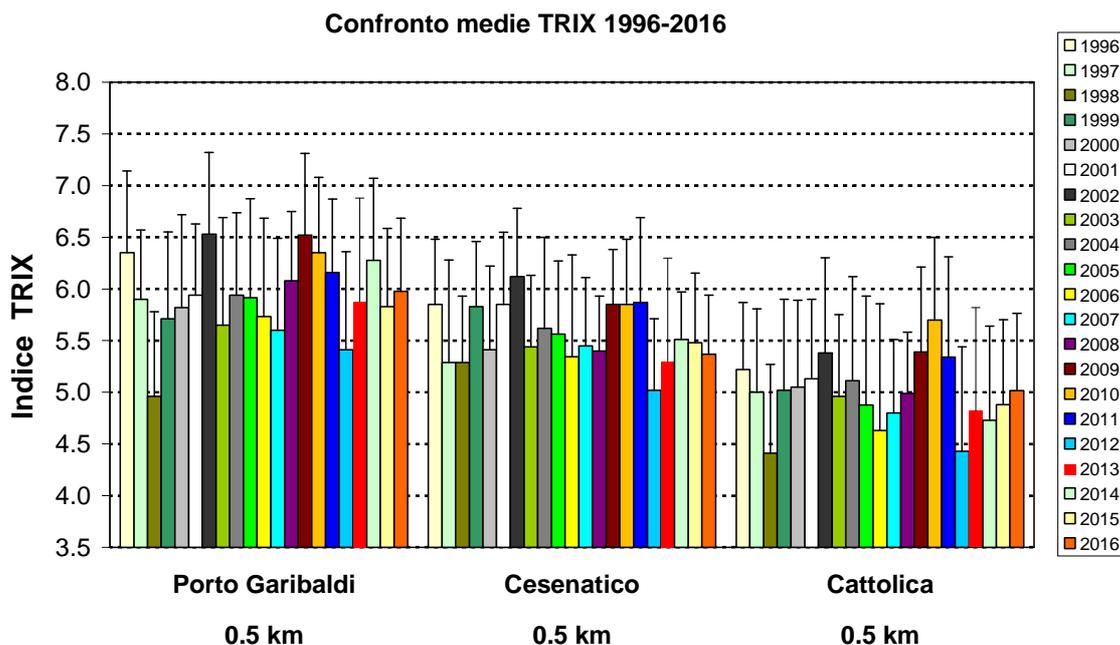


Figura 92 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2016 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

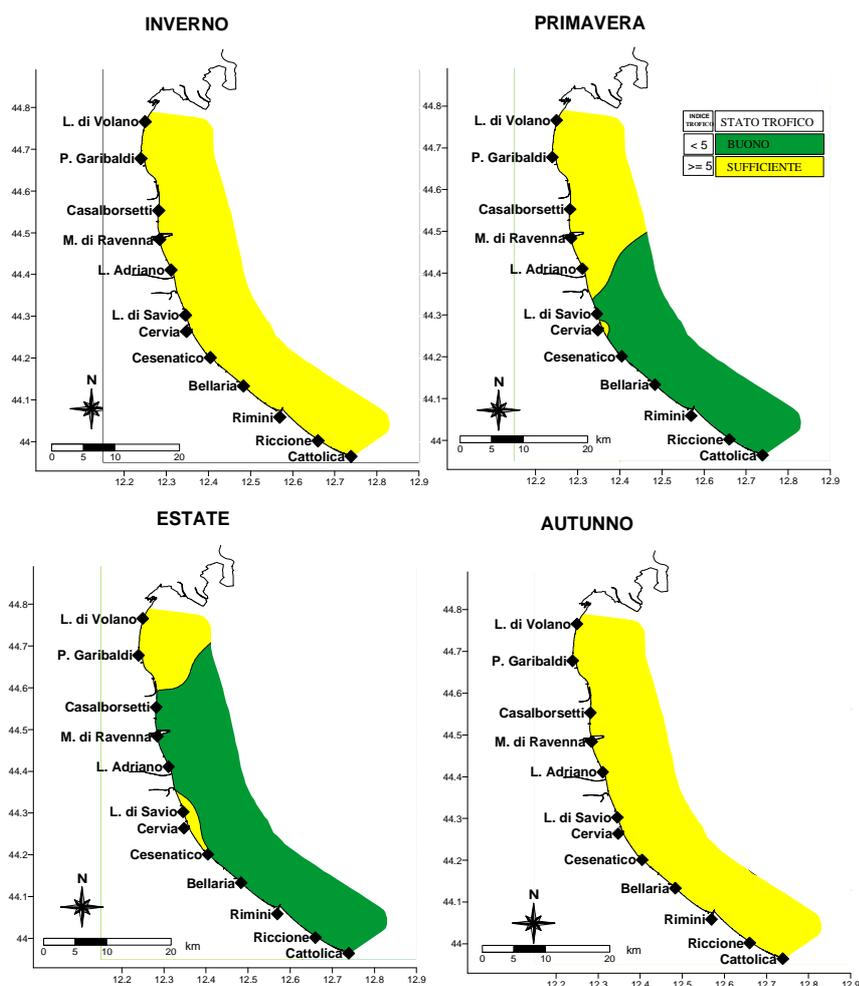


Figura 93 – Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

4.4.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In Figura 94 si sono analizzati gli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX nella stazione settentrionale (4) a confronto con quella meridionale (19).

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

Nel corso del 2016 il superamento del valore 2 appare soprattutto nella stazione di Cattolica sia in termini di frequenza del superamento che del valore raggiunto; essendo il TRBIX inverso rispetto al TRIX, valori più bassi si hanno nei periodi invernali. I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 95 attraverso l'utilizzo di uno scatter plot calcolato utilizzando i dati del TRIX verso il TRBIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km all'interno del CD1 e del CD2; il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di TRIX e TRBIX rispettivamente.

La localizzazione della combinazione dei valori all'interno di ciascun quadrante viene interpretata in base alla tabella allegata alla Figura 95.

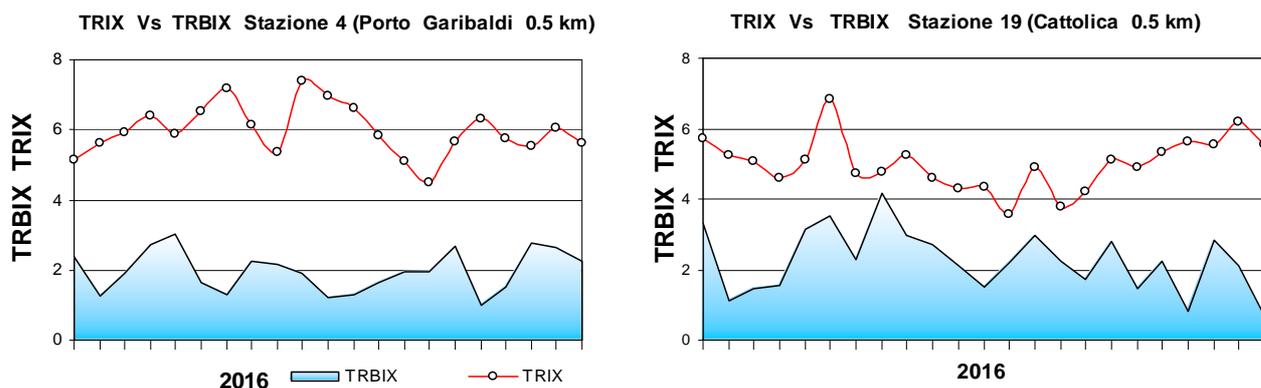
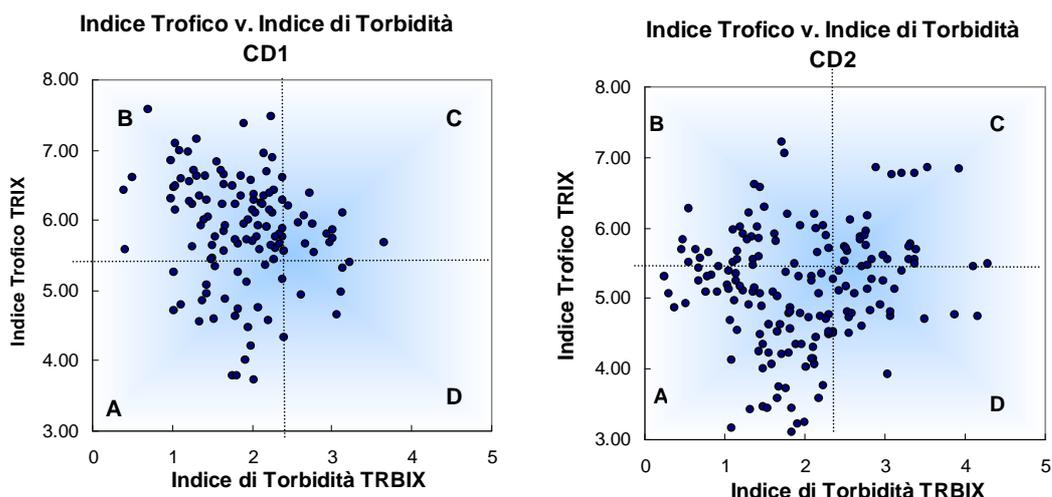


Figura 94 – Confronto tra l’andamento dell’indice trofico TRIX e l’indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

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



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



Figura 95 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBIX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione

5 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE

La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (art. 91, D.Lgs 152/06) in quanto soggetta a fenomeni di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati e riportati al Paragrafo 2.2.4 (CD1 e CD2) sono stati inizialmente identificati come corpi idrici a rischio ai quali è stato applicato il monitoraggio operativo come previsto dal DM 260/10.

L'attività di monitoraggio è finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque marino costiere; tale valutazione si basa sull'analisi di elementi che definiscono lo stato ecologico e lo stato chimico.

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello stato ecologico sono:

- Elementi di Qualità Biologica (EQB);
- Elementi idromorfologici e fisico-chimici a sostegno degli EQB;
- Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB;
- Inquinanti specifici a sostegno degli EQB (tab. 1/B, 3/B D. 260/10).

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

5.1 RETE DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs 152/06 è costituita da 23 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica a varie distanze dalla costa (da 500 m fino 5.000 m). Nella Tabella 5 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento ed in Figura 96 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio effettuata nel triennio 2014-2016 è schematizzata in Tabella 6. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello stato ecologico e dello stato chimico e la relativa frequenza di indagine.

Tabella 5 – 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,ppdddd)	Lon WGS84 (gg,ppdddd)	Distanza 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	44.387070	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	44.24327	12.19713	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	44.12812	12.24491	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	43.59029	12.44432	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 96 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino-costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06

Tabella 6 – Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio eseguita ai sensi del D.Lgs152/06: Triennio 2014-2016

		Elementi per lo stato ecologico					Elementi per lo stato chimico				
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chim.-fis.	Elementi idromorfologici e chim.-fis.	Inquinanti specifici NON appartenenti all'elenco di priorità		Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità			Test ecotossicologici
		Fitoplancton	Macrozoobenthos			Tab. 1/B DM260/10*	Tab. 3/B DM260/10	Tab. 1/A DM260/10*	Tab. 2/A DM260/10	Tab. 3/A DM260/10	
Frequenza di indagine	Quindicinale o Bimestrale**	Semestrale	Quindicinale	In continuo Semestrale	Mensile	Semestrale	Mensile	Semestrale	Annuale	Annuale	
Codice stazione di indagine	2										
	302										
	4										
	SFBC4										
	304										
	Tecno (Allevamento "Tecnopesca")										
	6	Bimestrale									
	306	Bimestrale									
	308										
	9										
	SFBC9										
	309										
	AngeCl (Piattaforma Angela 1-4 Cl)										
	14										
	SFBC14										
	314										
	Copra (Allevamento "Copralmo")										
	17	Bimestrale									
	317	Bimestrale									
	19										
SFBC19											
319											
Ass_Cattol (Allevamento "Assicurazione Prod. Cattolica")											

(*) Da giugno 2014

(**) Per il fitoplancton, nel 2016 la frequenza è mensile e non sono più campionate le stazione 6 e 306, 19 e 319.

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*

Nel 2016 i transetti della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono stati ridotti da 7 a 5 (Lido di Volano, P. Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini).

La frequenza di indagine del fitoplancton è stata mensile per tutte le stazioni (Tabella 6).

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.

L'analisi delle serie temporali del fitoplancton, della biomassa microalgale, degli elementi chimici e più in generale dei fattori trofici lungo la costa dell'Emilia-Romagna, risultante dai dati acquisiti in trenta anni di monitoraggi a frequenza settimanale, mostrano in linea di massima, una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal DM 260/10.

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

- Abbondanza (cell/l) e composizione di Diatomee;
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Dinoflagellate;
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Altro fitoplancton;

Sono inoltre segnalati, se presenti, gli eventi di fioriture di specie potenzialmente tossiche o nocive. Le analisi quantitative dei popolamenti fitoplanctonici nelle acque marine permettono di integrare il dato della clorofilla "a" per valutare la produttività primaria del sistema. Questo dato fornisce un elemento importante nella valutazione dello stato qualitativo dell'ecosistema, perché le abbondanze di fitoplancton influiscono sia sulle produttività 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 (phylum Bacillariophyta) e Dinoficee (phylum Dinophyta), all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Viene inoltre preso in considerazione sotto la voce "Altro fitoplancton" il fitoplancton marino (fitoflagellati e non) appartenente ai phyla Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa, Haptophyta, Heterokontophyta, Ochrophyta, e alcuni taxa appartenenti a Protozoa incertae sedis. L'"Altro fitoplancton" è composto principalmente da organismi appartenenti alla classe dimensionale del nano-fitoplancton (2-20µm) spesso può rappresentare una frazione elevata della

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

Il 2016 è stato caratterizzato da apporti di acque dolci (considerando le portate del Po) inferiori del 20% rispetto alla media del periodo storico. Solo i mesi di marzo e giugno hanno registrato medie superiori alla media storica. (Figura 40).

Le Diatomee, pur dominando la biomassa del micro-fitoplancton, sono risultate in diminuzione rispetto ai due anni precedenti. Analizzando gli andamenti annuali di questo gruppo nelle stazioni sottocosta (Figura 97) si nota quanto segue: sia in CD1 che in CD2 i valori sono elevati (superiori o uguali a 1×10^6 cell/l) in febbraio e marzo e da luglio a fine settembre, mentre nei restanti periodi dell'anno i valori sono inferiori. In particolare nella stazione 2 si osserva un graduale decremento delle abbondanze da luglio fino a dicembre.

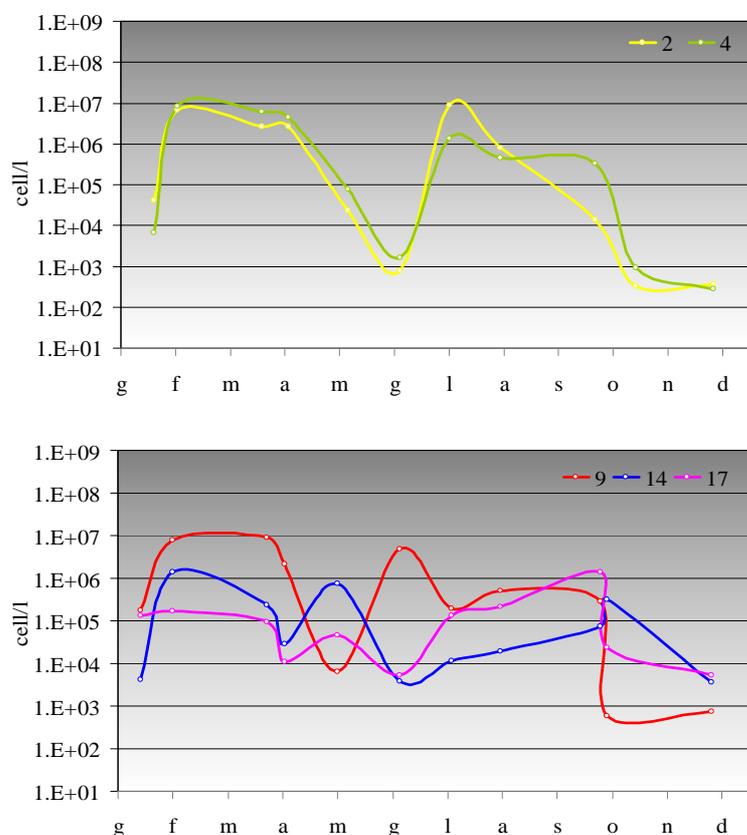


Figura 97 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

In Figura 98 si riportano le medie annuali per stazione a 0,5 km e 3 km. Le stazioni a 3 km presentano valori di poco maggiori rispetto a quelli rilevati sottocosta fatta eccezione per il transetto 9 dove la situazione si inverte.

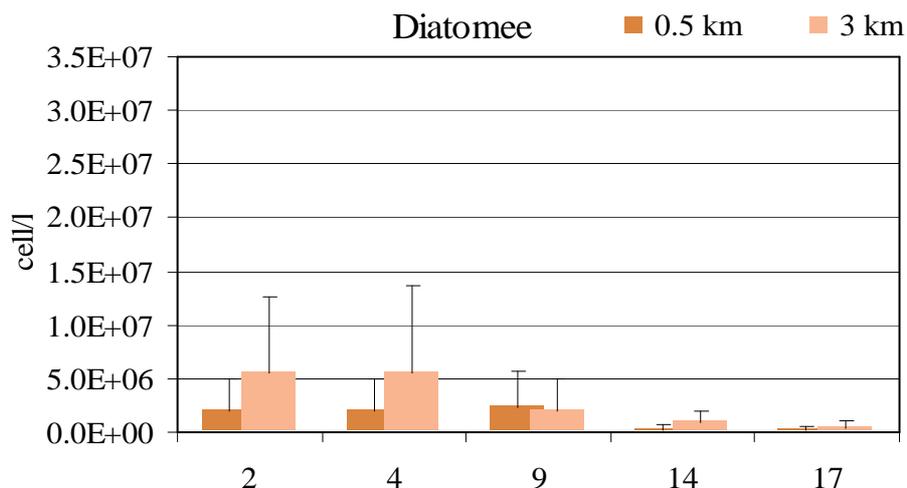


Figura 98 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 99 vengono riportate le medie stagionali per corpo idrico. CD1 presenta i valori più elevati in assoluto con i massimi in inverno e primavera.

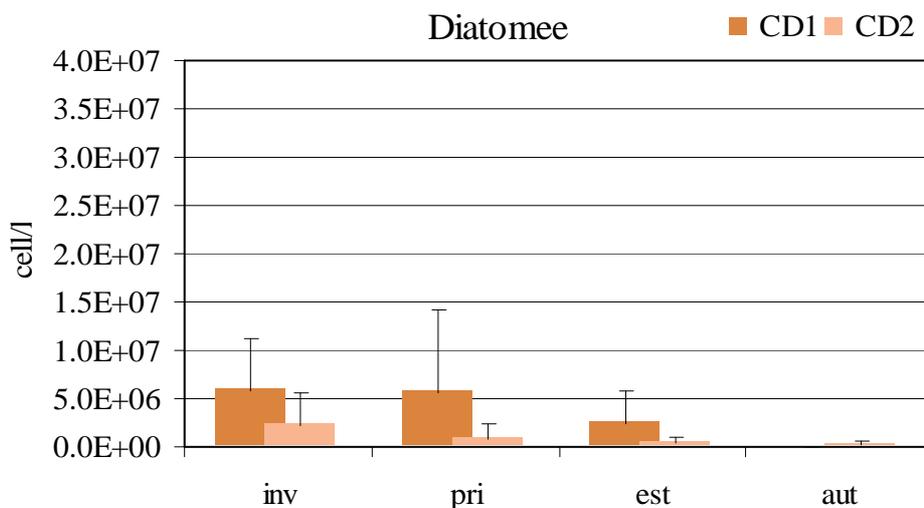


Figura 99 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

I taxa più rappresentativi in termini di frequenza di rilevamento (Figura 4) sono rispettivamente *Chaetoceros* spp., *Skeletonema* spp., *Thalassiosira* spp., *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia seriata* complex, *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex. Invece se si considera l'abbondanza media annuale i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Chaetoceros* spp., *Cerataulina Pelagica*, *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex, *Leptocylindrus minimus*, *Pseudo-nitzschia* spp., *Skeletonema* spp..

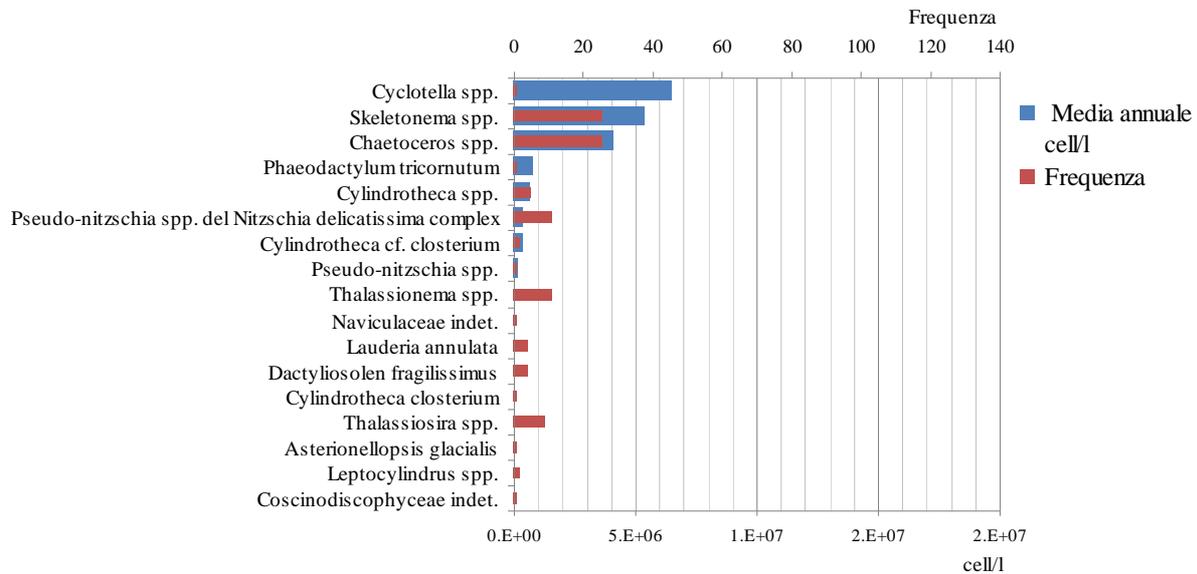


Figura 100 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze nelle stazioni sottocosta della classe delle Dinofitocce (Figura 101), i valori massimi si rilevano tra aprile e settembre.

Le Dinofitocce compongono solo 1% dell'abbondanza totale del fitoplancton e non si segnalano per l'anno in esame eventi di maree colorate consistenti e protratte nel tempo, l'unico evento di fioritura monospecifica consistente si registra il 03/08/2016 nella stazione 302 con $1,6 \times 10^6$ cell/l di cf. *Azadinium*.

In Figura 102 si riportano le medie annuali delle abbondanze nelle stazioni a 0,5 e 3 km. I valori maggiori si registrano nelle stazioni più settentrionali dell'area di monitoraggio (st. 2, st. 4).

Le medie stagionali per corpo idrico (Figura 103) sono più elevate in primavera ed estate in particolare in CD1 il dato estivo in CD1 è influenzato maggiormente dalla sporadica fioritura di cf. *Azadinium*.

Per quanto riguarda la classe delle Dinofitocce, i taxa più rappresentativi (Figura 104) in ordine di frequenza sono rispettivamente *Diplopsalis* group, *Prorocentrum micans*, *Gyrodinium* spp.. Invece, se si considera l'abbondanza media annuale, i taxa più rappresentativi sono rispettivamente cf. *Azadinium*, *Heterocapsa* spp. Gymnodiniales indet. (\emptyset inf. $20 \mu\text{m}$), *Gyrodinium* spp.

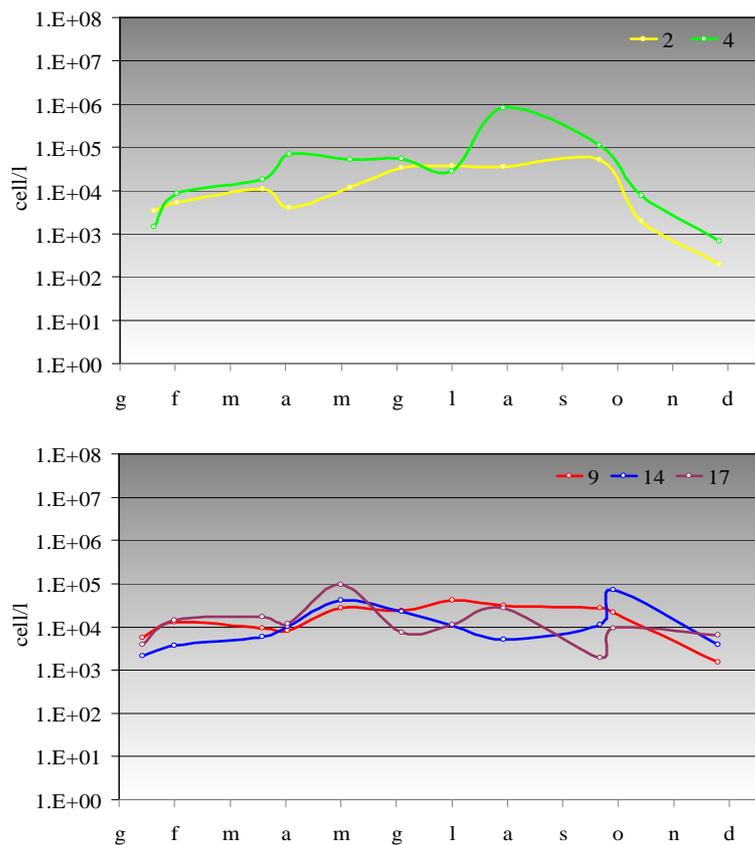


Figura 101 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni sottocosta

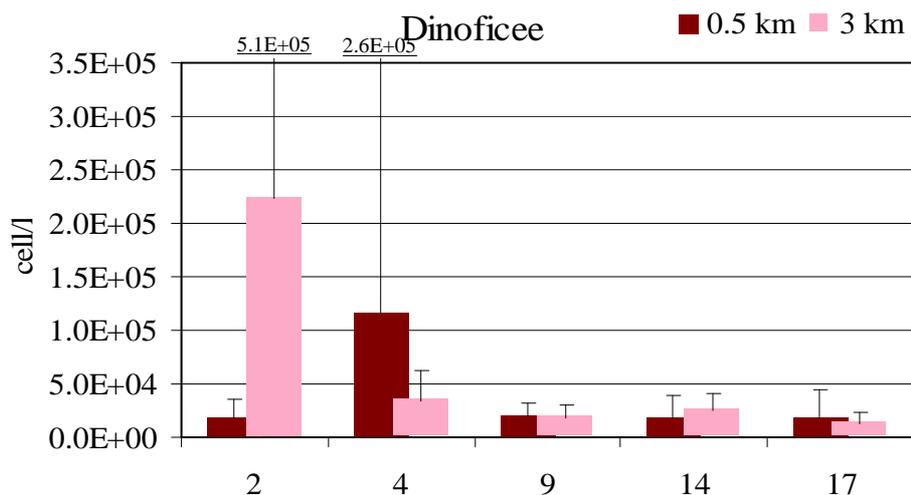


Figura 102 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni a 0.5 e 3 km

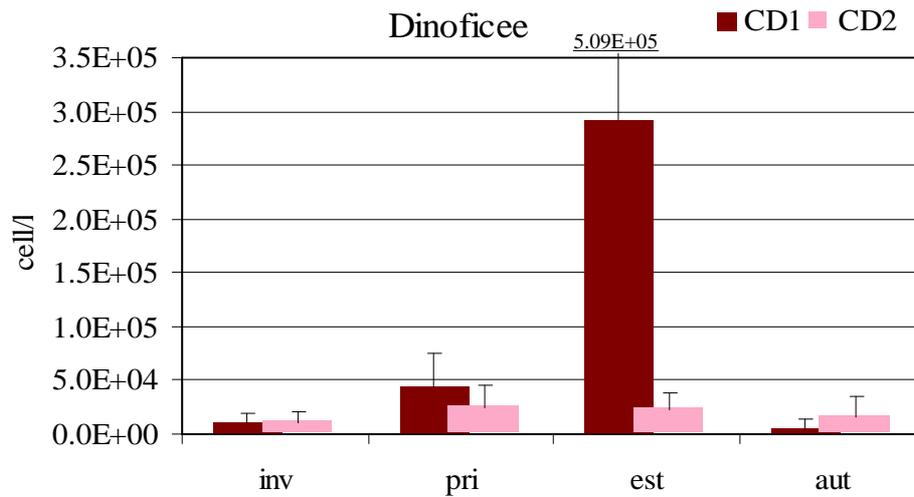


Figura 103 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinofyceae nei corpi idrici CD1 e CD2

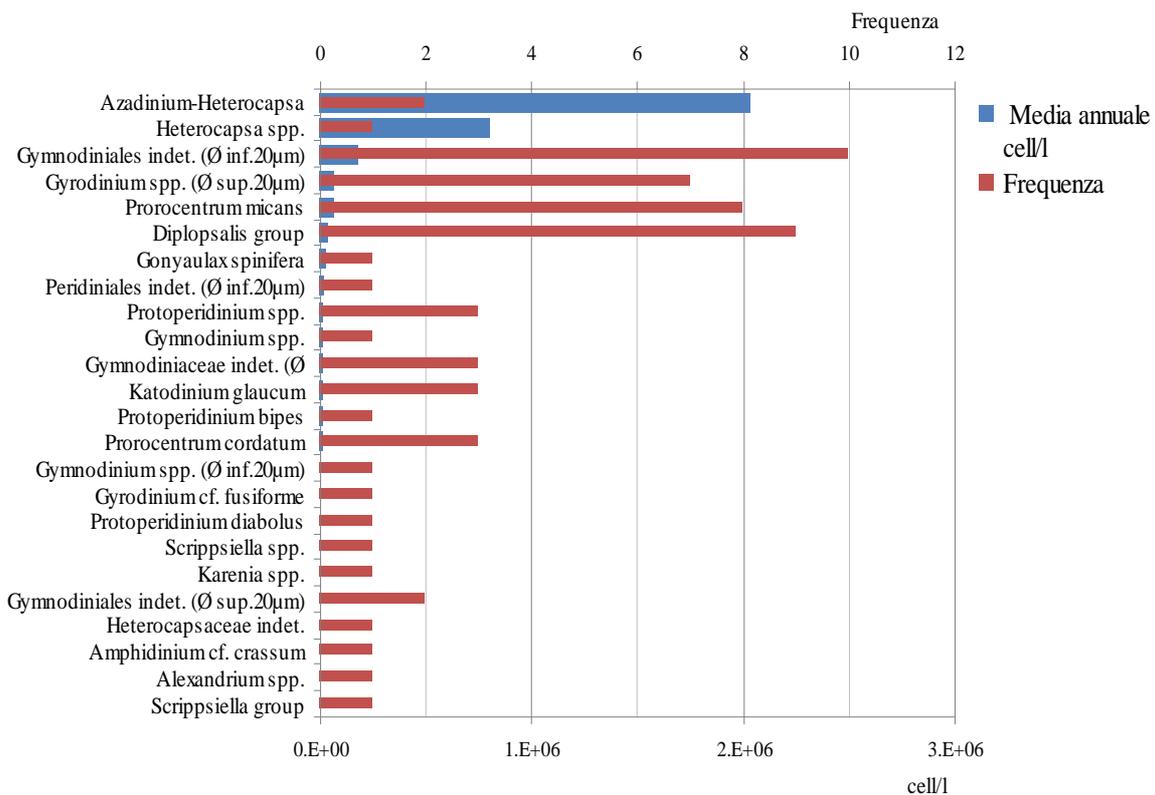


Figura 104 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinofyceae)

In Figura 105 si riportano gli andamenti delle abbondanze dell'Altro fitoplancton (in particolare fitoflagellati del nano-fitoplancton) rilevate nelle stazioni sottocosta.

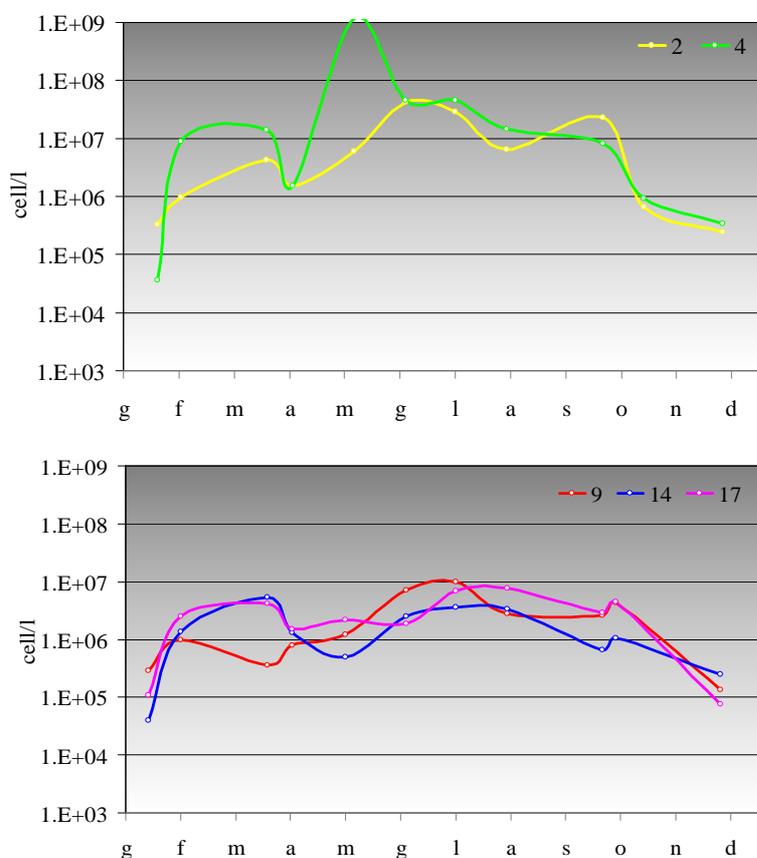


Figura 105 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Il corpo idrico CD1 risente maggiormente della presenza di questa componente fitoplanctonica. In particolare nella stazione 4 si registrano abbondanze consistenti ($>1.0 \times 10^7$ cell/l) da febbraio ad agosto.

Le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km (Figura 106) evidenziano un gradiente negativo da nord a sud con l'unica eccezione delle stazioni 4 e 309. La stazione 4 si discosta in maniera marcata dalle altre registrando il valore medio annuale più alto.

Analizzando le abbondanze stagionali (Figura 107) si osserva come questo gruppo sia prevalente in primavera ed in estate in CD1; al contrario il corpo idrico CD2 è caratterizzato da variazioni stagionali meno marcate e abbondanze inferiori.

Il valore elevato della media annuale della stazione 4 (Figura 106) e della media primaverile del CD1 (Figura 107) corrisponde ad un episodio eccezionale di fioritura di Chlorophyceae indet. registrato il 09/05/2016 con 1.15×10^9 cell/l. La fioritura ha comportato la colorazione verde dell'acqua con conseguente diminuzione della trasparenza (0.8 m).

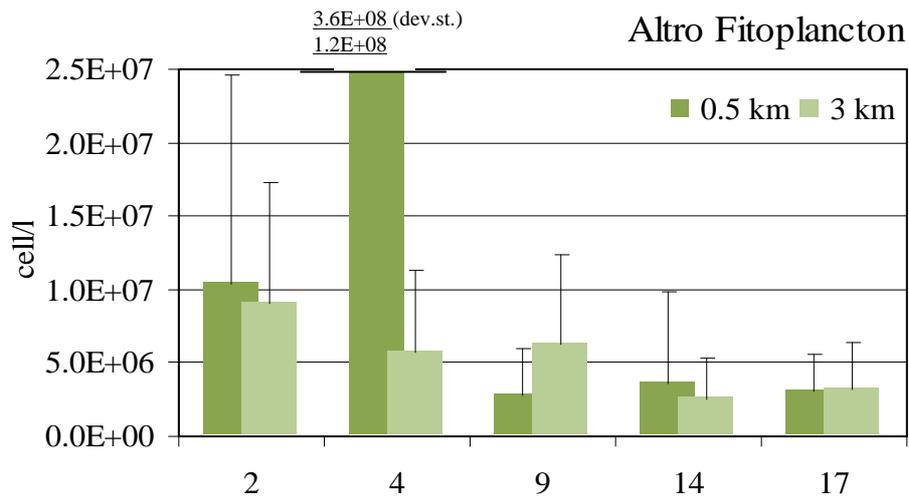


Figura 106 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

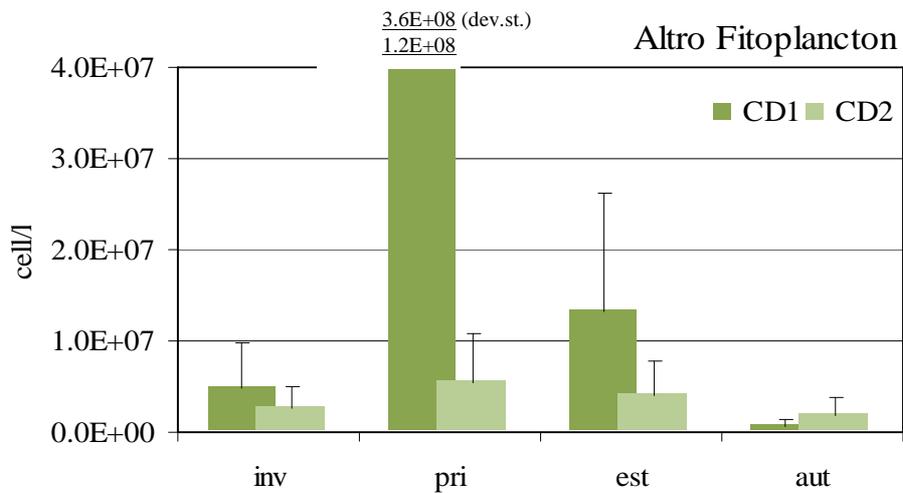


Figura 107 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

In Tabella 7 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti e in **Tabella 8** la lista di tutti i taxa identificati.

Tabella 7 – Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2016

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyceae	<i>Bacillariaceae</i> <i>indet.</i>	Ehrenberg, 1831
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp. (\emptyset inf.20 μ m)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp. (\emptyset sup.20 μ m)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Naviculaceae</i> <i>indet.</i>	Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	Bohlin, 1897
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschowsky, 1902
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Amphidinium crassum</i>	Lohmann, 1908
Dinophyceae	cf. <i>Azadinium</i>	
Dinophyceae	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyceae	<i>Gymnodiniaceae</i> <i>indet.</i> (\emptyset inf.20 μ m)	Lankester, 1885
Dinophyceae	<i>Gymnodiniales</i> <i>indet.</i> (\emptyset inf.20 μ m)	Apstein, 1909
Dinophyceae	<i>Gymnodiniales</i> <i>indet.</i> (\emptyset sup.20 μ m)	Apstein, 1909
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp. (\emptyset inf.20 μ m)	Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> cf. <i>fusiforme</i>	Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp. (\emptyset sup.20 μ m)	Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Heterocapsaceae</i> <i>indet.</i>	R.A.Fensome, F.J.R.Taylor, G.Norris, W.A.S.Sarjeant, D.I.Wharton, & G.L.Williams 1980
Dinophyceae	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinophyceae	<i>Peridinales</i> <i>indet.</i> (\emptyset inf.20 μ m)	Haeckel, 1894
Dinophyceae	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Protoberidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protoberidinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protoberidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> group*	
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965

Tabella 8 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2016

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyceae	<i>Amphiprora</i> spp.	Ehrenberg, 1843
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyceae	<i>Asteromphalus flabellatus</i>	(Brébisson) Greville, 1859
Bacillariophyceae	<i>Asteromphalus heptactis</i>	(Brébisson) Ralfs in Pritchard, 1861
Bacillariophyceae	<i>Asteromphalus</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira</i> cf. <i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira</i> spp.	Thwaites, 1848
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria paxillifera</i>	(O.F. Müller) T. Marsson, 1901
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria</i> spp.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyceae	<i>Bacillariaceae</i> indet.	Ehrenberg, 1831
Bacillariophyceae	<i>Bacillariales</i> indet.	Hendey
Bacillariophyceae	<i>Bacteriastrum</i> cf. <i>elegans</i>	Pavillard
Bacillariophyceae	<i>Bacteriastrum furcatum</i>	Shadbolt, 1854
Bacillariophyceae	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina</i> spp.	H.Peragallo ex F.Schütt, 1896
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>affinis</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>brevis</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>debilis</i>	Cleve 1894
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros densus</i>	Cleve, 1899
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	Brightwell, 1856
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp. (\emptyset inf.20 μ m)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp. (\emptyset sup.20 μ m)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros teres</i>	Cleve in Aurivillius, 1896
Bacillariophyceae	<i>Cocconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyceae	<i>Coscinodiscus granii</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brébisson, 1838
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca</i> cf. <i>fusiformis</i>	Reimann & J.C.Lewin
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen blavyanus</i>	(H.Peragallo) Hasle, 1975
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen</i> spp.	Castracane, 1886
Bacillariophyceae	<i>Diatoma</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1824
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Bacillariophyceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyceae	<i>Entomoneis</i> spp.	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyceae	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Bacillariophyceae	<i>Eucampia</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Eucampia zodiacus</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria</i> spp.	Lyngbye, 1819
Bacillariophyceae	<i>Fragilariaceae</i> indet.	Greville, 1833
Bacillariophyceae	<i>Guinardia delicatula</i>	(Cleve) Hasle, 1997
Bacillariophyceae	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Bacillariophyceae	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Haslea</i> spp.	Simonsen, 1974
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus</i> spp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Lauderia borealis</i>	Gran, 1900
Bacillariophyceae	<i>Lauderia</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Licmophora</i> spp.	C. Agardh, 1827
Bacillariophyceae	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Lioloma</i> spp.	Hasle, 1997
Bacillariophyceae	<i>Melosira moniliformis</i>	(O. F. Müller) C. Agardh, 18247
Bacillariophyceae	<i>Melosira</i> spp.	C. Agardh, 1824
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyceae	<i>Naviculaceae</i> indet.	Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Naviculales</i> indet.	Bessey
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigma</i>	W.Smith, 1853
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Bacillariophyceae	<i>Odontella</i> spp.	C.Agardh, 1832
Bacillariophyceae	<i>Paralia</i> spp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	Bohlin, 1897
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma elongatum</i>	W. Smith, 1852
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> spp.	W. Smith, 1852
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigmataceae</i> indet.	Mereschowsky, 1903
Bacillariophyceae	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano, 1995
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	H.Peragallo, 1900
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyceae	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Brightwell, 1858
Bacillariophyceae	<i>Rhizosoleniaceae</i> indet.	De Toni, 1890
Bacillariophyceae	<i>Scoliopleura</i> spp.	A.Grunow, 1860
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyceae	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyceae	<i>Tabellaria</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira gravida</i>	Cleve, 1896
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira rotula</i>	Meunier, 1910
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Ulnaria ulna</i>	(Nitzsch) P.Compère, 2001
Bacillariophyceae incertae sedis	<i>Bacterosira</i> spp.	Gran, 1900
Chlorophyceae	<i>Ankyra</i> spp.	Ankyra Fott, 1957
Chlorophyceae	<i>Coelastrum reticulatum</i>	(P.A. Dangeard) Senn, 1899

Phylum	Taxon	Autore
Chlorophyceae	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Chlorophyceae	<i>Desmodesmus</i> cf. <i>armatus</i>	(Chodat) E.Hegewald 2000
Chlorophyceae	<i>Desmodesmus</i> spp.	(Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium</i> spp.	Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyceae	<i>Scenedesmaceae</i> indet.	Oltmanns, 1904
Chlorophyceae	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	(Turpin) Brebisson, 1835
Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i> spp.	Meyen, 1829
Chlorophyceae	<i>Selenastraceae</i> indet.	Blackman & Tansley 1903
Chlorophyceae	<i>Selenastrum</i> spp.	Reinsch, 1867
Chlorophyceae	<i>Volvocales</i> indet.	(vuoto)
Coccolithophyceae	<i>Chrysochromulina</i> cf. <i>lanceolata</i>	Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Coccolithophyceae	<i>Chrysochromulina parkeae</i>	J.C.Green & Leadbeater, 1972
Coccolithophyceae	<i>Chrysochromulina</i> spp.	Lackey, 1939
Coccolithophyceae	<i>Prymnesiales</i> indet.	Papenfuss 1955
Conjugatophyceae	<i>Closterium</i> spp.	Nitzsch ex Ralfs, 1848
Cryptophyceae	<i>Cryptomonadales</i> indet. (\emptyset inf.20 μ m)	Pringsheim, 1944
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Cyanophyceae	<i>Merismopedia</i> spp.	Meyen, 1839
Cyanophyceae	<i>Nostocales</i> indet.	Cavalier-Smith 2002
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> spp.	Vaucher ex Gomont, 1892
Cyanophyceae	<i>Oscillatoriales</i> indet.	Cavalier-Smith 2002
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha crux</i>	Ehrenberg 1840
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1839
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Dictyochophyceae	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Dictyochophyceae	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012
Dinophyceae	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinophyceae	<i>Alexandrium insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinophyceae	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Amphidinium crassum</i>	Lohmann, 1908
Dinophyceae	<i>Amphidinium</i> spp.	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Azadinium caudatum</i>	(Halldal) Nézan & Chomérat, 2012
Dinophyceae	<i>Azadinium</i> spp.	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinophyceae	cf. <i>Azadinium</i>	
Dinophyceae	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>	Ehrenberg, 1873
Dinophyceae	<i>Blepharocysta</i> spp.	Ehrenberg, 1873
Dinophyceae	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>massiliense</i>	(Gourret) Karsten, 1906
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>pentagonum</i>	Gourret, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium extensum</i>	(Gourret) Cleve-Euler, 1900
Dinophyceae	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841

Phylum	Taxon	Autore
Dinophyceae	<i>Ceratium kofoidii</i>	Jørgensen, 1911
Dinophyceae	<i>Ceratium lineatum</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1899
Dinophyceae	<i>Ceratium spp.</i>	Schrank, 1793
Dinophyceae	<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyceae	<i>Ceratoperidinium falcatum</i>	(Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas, 2013
Dinophyceae	<i>Cochlodinium spp.</i>	Schütt, 1896
Dinophyceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Dinophysis cf. ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyceae	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyceae	<i>Dinophysis rotundata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Dinophysis spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Dinophyceae	<i>Diplopsalis group</i>	Dodge, 1985
Dinophyceae	<i>Glenodinium spp.</i>	Ehrenberg, 1836
Dinophyceae	<i>Gonyaulacaceae indet.</i>	Lindemann, 1928
Dinophyceae	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinophyceae	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spp.</i>	Diesing, 1866
Dinophyceae	<i>Gymnodiniaceae indet. (Ø inf.20µm)</i>	Lankester, 1885
Dinophyceae	<i>Gymnodiniaceae indet. (Ø sup.20µm)</i>	Lankester, 1885
Dinophyceae	<i>Gymnodiniales indet. (Ø inf.20µm)</i>	Apstein, 1909
Dinophyceae	<i>Gymnodiniales indet. (Ø sup.20µm)</i>	Apstein, 1909
Dinophyceae	<i>Gymnodinium cf. impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup
Dinophyceae	<i>Gymnodinium spp. (Ø inf.20µm)</i>	Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Gymnodinium spp. (Ø sup.20µm)</i>	Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium lachryma</i>	(Meunier) Kofoid & Swezy 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium spirale</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium spp. (Ø inf.20µm)</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Gyrodinium spp. (Ø sup.20µm)</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Heterocapsa niei</i>	(Loeblich III) Morrill & Loeblich III, 1981
Dinophyceae	<i>Heterocapsa spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Heterocapsaceae indet.</i>	(vuoto)
Dinophyceae	<i>Karenia papilionacea</i>	A.J.Haywood & K.A.Steidinger in Haywood, 2004
Dinophyceae	<i>Karenia spp.</i>	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyceae	<i>Kareniaceae indet.</i>	Bergholtz, Daugbjerg, Moestrup & Fernández, 2005
Dinophyceae	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinophyceae	<i>Katodinium spp.</i>	B.Fott, 1957
Dinophyceae	<i>Kofoidinium spp.</i>	Pavillard, 1929
Dinophyceae	<i>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinophyceae	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyceae	<i>Mesoporos perforatus</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyceae	<i>Mesoporos spp.</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyceae	<i>Micracanthodinium claytonii</i>	(R.W.Holmes) Dodge 1982
Dinophyceae	<i>Micracanthodinium setiferum</i>	(Lohmann) Deflandre, 1937

Phylum	Taxon	Autore
Dinophyceae	<i>Micracanthodinium spp.</i>	Deflandre, 1937
Dinophyceae	<i>Nematodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Nematodinium torpedo</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Noctilucales indet</i>	Haeckel
Dinophyceae	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyceae	<i>Oblea spp.</i>	Balech ex Loeblich jr. & Loeblich III, 1966
Dinophyceae	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Schiller, 1937
Dinophyceae	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyceae	<i>Oxytoxum cf. gladiolus</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Oxytoxum cf. longum</i>	Schiller 1937
Dinophyceae	<i>Oxytoxum cf. parvum</i>	Schiller 1937
Dinophyceae	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller
Dinophyceae	<i>Oxytoxum milneri</i>	Murray & Whitting, 1899
Dinophyceae	<i>Oxytoxum spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Peridiniaceae indet. (Ø inf.20µm)</i>	Ehrenberg, 1831
Dinophyceae	<i>Peridiniaceae indet. (Ø sup.20µm)</i>	Ehrenberg, 1831
Dinophyceae	<i>Peridinales indet. (Ø inf.20µm)</i>	Haeckel, 1894
Dinophyceae	<i>Peridinales indet. (Ø sup.20µm)</i>	Haeckel, 1894
Dinophyceae	<i>Peridiniella spp.</i>	Kofoid & Michener, 1911
Dinophyceae	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinophyceae	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Kofoid) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, 2011
Dinophyceae	<i>Phalacroma rotundatum</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinophyceae	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Podolampas spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Polykrikos kofoidii</i>	Chatton, 1914
Dinophyceae	<i>Polykrikos spp.</i>	Bütshli, 1873
Dinophyceae	<i>Preperidinium cf. meunieri</i>	(Pavillard) Elbrächter 1993
Dinophyceae	<i>Preperidinium spp.</i>	Mangin, 1913
Dinophyceae	<i>Pronoctiluca spp.</i>	Fabre Domergue, 1889
Dinophyceae	<i>Prorocentraceae indet.</i>	F.Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Prorocentrum cf. balticum</i>	(Lohmann) Loeblich, 1970
Dinophyceae	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinophyceae	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinophyceae	<i>Prorocentrum dactylus</i>	(Stein) Dodge, 1975
Dinophyceae	<i>Prorocentrum gracile</i>	Schütt, 1895
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyceae	<i>Prorocentrum spp.</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyceae	<i>Protoceratium reticulatum</i>	(Claparède & Lachmann) Bütschli 1885
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium bispinum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium brochi</i>	(Kofoid & Swezy) Balech,
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium cf. crassipes</i>	(Kofoid) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium cf. excentricum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium cf. globulus</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium cf. granii</i>	(Dangeard) Balech
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium cf. leonis</i>	(Pavillard) Balech 1974

Phylum	Taxon	Autore
Dinophyceae	<i>Protooperidinium cf. ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium cf. quarnerense</i>	(B.Schröder) Balech 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium cf. subinermis</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinophyceae	<i>Protooperidinium claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium oblongum</i>	(Aurivillius) Parke & Dodge, 1976
Dinophyceae	<i>Protooperidinium oceanicum</i>	(VanHöffen) balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyceae	<i>Protooperidinium pyriforme</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium quinquecorne</i>	(Abé) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium spp.</i>	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Protooperidinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protooperidinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Pseliodinium vaubanii</i>	Sournia 1972
Dinophyceae	<i>Pyrocystis lunula</i>	(J. Schütt) J. Schütt, 1896
Dinophyceae	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Scrippsiella acuminata</i>	(Ehrenberg) Kretschmann & Gottschling, 2015
Dinophyceae	<i>Scrippsiella group</i>	
Dinophyceae	<i>Scrippsiella spinifera</i>	G.Honsell & M.Cabrini, 1991
Dinophyceae	<i>Scrippsiella spp.</i>	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyceae	<i>Spatulodinium pseudonoctiluca</i>	(Pouchet) J.Cachon & M.Cachon, 1968
Dinophyceae	<i>Spatulodinium spp.</i>	J. Cachon & M. Cachon, 1976
Dinophyceae	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Torodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Tripos pentagonus</i>	(Gourret) F.Gómez 2013
Dinophyceae	<i>Warnowia spp.</i>	Lindemann in Engler & Prantl, 1928
Ebriophyceae	<i>Ebria spp.</i>	Borgert, 1861
Ebriophyceae	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Ebriophyceae	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Euglenophyceae	<i>Euglena spp.</i>	Ehrenberg, 1830
Euglenophyceae	<i>Euglenales indet.</i>	Bütschli, 1884
Euglenophyceae	<i>Eutreptiaceae indet.</i>	Hollande, 1942
Euglenophyceae	<i>Eutreptiella spp.</i>	A. da Cunha, 1914
Noctilucofycycae	<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Noctilucofycycae	<i>Scaphodinium mirabile</i>	Margalef 1963
Pyramimonadophyceae	<i>Pterosperma cristatum</i>	Schiller, 1925
Raphidophyceae	<i>Chattonella spp.</i>	B. Biecheler, 1936
Raphidophyceae	<i>Raphidophyceae indet.</i>	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Trebouxiophyceae	<i>Actinastrum spp.</i>	Lagerheim, 1882
Trebouxiophyceae	<i>Micractinium spp.</i>	Fresenius

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 Côtiers*).

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 5).

La frequenza di campionamento è semestrale: maggio e novembre (vedi Tabella 6).

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

Phylum	SFBC4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	304	309	314	319
Anellida	24	21	26	35	32	36	27	48
Arthropoda	10	9	15	15	13	12	12	15
Cnidaria	3	0	2	2	1	1	0	1
Echinoderma	0	1	2	2	5	1	3	5
Mollusca	19	20	25	27	21	22	25	20
Phoronida	1	0	1	0	1	0	0	0
Sipuncula	1	0	1	1	1	0	1	1
Totale	58	51	72	82	74	72	68	90

Tabella 10 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	B14	B19	B4	B9	
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X	
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)		X			
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)		X			
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869				X	
		<i>Notomastus latericeus</i>	Sars, 1851				X	
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone sp.</i>	Malmgren, 1867	X			X	
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)			X	X	
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X	X	X	X	
		<i>Stylarioides grubei</i>	Salazar-Vallejo, 2011			X	X	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)				X	
		<i>Glycera fallax</i>	Quatrefages, 1850			X		
	LUMBRINERIDAE	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)			X		
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834			X		
	MAGELONIDAE	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X	X	X	X	
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962	X	X	X	X	
		<i>Magelona sp.</i>	F. Müller, 1858			X	X	
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863				X	
		<i>Leiochone sp.</i>	Grube, 1868			X	X	
		<i>Praxillella affinis</i>	M. Sars in G.O. Sars, 1872	X	X		X	
		<i>Praxillella sp.</i>	Verrill, 1881	X				
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-Lund, 1949)	X	X	X	X	
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	X	X	X	X	
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X	X	X	X	
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	
	NEREIDIDAE	<i>Nereis falsa</i>	Quatrefages, 1866			X		
		<i>Nereis zonata</i>	Malmgren, 1867			X		
	ONUPHIDAE	<i>Aponuphis bilineata</i>	(Baird, 1870)	X	X			
		<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	
		<i>Hyalinoecia fauveli</i>	Rioja, 1918	X	X			
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X			
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822	X	X		X	
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X	
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	
		<i>Aricidea sp.</i>	Webster, 1879	X		X	X	
		<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865	X	X	X	X	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Phyllococe lineata</i>	(Claparède, 1870)			X		
	PILARGIDAE	<i>Pilargis verrucosa</i>	Saint Joseph, 1899			X	X	
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904			X		
	SABELLIDAE	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007	X	X			
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832	X	X			
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)	X	X	X		
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926	X	X	X	X	
		<i>Sireblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879			X		
	SYLLIDAE	<i>Syllidae indet.</i>	Grube, 1850	X			X	
	ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)	X	X		

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	B14	B19	B4	B9
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa,1853	X	X	X	X
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)	X	X		
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes spinosus</i>	(M. Sars, 1858)		X		
		<i>Apseudopsis elisae</i>	(Bacescu, 1961)	X	X		
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe sp.</i>		X	X	X	X
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer,1844)	X	X	X	X
	CORYSTOIDEA	<i>Corystes cassivelaunus</i>	(Pennant,1777)				X
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux,1829)	X	X		
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867	X	X	X	X
	LEUCOTHOIDAE	<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)		X		
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)	X	X	X	X
	OEDICEROTIDAE	<i>Pericolodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	X	X	X	X
		<i>Pontocrates altamarinus</i>	(Bate & Westwood, 1862)	X	X	X	
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)	X	X		
	PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)	X			X
PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso,1816)	X		X		
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X	X	X	
CNIDARIA	ACTINARIA	<i>Anthozoa indet.</i>		X	X	X	
	EDWARDSIIDAE	<i>Edwardsia claparedii</i>	Panceri, 1869			X	
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch,1838)	X	X	X	
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes,1843	X	X		X
		<i>Amphiura filiformis</i>	O.F.Muller,1776	X	X		
MOLLUSCA	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	X	X	X	X
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X
	CALYPTRAEIDAE	<i>Calyptraea chinensis</i>	(Linné, 1758)		X		
		<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X
	CORBULIDAE	<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)	X	X	X	X
		<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		X		
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	X	X	X	
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)	X			X
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	X	X	X	X
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	X	X	X	X
	MURICIDAE	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)		X		
		<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X		X	X
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X	X		
	NATICIDAE	<i>Euspira nitida</i>	(Donovan, 1804)		X		
		<i>Neverita josephina</i>	Risso, 1826		X		
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X
	PERIPLOMATIDAE	<i>Cochlodesma praetenue</i>	(Pulteney, 1799)	X			
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)		X	X	X
		<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X	X		X
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)		X		
	TELLINIDAE	<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)	X	X	X	X
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X
		<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)			X	
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	
	THYASIRIDAE	<i>Thyasira biplicata</i>	Philippi, 1836	X			
		<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
<i>Dosinia lupinus</i>		(Linné, 1758)	X	X		X	
<i>Pitar rudis</i>		(Poli, 1795)	X	X			
<i>Politapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)	X	X	X	X	
<i>Politapes aureus</i>		(Gmelin, 1791)		X			
<i>Ruditapes philippinarum</i>		(Adams & Reeve, 1850)				X	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X			
SIPUNCULA	ASPIDOSIPHONIDAE	<i>Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri</i>	Diesing, 1851	X	X	X	

Tabella 11 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	314	319	304	309
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete lindstroemi</i>	Malmgren, 1867			X	
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)	X	X	X	X
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)		X		X
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869	X	X		X
		<i>Notomastus latericeus</i>	Sars, 1851		X		
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964		X		
	CIRRATULIDAE	<i>Cauleriella sp.</i>	Chamberlin, 1919			X	
		<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994			X	
		<i>Chaetozone sp.</i>	malmgren, 1867			X	
	EUNICIDAE	<i>Monicellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)		X		
		<i>Marphysa bellii</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)		X		
	FLABELLIGERIDAE	<i>Marphysa sanguinea</i>	(Montagu, 1815)		X		
		<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)	X	X	X	
	GLYCERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X	X	X	X
		<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)	X	X	X	X
		<i>Glycera fallax</i>	Quatrefages, 1850	X	X		X
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833		X		
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861		X		
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818		X		X
	LUMBRINERIDAE	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)		X		X
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834	X	X		X
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958		X		
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X	X	X	X
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962			X	
	MALDANIDAE	<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865		X		
		<i>Praxillella affinis</i>	M. Sars in G.O. Sars, 1872				X
		<i>Praxillella sp.</i>	Verril, 1881				X
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-Lund, 1949)	X	X	X	X
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	X	X	X	X
		<i>Nephtys ciliata</i>	Müller, 1788	X			
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X	X	X	
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
	NEREIDIDAE	<i>Alitta succinea</i>	Leuckart, 1847				X
		<i>Nereis falsa</i>	Quatrefages, 1866	X	X	X	X
	ONUPHIDAE	<i>Nereis zonata</i>	Malmgren, 1867		X		
		<i>Aponuphis bilineata</i>	(Baird, 1870)	X			
		<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
		<i>Hyalinoecia fauveli</i>	Rioja, 1918		X		X
	ORBINIIDAE	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X		X	X
		<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822	X			X
		<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)	X	X	X	X
	OWENIDAE	<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)		X		
	PARAONIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
		<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967		X	X	
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879		X		X
		<i>Aricidea sp.</i>	Webster, 1879		X	X	X
	PECTINARIIDAE	<i>Paraonidae indet.</i>	Cerruti, 1909				X
	PHYLLODOCIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)		X		
		<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865	X	X		X
	PILARGIDAE	<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)		X		
		<i>Pilargis verrucosa</i>	Saint Joseph, 1899	X		X	
POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	Pilato & Cantone, 1976		X			
	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904		X	X	X	
POLYNOIDAE	<i>Harmothoe johnsoni</i>	(McIntosh, 1876)		X			
SABELLIDAE	<i>Dialychone dumerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007		X	X	X	
	<i>Sabella pavonina</i>	Savigny, 1822			X		
SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)		X	X	X	
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	
	<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883				X	

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	314	319	304	309	
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926	X	X	X	X	
		<i>Streblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879			X		
	STERNAPSIDAE	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)		X			
	SYLLIDAE	<i>Syllidae indet.</i>	Grube, 1850			X	X	
ARTHROPODA	TEREBELLIDAE	<i>Pista breviranchiata</i>	Moore, 1923	X	X			
	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)		X			
	AMPHILOCHIDAE	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)		X			
	APSEUDIDAE	<i>Apseudopsis elisae</i>	(Bacescu, 1961)	X				
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe sp.</i>		X	X	X	X	
		<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X	
	CAPRELLIDAE	<i>Phthisica marina</i>	Slabber, 1769		X			
		<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)		X	X	X	
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867	X	X			
	LEUCOTHOIDAE	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)	X	X	X		
	LYSIANASSIDAE	<i>Lysianassa pilicornis</i>	(Heller, 1866)				X	
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	X	X	X	X	
		<i>Pontocrates altamarinus</i>	(Bate & Westwood, 1862)				X	
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)	X	X	X		
	PAGURIDAE	<i>Paguridae indet.</i>	Latreille, 1802			X		
	PHOTIDAE	<i>Photis cfr. longicaudata</i>					X	
		<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)	X	X	X	X	
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)			X		
		<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)			X	X	
	PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X	X	X	
	UROTHOIDAE	<i>Urothoe poseidonis</i>	Reibisch, 1905	X				
	CNIDARIA	ACTINARIA	<i>Anthozoa indet.</i>				X	
		EDWARDSIIDAE	<i>Edwardsia claparedii</i>	Panceri, 1869				X
		HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)		X		
	ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843	X	X	X	X
			<i>Amphiura filiformis</i>	O.F.Muller, 1776	X	X	X	
		CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Dubén-Koren, 1844		X	X	
<i>Trachythone tergestina</i>			(M. Sars, 1857)			X		
OPHIURIDAE		<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863		X			
		<i>Ophiura ophiura</i>	(Linnaeus, 1816)		X	X		
SCHIZASTERIDAE	<i>Schizaster canaliferus</i>	(Lamarck, 1816)	X					
MOLLUSCA	APORRHAIIDAE	<i>Aporrhais pespeleccani</i>	(Linné, 1758)				X	
	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	X	X	X	X	
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X	
	CARDIIDAE	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	(Linné, 1758)	X				
		<i>Papillicardium papillosum</i>	(Poli, 1791)			X		
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivieri, 1792)	X	X	X	X	
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)	X		X	X	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		X			
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X				
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	X				
		<i>Macra stultorum</i>	(Linné, 1758)	X				
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	X	X	X	X	
		<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	X	X	X	X	
	MURICIDAE	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)				X	
		<i>Hexaplex trunculus</i>	(Linnaeus, 1758)				X	
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X	X	X	X	
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)	X	X		X	
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X	X	X	X	
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)		X			
		<i>Natica stercusmuscarum</i>	(Gmelin, 1791)		X			
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X	
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)	X			X	
		<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X	X	X	X	
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)		X			
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X	
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)	X	X		X	
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1795)			X		
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)	X		X		
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X	
		<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)				X	
THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)	X					
VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X		
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X		
	<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)	X					
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)	X	X	X	X		

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	314	319	304	309
		<i>Ruditapes philippinarum</i>	(Adams & Reeve, 1850)			X	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889			X	
SIPUNCULA	ASPIDOSIPHONIDAE	<i>Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri</i>	Diesing, 1851	X	X	X	
	GOLFINGIIDAE	<i>Golfingia (Golfingia) margaritacea</i>	Sars, 1851		X		

Nelle Tabella 10 e Tabella 11 si riportano i risultati dell'analisi quali-quantitativa della comunità macrobentonica relativa alle biocenosi SFBC e VTC per il 2016.

Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 9, Tabella 10) la stazione 19 presenta il maggior numero di specie (82 specie) invece, la stazione 9 possiede il minor numero di specie (51 specie).

Nella biocenosi delle VTC (Tabella 9, Tabella 11) la stazione 319 ha mostrato il maggior numero di specie (90) mentre la stazione 314 il minor numero (68).

Nel Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Alitta succinea*, *Ampharete lindstroemi*, *Aponuphis bilineata*, *Aricidea assimilis*, *Aricidea catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Aricidea sp.*, *Capitella capitata*, *Caulleriella sp.*, *Chaetozone gibber*, *Chaetozone sp.*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Diplocirrus glaucus*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Glycera alba*, *Glycera fallax*, *Glycera rouxii*, *Glycera tridactyla*, *Glycera unicornis*, *Harmothoe johnsoni*, *Hilbigneris gracilis*, *Heteromastus filiformis*, *Leiochone sp.*, *Lumbrineris latreillei*, *Magelona alleni*, *Magelona johnstoni*, *Magelona minuta*, *Marphysa sanguinea*, *Marphysa belli*, *Melinna palmata*, *Mediomastus capensis*, *Micronephtys sphaerocirrata*, *Micronephtys stammeri*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Nephtys ciliata*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nereis falsa*, *Nereis zonata*, *Notomastus latericeus*, *Onuphis eremita*, *Orbinia sertulata*, *Owenia fusiformis*, *Paraonidae indet.*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa monilifera*, *Phyllodoce lineata*, *Pilargis verrucosa*, *Poecilochaetus fauchaldi*, *Poecilochaetus serpens*, *Polydora ciliata*, *Praxilella affinis*, *Praxilella sp.*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio multibranchiata*, *Pseudoleiocypris fauveli*, *Sabella pavonina*, *Sigalion mathildae*, *Sternopsis scutata*, *Streblospio shrubsolii*, *Stylarioides grubei*, *Syllidae indet.*

Il polichete *Owenia fusiformis* è risultato essere il più abbondante nella comunità delle SFBC con 622.02 ind/m² ritrovati nella st. 14 in novembre. Nella comunità delle VTC, *Melinna palmata* ha raggiunto in novembre nella stazione 314 i 2017.86 ind/m². I policheti più frequenti sono risultati per entrambe le biocenosi: *Micronephtys stammeri*, *Owenia fusiformis*, *Melinna palmata*, *Diopatra neapolitana*, *Aricidea assimilis*.

Nel Phylum degli **ARTHROPODA** classe Crustacea sono stati rinvenuti i seguenti taxa: *Ampelisca diadema*, *Ampelisca brevicornis*, *Apolochus neapolitanus*, *Apseudopsis elisae*, *Apseudes spinosus*, *Brachynotus gemellari*, *Corystes cassivelanus*, *Iphinoe sp.*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus vernalis*, *Liocarcinus depurator*, *Lysianassa pilicornis*, *Microprotopus maculatus*, *Orchomenella nana*, *Paguridae indet.*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus longimanus*, *Phtisica marina*, *Photis longicaudata*, *Pontocrates altamarinus*, *Pontocrates arenarius*, *Pseudocuma longicorne longicorne*, *Urothoe poseidonis*.

Pariambus typicus è risultato essere il più abbondante nella comunità delle VTC (stazione 319 con 6577.38 ind/m² in maggio) mentre in quella delle SFBC è risultato essere *Apseudopsis elisae* nella staz. 14 con 116070.14 ind/m² in novembre. Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARI** nelle biocenosi dei fondi mobili è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvengono epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi). In questo Phylum si è rinvenuto due taxon *Calliactis parasitica* e *Edwardsia claparedii*. Nel Phylum

degli **ECHINODERMA** sono state ritrovati 7 taxon *Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis*, *Ophiura grubei*, *Ophiura ophiura*, *Trachythyone elongata*, *Trachythyone tergestina*, *Schizaster canaliferus*.

Nel Phylum dei **MOLLUSCHI** sono stati ritrovati i seguenti taxa: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Bolinus brandaris*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Euspira nitida*, *Lentidium mediterraneum*, *Lucinella divaricata*, *Macra stultorum*, *Musculista senhousia*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nucula nitidosa*, *Pharus legumen*, *Phaxas adriaticus*, *Philine aperta*, *Politapes aureus*, *Politapes rhomboides*, *Ruditapes philippinarum*, *Spisula subtruncata*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Tellina tenui*, *Thracia papyracea*, *Thyasira biplicata*.

In entrambe le comunità la presenza dei filtratori (Bivalvi) risulta maggiore sia in termini di numero di specie che di individui rispetto a quella dei Gasteropodi. Il Mollusco più abbondante nelle SFBC è stato il bivalve *Chamelea gallina* che nelle st. 9 e 14 ha raggiunto i 4100 ind /m² in novembre e nelle VTC lo stesso bivalve nella st. 314 ha superato i 7500 ind /m² sempre in novembre.

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla* nelle st. 4, 14 e st. 304. Il Phylum dei **SIPUNCULA** è stato ritrovato con il taxon *Aspidosiphon muelleri muelleri* nelle stazioni 304, 314, 319 delle VTC e nelle st. 4, 14, 19 delle SFBC; il taxon *Golfingia margatitacea*. è stato ritrovato solo nella st. 319 VTC.

Applicazione dell'Indice M-AMBI e AMBI

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

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

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

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

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

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 12 vengono indicati gli intervalli di AMBI corrispondenti a differenti livelli di disturbo. L'indice è stato applicato ai dati in esame grazie all'utilizzo del software AMBI 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 13 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2016 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 108 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 109 per la biocenosi delle VTC.

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

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	PRI	2.61	34	1.70
9	PRI	1.97	21	1.02
14	PRI	2.56	48	2.12
19	PRI	1.12	63	2.69
4	AUT	1.67	42	1.44
9	AUT	2.04	46	1.70
14	AUT	1.82	61	2.10
19	AUT	2.13	53	2.20
304	PRI	1.91	40	2.15
309	PRI	1.74	48	2.21
314	PRI	1.72	42	2.44
319	PRI	0.91	47	2.81
304	AUT	2.5	57	2.26
309	AUT	2.8	47	1.6
314	AUT	1.8	56	1.12
319	AUT	1.48	75	3.27

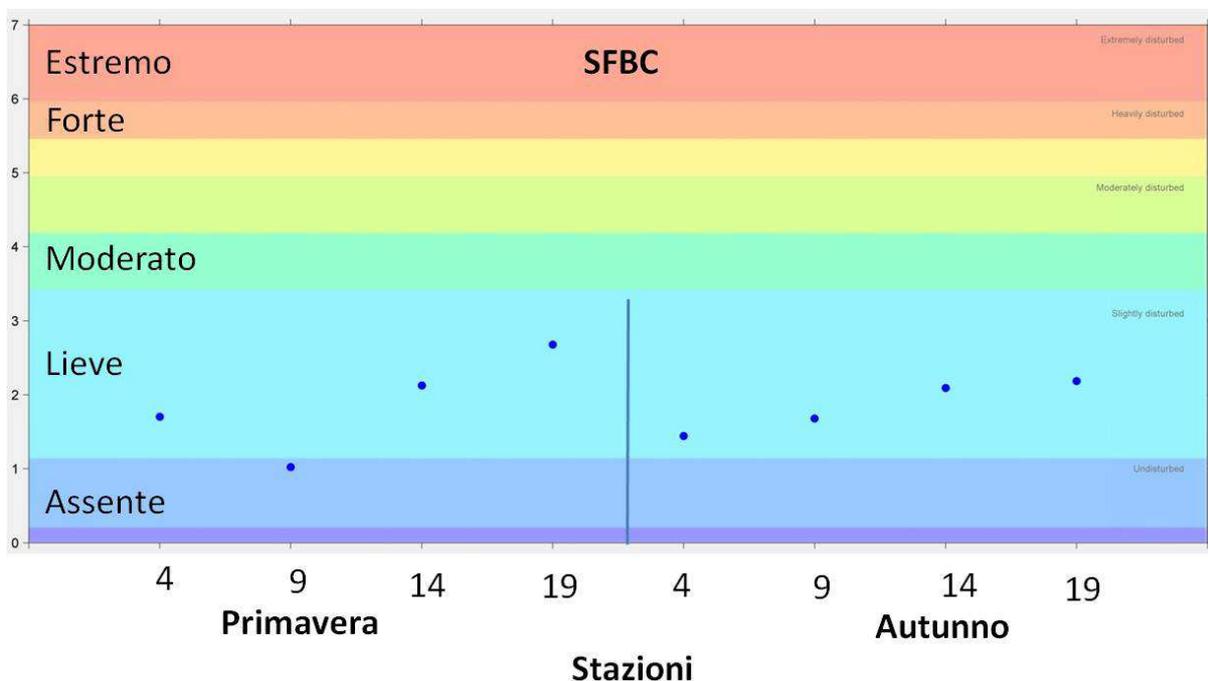


Figura 108 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (P= Primavera, A= Autunno)

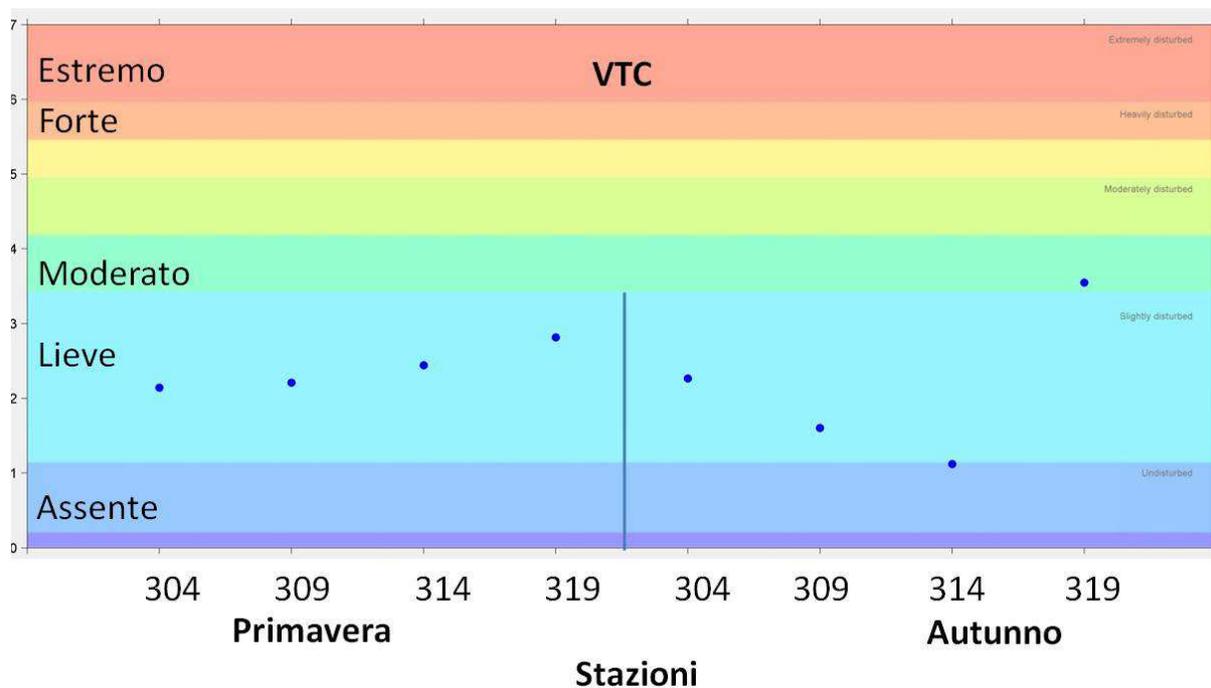


Figura 109 – Valori dell’indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l’analisi multivariata (*Multi Dimensional Scaling* MDS) (Figura 110) evidenzia una separazione tra le due stagioni con la st.9 in primavera di poco distante dalle altre SFBC dello stesso campionamento.

Per le biocenosi delle VTC, l’analisi multivariata (Figura 111) evidenzia una netta separazione delle stazioni tra le due stagioni. La stazione 319 in autunno appare distanziata dalle altre VTC dello stesso campionamento.

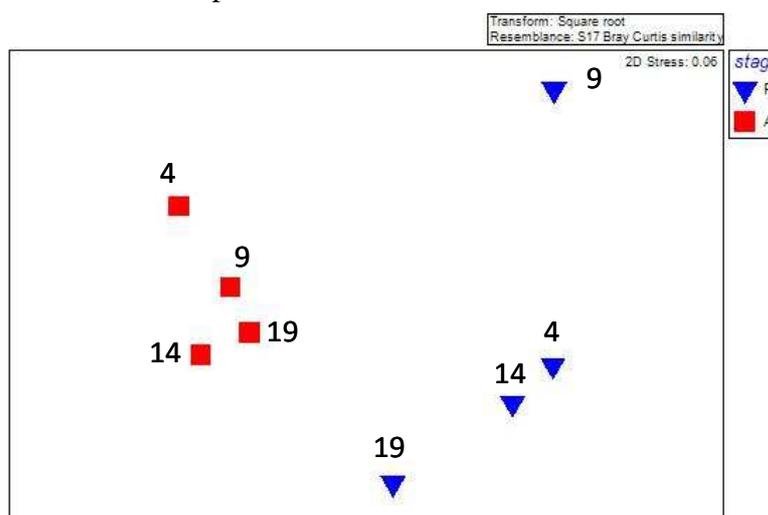


Figura 110 – MDS Biocenosi delle SFBC

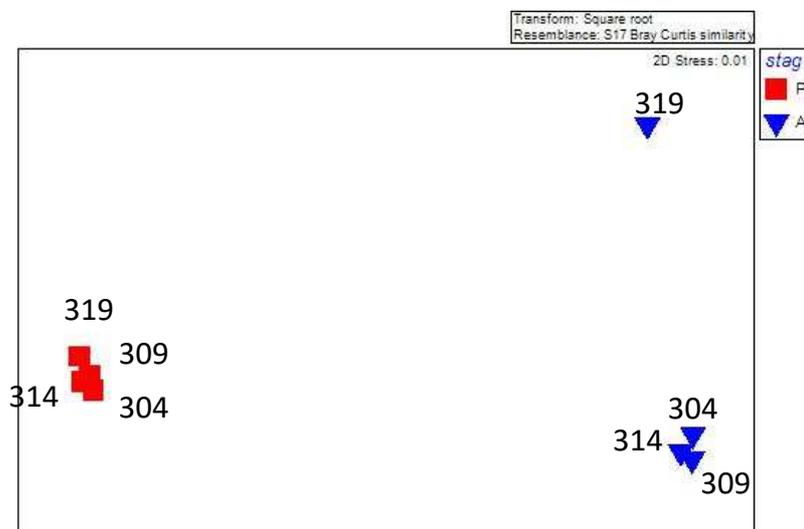


Figura 111 – MDS Biocenosi delle VTC

Classificazione per il triennio 2014-2016 - Macrozoobenthos

Per l'Elemento di Qualità Biologica (EQB) macroinvertebrati bentonici si applica l'Indice M-AMBI. I limiti di classe dell'M-AMBI, espressi in termini di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), sono: tra lo stato Elevato/Buono 0.81; tra lo stato Buono/Sufficiente 0.61.

Tali limiti di classe sono riportati in tab. 4.3.1/b del D.260/10 e sono relativi solo al macrotipo 3 (bassa stabilità). Le acque marino costiere della regione Emilia-Romagna corrispondono al macrotipo 1 (alta stabilità) quindi non è applicabile quanto previsto dal decreto. È stata effettuata comunque una valutazione dei valori M-AMBI come da tab. 4.3.1/b del D.260/10 che viene descritta di seguito.

Lo stato di qualità di ogni stazione, relativo ad un anno di riferimento, è attribuito dal valore di M-AMBI dato dalla media dei 2 valori annuali di M-AMBI. Lo stato di qualità del corpo idrico, relativo ad un anno di riferimento, è attribuito dalla media dei valori di M-AMBI di ogni stazione appartenente al corpo idrico.

Per il 2014 lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per l'EQB macroinvertebrati bentonici è stato per il corpo idrico CD1 Sufficiente e per il CD2 Buono. Per il 2015 e per il 2016 lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 è stato Buono per entrambe. Infine per il triennio 2014-2016 la classificazione risultante si esprime con un giudizio Buono per entrambe i corpi idrici.

Tabella 14 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2014		2015		2016		Triennio 2014-2016	
				M AMBI	Stato	M AMBI	Stato	M AMBI	Stato	M AMBI	Stato
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.57	Sufficiente	0.66	Buono	0.75	Buono	0.66	Buono
	VTC	304									
CD2 Ravenna-Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.68	Buono	0.75	Buono	0.73	Buono	0.72	Buono
	VTC	309									
	SFBC	14	Cesenatico								
	VTC	314									
	SFBC	19	Cattolica								
VTC	319										

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 96). 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 5. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l’anno nella prima e terza settimana del mese (vedi Tabella 6).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal D.M.260/10 sono riportati in Tabella 15. 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 15 – Elementi di qualità chimico-fisica a sostegno degli EQB

Elementi chimico-fisici	U.M.
Profondità	m
Temperatura	°C
Salinità	psu
Ossigeno	mgl-%
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 16 a Tabella 22).

L'ossigeno disciolto e i nutrienti, unitamente al parametro clorofilla "a", sono valutati attraverso l'applicazione dell'Indice TRIX, al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marini.

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

Come già riportato nel Paragrafo 4.4.1, il valore medio del TRIX per tutta la costa emiliano-romagnola da 0.5 a 3 km al largo, calcolato su un set di dati di monitoraggio rilevati come richiesto dal DM 260/10, è di 5.4 per il 2016 e di 5.5 per il triennio 2014-2016 condizione di stato che identifica uno stato Sufficiente.

Tabella 16 – 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 2016																		
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX	
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.36	17.03	26.35	8.77	1.88	7.05	530.82	16.07	37.98	953.23	34.02	6.44	753.51	295.98	32.30	6.06	2.17	
Errore standard	0.07	1.60	1.23	0.36	0.19	0.85	97.95	2.15	9.30	104.60	3.24	1.20	79.56	116.15	3.96	0.14	0.15	
Mediana	8.27	17.71	27.96	8.93	1.80	6.55	416.63	15.79	19.66	842.23	29.52	5.36	666.02	63.21	30.45	6.11	2.11	
Moda	8.20				1.80	4.20			2.97			0.22						
Deviazione standard	0.34	7.17	5.49	1.61	0.86	3.81	438.07	9.63	41.58	467.78	14.49	5.38	355.80	519.43	17.73	0.61	0.68	
Varianza campionaria	0.11	51.39	30.10	2.58	0.73	14.54	191903.02	92.71	1729.21	218817.88	210.00	28.99	126594.04	269811.01	314.35	0.37	0.46	
Curtosi	14.03	-1.45	0.18	-0.79	-0.43	-0.04	1.17	4.33	1.62	3.86	-0.41	1.45	2.74	8.72	1.89	0.88	0.22	
Asimmetria	3.50	-0.03	-0.95	-0.45	0.56	0.70	1.28	1.59	1.56	1.89	0.67	1.13	1.60	2.80	1.24	0.20	0.48	
Intervallo	1.61	21.56	19.16	5.16	3.00	13.60	1572.41	42.65	146.47	1912.33	50.55	20.94	1368.47	2151.09	69.58	2.74	2.62	
Minimo	8.08	6.12	13.08	5.73	0.80	2.00	19.06	3.93	0.51	462.74	10.77	0.22	305.49	9.05	9.02	4.74	1.04	
Massimo	9.68	27.68	32.24	10.89	3.80	15.60	1591.47	46.58	146.98	2375.07	61.32	21.16	1673.96	2160.14	78.60	7.47	3.66	
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Livello di confidenza(95.0%)	0.16	3.36	2.57	0.75	0.40	1.78	205.02	4.51	19.46	218.93	6.78	2.52	166.52	243.10	8.30	0.29	0.32	

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																		
Statistica descrittiva 2016																		
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX	
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.34	16.53	28.29	8.88	1.71	11.39	351.50	12.23	18.53	876.75	34.42	3.27	559.67	262.72	28.35	5.99	1.96	
Errore standard	0.03	1.58	0.90	0.37	0.17	1.77	65.94	1.93	6.14	110.40	3.62	0.66	42.79	94.34	4.40	0.16	0.13	
Mediana	8.33	17.40	28.13	9.37	1.50	9.05	306.73	12.98	12.24	765.32	30.67	2.45	534.86	71.72	25.38	5.90	1.91	
Moda				10.34	1.50	14.30			2.97			0.22					1.65	
Deviazione standard	0.13	7.08	4.02	1.65	0.74	7.91	294.91	8.61	27.47	493.72	16.21	2.96	191.36	421.91	19.68	0.72	0.60	
Varianza campionaria	0.02	50.06	16.20	2.72	0.54	62.51	86972.35	74.20	754.45	243754.53	262.73	8.75	36617.42	178010.92	387.19	0.52	0.36	
Curtosi	-0.11	-1.42	-0.40	-1.04	0.83	-0.03	0.32	1.17	7.11	1.52	4.65	1.66	-0.58	4.97	10.86	0.01	-1.11	
Asimmetria	0.55	-0.02	-0.15	-0.38	1.24	0.86	0.79	0.78	2.60	1.44	1.82	1.30	0.44	2.34	2.97	0.07	0.15	
Intervallo	0.46	20.96	15.17	5.75	2.70	27.90	1067.54	35.09	112.12	1752.36	71.22	11.24	637.15	1542.15	90.05	2.90	2.02	
Minimo	8.14	6.35	20.31	5.61	0.80	2.10	0.70	0.15	0.21	341.83	15.15	0.22	277.56	6.80	11.95	4.48	0.99	
Massimo	8.60	27.31	35.48	11.36	3.50	30.00	1068.24	35.24	112.33	2094.19	86.37	11.46	914.71	1548.95	102.00	7.38	3.01	
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.31	1.88	0.77	0.35	3.70	138.02	4.03	12.86	231.07	7.59	1.38	89.56	197.46	9.21	0.34	0.28	

Tabella 17 – 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 2016																	
	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	16.71	26.87	9.29	2.05	8.52	383.60	14.08	61.07	967.06	29.93	5.91	659.73	150.23	36.35	5.99	1.93
Errore standard	0.03	1.63	0.92	0.32	0.19	1.37	56.95	1.93	28.53	153.50	3.03	1.29	72.47	41.29	5.03	0.15	0.16
Mediana	8.38	17.20	28.05	9.51	1.80	6.35	317.17	14.05	9.99	777.52	28.72	3.06	754.19	80.52	29.86	6.22	2.10
Moda				9.74	1.50	5.40						0.22					
Deviazione standard	0.13	7.27	4.13	1.45	0.85	6.13	254.70	8.63	127.58	686.46	13.56	5.78	324.10	184.64	22.47	0.67	0.71
Varianza campionaria	0.02	52.88	17.06	2.10	0.72	37.58	64871.96	74.43	16277.64	471233.92	183.76	33.43	105038.06	34090.13	505.11	0.45	0.50
Curtosi	0.03	-1.42	-0.69	-0.37	-0.49	0.33	-0.10	3.30	13.80	9.41	-0.63	0.52	-0.36	5.34	1.27	-0.29	-0.19
Asimmetria	-0.05	-0.03	-0.64	-0.32	0.61	1.08	0.54	1.18	3.54	2.84	0.50	1.20	0.12	2.26	1.38	-0.80	-0.30
Intervallo	0.50	21.70	13.54	5.40	3.00	20.50	948.65	39.57	562.27	3076.02	47.15	19.80	1285.74	742.90	79.86	2.25	2.67
Minimo	8.11	5.73	18.08	6.47	0.80	2.00	1.88	0.20	0.51	384.32	8.63	0.22	67.84	3.66	8.95	4.65	0.39
Massimo	8.61	27.43	31.63	11.87	3.80	22.50	950.53	39.77	562.78	3460.34	55.78	20.02	1353.58	746.57	88.80	6.89	3.06
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.40	1.93	0.68	0.40	2.87	119.20	4.04	59.71	321.28	6.34	2.71	151.68	86.41	10.52	0.31	0.33

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 20165																	
	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	16.43	28.52	9.01	2.29	9.28	368.84	11.08	17.36	839.13	28.96	3.43	505.56	287.50	28.53	5.77	1.72
Errore standard	0.03	1.60	0.84	0.39	0.21	1.63	68.48	1.78	6.79	131.20	2.81	1.22	71.59	75.42	2.19	0.21	0.15
Mediana	8.36	16.91	28.47	9.49	1.90	6.00	361.71	10.42	3.34	726.15	26.24	1.40	459.03	121.25	27.96	5.66	1.78
Moda				1.50	3.40	0.70			2.97			0.22					
Deviazione standard	0.13	7.16	3.76	1.76	0.92	7.28	306.24	7.96	30.37	586.75	12.55	5.44	320.16	337.29	9.79	0.96	0.66
Varianza campionaria	0.02	51.29	14.14	3.08	0.85	52.96	93783.75	63.30	922.25	344270.32	157.56	29.65	102504.88	113766.11	95.84	0.91	0.44
Curtosi	-1.01	-1.39	-0.64	-0.53	-0.84	0.07	2.68	0.50	5.49	11.01	4.34	5.10	0.92	0.03	-0.87	-0.08	-0.06
Asimmetria	0.22	0.04	-0.39	-0.62	0.65	1.10	1.22	0.64	2.43	3.01	1.89	2.38	1.07	1.19	0.15	-0.15	-0.04
Intervallo	0.40	21.40	13.19	5.87	3.00	24.50	1263.99	30.95	113.01	2689.65	52.81	19.80	1234.31	1025.89	32.07	3.85	2.71
Minimo	8.17	5.81	21.03	5.51	1.00	2.10	0.70	0.06	0.51	352.26	15.93	0.22	95.70	8.41	12.19	3.73	0.41
Massimo	8.57	27.21	34.21	11.38	4.00	26.60	1264.69	31.00	113.52	3041.91	68.74	20.02	1330.01	1034.30	44.25	7.58	3.12
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.35	1.76	0.82	0.43	3.41	143.33	3.72	14.21	274.61	5.87	2.55	149.84	157.86	4.58	0.45	0.31

Tabella 18 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 6 e 306 (Casalborsetti)

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.34	16.56	29.92	8.75	2.26	7.50	345.54	11.69	15.99	948.97	27.22	3.08	416.57	334.30	34.37	5.68	1.83
Errore standard	0.02	1.58	0.87	0.36	0.20	0.98	75.53	2.19	4.34	168.29	2.59	0.89	56.31	115.17	4.39	0.21	0.14
Mediana	8.33	16.46	31.27	8.71	2.15	6.35	308.87	9.19	5.09	695.41	23.13	1.68	446.46	111.23	28.66	5.71	1.79
Moda					1.50	3.30	0.70		4.05			0.22					
Deviazione standard	0.11	7.05	3.89	1.62	0.89	4.40	337.78	9.79	19.39	752.61	11.59	3.99	251.83	515.05	19.62	0.96	0.61
Varianza campionaria	0.01	49.76	15.12	2.61	0.79	19.37	114094.23	95.82	375.97	566423.80	134.21	15.91	63419.86	265273.92	384.81	0.92	0.37
Curtosi	-0.30	-1.33	1.00	-0.80	-1.07	0.54	3.49	0.31	0.40	5.66	-0.22	4.60	0.23	4.07	2.70	-0.81	0.45
Asimmetria	0.42	0.15	-1.13	0.15	0.36	0.93	1.58	0.97	1.33	2.17	0.82	2.20	0.53	2.07	1.63	-0.54	0.08
Intervallo	0.40	21.18	14.93	5.62	2.80	16.30	1373.84	32.84	57.18	3123.73	39.98	14.88	929.22	1923.01	76.60	3.04	2.63
Minimo	8.17	7.10	20.98	5.91	1.00	2.50	0.70	0.36	0.51	311.20	14.49	0.22	73.52	2.47	12.92	3.80	0.51
Massimo	8.56	28.28	35.91	11.53	3.80	18.80	1374.54	33.20	57.69	3434.93	54.47	15.10	1002.74	1925.48	89.52	6.83	3.14
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.30	1.82	0.76	0.41	2.06	158.09	4.58	9.07	352.23	5.42	1.87	117.86	241.05	9.18	0.45	0.29

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.35	16.30	30.25	8.74	2.61	6.54	259.53	7.74	15.75	670.92	21.27	2.94	358.79	164.55	31.94	5.50	1.86
Errore standard	0.03	1.62	0.70	0.39	0.27	1.05	47.46	1.08	5.64	58.55	1.41	0.74	57.77	41.16	2.35	0.18	0.25
Mediana	8.33	16.36	30.69	8.90	2.00	4.40	260.57	8.03	3.44	670.98	20.48	1.72	291.32	76.95	30.11	5.80	1.80
Moda	8.26				1.80	3.00	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.11	7.23	3.12	1.74	1.21	4.69	212.25	4.81	25.20	261.85	6.29	3.32	258.35	184.07	10.52	0.80	1.12
Varianza campionaria	0.01	52.34	9.73	3.01	1.47	21.97	45049.45	23.16	635.15	68565.87	39.55	11.03	66742.78	33883.14	110.64	0.65	1.25
Curtosi	-0.83	-1.33	3.68	-0.87	-0.41	0.96	0.63	-0.50	6.25	-0.25	-0.43	2.24	0.37	2.62	-0.24	-0.69	8.31
Asimmetria	0.44	0.12	-1.30	-0.34	0.40	1.33	0.76	0.15	2.44	0.46	0.71	1.66	0.98	1.61	0.68	-0.60	2.13
Intervallo	0.40	22.91	14.88	5.88	4.60	16.60	777.78	17.10	98.89	882.92	20.91	11.80	933.24	702.53	38.99	2.79	5.97
Minimo	8.17	5.33	20.88	5.23	0.20	2.20	0.70	0.33	1.03	277.44	13.73	0.22	70.94	1.61	16.80	3.79	-0.18
Massimo	8.57	28.24	35.76	11.11	4.80	18.80	778.48	17.43	99.92	1160.36	34.64	12.02	1004.18	704.14	55.79	6.57	5.79
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.39	1.46	0.81	0.57	2.19	99.34	2.25	11.80	122.55	2.94	1.55	120.91	86.15	4.92	0.38	0.52

Tabella 19 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 9 (Lido Adriano) e Stazione 14 (Cesenatico)

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.28	15.96	31.48	8.28	2.45	5.94	300.96	9.67	18.92	648.18	21.33	3.17	518.20	187.57	31.22	5.52	1.84
Errore standard	0.02	1.53	0.60	0.42	0.20	0.64	62.15	1.45	4.11	71.90	1.81	0.70	92.55	54.22	2.89	0.18	0.17
Mediana	8.29	15.50	32.07	8.20	2.50	4.95	270.71	7.16	10.65	614.51	19.08	2.50	385.76	99.97	26.70	5.50	1.86
Moda					2.50	7.00						0.22					
Deviazione standard	0.10	6.86	2.69	1.87	0.88	2.86	277.95	6.46	18.37	321.57	8.07	3.13	413.91	242.50	12.92	0.80	0.74
Varianza campionaria	0.01	47.10	7.25	3.49	0.77	8.20	77256.21	41.78	337.62	103404.95	65.20	9.78	171318.03	58805.72	166.89	0.65	0.55
Curtosi	0.56	-1.28	1.99	-1.30	-0.69	1.10	0.48	-1.59	0.98	0.25	-0.97	3.58	2.38	9.14	1.98	3.73	-0.61
Asimmetria	-0.73	0.18	-0.84	0.21	0.03	1.21	0.94	0.37	1.32	0.92	0.51	1.73	1.68	2.76	1.38	-1.07	0.14
Intervallo	0.42	21.52	12.40	5.56	3.00	10.20	986.28	18.79	61.20	1132.62	27.24	12.46	1514.71	1064.46	52.18	3.94	2.76
Minimo	8.03	6.18	24.22	5.69	1.00	2.60	2.03	2.25	2.04	240.88	8.91	0.22	111.31	1.47	14.86	3.11	0.56
Massimo	8.45	27.70	36.62	11.25	4.00	12.80	988.31	21.04	63.24	1373.50	36.15	12.68	1626.02	1065.93	67.04	7.05	3.32
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.21	1.26	0.87	0.41	1.34	130.08	3.03	8.60	150.50	3.78	1.46	193.71	113.49	6.05	0.38	0.35

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.19	16.52	32.63	7.61	2.25	4.65	187.81	8.28	33.01	511.63	21.33	2.21	270.78	158.34	26.47	5.36	2.32
Errore standard	0.04	1.47	0.56	0.30	0.26	0.61	43.91	1.18	4.61	55.22	2.68	0.47	39.77	39.20	2.06	0.12	0.18
Mediana	8.21	15.99	32.97	7.65	2.50	3.50	116.60	7.25	29.99	447.81	17.48	1.18	248.87	90.27	25.10	5.31	2.30
Moda	8.21				3.50	2.40		4.83				0.22					2.30
Deviazione standard	0.17	6.75	2.57	1.37	1.17	2.81	201.24	5.39	21.12	253.07	12.30	2.17	182.24	179.65	9.45	0.57	0.82
Varianza campionaria	0.03	45.63	6.63	1.88	1.37	7.91	40496.34	29.09	445.97	64044.80	151.38	4.71	33210.45	32272.80	89.24	0.33	0.67
Curtosi	4.72	-1.33	4.28	-0.84	-1.47	1.86	3.09	1.81	-1.52	6.35	6.89	2.78	10.75	7.00	-1.21	0.63	-0.73
Asimmetria	-1.36	0.21	-1.50	-0.06	-0.09	1.48	1.76	1.33	0.13	2.25	2.31	1.66	2.87	2.56	-0.01	0.41	-0.25
Intervallo	0.84	21.55	12.04	4.50	3.70	10.70	746.95	21.36	63.45	1158.07	56.11	8.41	905.59	753.23	31.35	2.42	2.82
Minimo	7.64	5.85	24.46	5.46	0.50	1.50	14.87	2.17	1.14	216.37	8.15	0.22	55.96	23.88	10.91	4.35	0.68
Massimo	8.48	27.39	36.51	9.96	4.20	12.20	761.82	23.53	64.59	1374.44	64.26	8.63	961.55	777.11	42.26	6.77	3.50
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.07	1.17	0.62	0.53	1.28	91.60	2.46	9.61	115.20	5.60	0.99	82.95	81.77	4.30	0.26	0.37

Tabella 20 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 309 (Lido Adriano) e Stazione 314 (Cesenatico)

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL. "a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l						
Media	8.32	16.45	31.33	8.80	2.94	5.01	244.36	8.54	12.10	586.71	18.57	2.78	324.64	304.83	32.10	5.23	1.75
Errore standard	0.03	1.53	0.61	0.42	0.23	0.75	56.49	1.39	3.67	63.23	1.68	0.86	55.71	114.71	2.19	0.20	0.14
Mediana	8.32	16.41	31.46	8.83	2.90	3.85	195.99	8.01	4.37	530.11	17.01	0.95	251.55	60.13	29.31	5.14	1.64
Moda					3.50	2.30	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.12	6.86	2.72	1.88	1.04	3.37	252.64	6.20	16.41	282.78	7.51	3.83	249.16	512.98	9.81	0.91	0.64
Varianza campionaria	0.01	47.05	7.39	3.54	1.08	11.35	63829.11	38.44	269.34	79965.89	56.33	14.68	62078.55	263146.45	96.31	0.83	0.41
Curtosi	-0.17	-1.34	1.35	0.00	-0.77	1.34	1.06	-0.51	4.71	0.56	-0.69	2.78	1.81	7.96	-1.02	0.19	0.27
Asimmetria	-0.23	0.18	-0.70	0.37	0.32	1.42	1.20	0.56	2.20	0.99	0.64	1.82	1.32	2.64	0.54	0.25	0.46
Intervallo	0.49	20.96	11.88	7.25	3.50	11.90	893.70	21.15	62.44	1046.62	26.11	13.01	947.70	2114.41	32.55	3.78	2.58
Minimo	8.06	6.92	24.29	5.60	1.50	1.50	0.70	0.70	0.21	245.44	8.26	0.22	80.43	1.25	18.10	3.44	0.49
Massimo	8.55	27.88	36.17	12.85	5.00	13.40	894.40	21.85	62.65	1292.06	34.37	13.23	1028.13	2115.66	50.66	7.22	3.06
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.21	1.27	0.88	0.49	1.58	118.24	2.90	7.68	132.35	3.51	1.79	116.61	240.08	4.59	0.43	0.30

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL. "a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l						
Media	8.31	16.56	32.46	8.03	3.58	5.36	165.29	6.82	9.42	473.62	16.24	1.98	210.72	173.77	31.45	4.90	1.54
Errore standard	0.02	1.52	0.61	0.31	0.37	0.81	37.65	1.24	2.00	47.04	1.95	0.53	38.36	45.82	2.41	0.24	0.16
Mediana	8.29	15.83	32.94	7.70	3.80	4.40	157.83	6.31	5.35	446.00	13.81	1.16	175.64	64.44	29.33	5.08	1.51
Moda	8.29				1.80	1.70	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.10	6.96	2.82	1.43	1.69	3.73	172.54	5.67	9.17	215.56	8.92	2.41	175.77	209.96	11.06	1.09	0.72
Varianza campionaria	0.01	48.48	7.93	2.03	2.85	13.92	29771.31	32.19	84.02	46464.30	79.59	5.79	30893.88	44082.10	122.38	1.19	0.51
Curtosi	0.51	-1.38	4.82	-0.25	-0.81	3.39	0.80	0.12	2.50	1.06	3.95	5.26	5.13	0.41	1.78	-0.58	-0.23
Asimmetria	-0.08	0.21	-1.55	0.67	0.03	1.63	1.12	0.86	1.76	1.19	1.91	2.33	1.98	1.26	1.18	-0.49	0.12
Intervallo	0.45	21.62	13.09	5.16	6.50	15.30	562.97	19.88	33.44	820.13	36.43	9.27	761.52	678.98	46.06	3.98	2.70
Minimo	8.08	5.72	23.34	6.01	0.50	1.50	0.70	0.31	2.10	199.43	7.47	0.22	27.13	2.54	16.72	2.78	0.39
Massimo	8.53	27.34	36.43	11.17	7.00	16.80	563.67	20.19	35.54	1019.56	43.90	9.49	788.65	681.52	62.79	6.76	3.09
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.17	1.28	0.65	0.77	1.70	78.54	2.58	4.17	98.12	4.06	1.10	80.01	95.57	5.04	0.50	0.33

Tabella 21 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 17 (Rimini) e Stazione 19 (Cattolica)

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	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	8.27	16.45	33.22	7.60	2.48	3.94	153.68	6.80	17.13	460.67	21.42	2.56	211.40	114.44	27.79	5.12	2.42
Errore standard	0.02	1.47	0.61	0.38	0.33	0.65	35.85	1.07	2.83	41.97	4.08	0.77	43.04	24.33	2.78	0.17	0.20
Mediana	8.26	16.60	33.58	7.37	2.20	3.60	133.11	5.94	16.06	400.90	16.75	1.17	140.81	94.92	27.13	4.81	2.53
Moda					1.00	1.60	0.70					0.22					
Deviazione standard	0.10	6.75	2.79	1.73	1.53	3.00	164.28	4.90	12.98	192.35	18.71	3.53	197.22	111.51	12.74	0.80	0.93
Varianza campionaria	0.01	45.55	7.81	3.00	2.33	8.98	26989.04	23.98	168.41	36997.66	350.14	12.45	38894.85	12435.15	162.33	0.64	0.86
Curtosi	1.72	-1.35	8.90	1.87	-1.25	9.33	3.75	-0.77	1.69	1.29	10.58	6.92	10.03	4.56	-0.23	0.55	-0.63
Asimmetria	1.14	0.18	-2.53	-0.04	0.36	2.68	1.70	0.62	1.16	1.34	2.98	2.57	2.87	1.80	0.68	-0.08	0.19
Intervallo	0.43	21.24	13.81	8.49	4.70	13.90	664.43	16.06	51.64	698.62	87.49	14.54	904.50	474.76	44.06	3.60	3.32
Minimo	8.12	6.25	23.03	3.24	0.30	1.10	0.70	0.06	1.92	227.17	4.73	0.22	46.18	2.54	9.69	3.23	0.79
Massimo	8.55	27.49	36.84	11.73	5.00	15.00	665.13	16.11	53.56	925.79	92.22	14.76	950.68	477.30	53.75	6.83	4.11
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.07	1.27	0.79	0.69	1.36	74.78	2.23	5.91	87.56	8.52	1.61	89.77	50.76	5.80	0.36	0.42

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	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	8.28	16.44	33.55	7.32	2.77	3.50	145.44	6.26	14.22	427.42	18.02	2.37	209.35	74.33	25.87	4.99	2.30
Errore standard	0.02	1.45	0.62	0.32	0.34	0.65	43.22	1.19	2.32	51.34	2.52	0.44	52.08	16.40	1.89	0.17	0.19
Mediana	8.25	16.98	33.86	7.30	2.80	2.60	87.75	4.17	10.34	342.35	13.96	1.72	135.97	60.00	25.16	4.91	2.22
Moda					3.50	3.80						1.34					
Deviazione standard	0.11	6.66	2.82	1.47	1.54	2.96	198.06	5.44	10.61	235.26	11.53	2.00	238.65	75.15	8.65	0.77	0.86
Varianza campionaria	0.01	44.34	7.98	2.15	2.37	8.79	39229.09	29.56	112.66	55349.22	132.83	3.99	56955.30	5647.34	74.81	0.59	0.74
Curtosi	0.11	-1.38	6.42	1.85	-1.08	9.50	7.68	0.95	-0.37	5.88	9.55	9.09	12.12	5.90	-0.58	0.63	-0.40
Asimmetria	0.80	0.18	-2.17	-0.44	0.22	2.75	2.59	1.28	0.96	2.42	2.78	2.74	3.21	2.24	0.33	0.41	0.29
Intervallo	0.41	21.12	13.32	7.01	5.10	13.40	841.96	19.56	35.41	982.12	52.95	9.12	1126.85	322.74	29.91	3.27	3.35
Minimo	8.14	6.27	23.95	3.37	0.40	1.10	2.59	0.47	1.53	207.15	7.84	0.58	10.80	4.59	13.64	3.58	0.81
Massimo	8.55	27.40	37.27	10.38	5.50	14.50	844.55	20.03	36.94	1189.27	60.79	9.70	1137.65	327.32	43.55	6.85	4.16
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.03	1.29	0.67	0.70	1.35	90.16	2.47	4.83	107.09	5.25	0.91	108.63	34.21	3.94	0.35	0.39

Tabella 22 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 317 (Rimini) Stazione 319 (Cattolica)

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.32	16.62	33.34	7.85	4.13	3.48	131.50	6.07	7.83	405.31	13.59	1.94	164.91	108.66	32.40	4.58	1.82
Errore standard	0.02	1.50	0.69	0.44	0.52	0.76	37.87	1.21	1.98	44.04	1.85	0.49	50.41	30.12	2.06	0.23	0.20
Mediana	8.29	16.28	34.30	7.26	4.00	2.40	90.99	4.36	6.48	344.21	11.05	1.63	109.71	53.73	30.68	4.52	1.81
Moda	8.24				2.50	3.80	0.70		4.05			0.22					
Deviazione standard	0.10	6.85	3.15	2.03	2.40	3.46	173.53	5.53	9.07	201.82	8.49	2.26	231.02	138.03	9.44	1.07	0.91
Varianza campionaria	0.01	46.98	9.91	4.12	5.78	12.00	30112.13	30.54	82.23	40731.85	72.00	5.10	53368.79	19053.50	89.10	1.15	0.82
Curtosi	1.26	-1.41	8.11	0.98	-0.94	7.44	5.41	-0.12	13.57	7.10	7.37	11.52	16.00	1.52	-0.70	-0.22	1.48
Asimmetria	1.09	0.20	-2.54	0.10	0.30	2.56	2.25	0.87	3.43	2.37	2.55	3.07	3.81	1.63	-0.03	0.06	0.69
Intervallo	0.39	20.46	14.78	9.31	8.00	14.70	690.27	18.14	43.23	890.44	37.55	10.42	1104.54	436.90	33.36	4.35	3.98
Minimo	8.19	6.70	22.08	3.00	0.50	0.90	0.70	0.06	0.70	219.39	5.61	0.22	12.11	3.26	15.71	2.51	0.30
Massimo	8.58	27.16	36.86	12.31	8.50	15.60	690.97	18.19	43.93	1109.83	43.16	10.64	1116.65	440.16	49.07	6.85	4.28
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	3.12	1.43	0.92	1.09	1.58	78.99	2.52	4.13	91.87	3.86	1.03	105.16	62.83	4.30	0.49	0.41

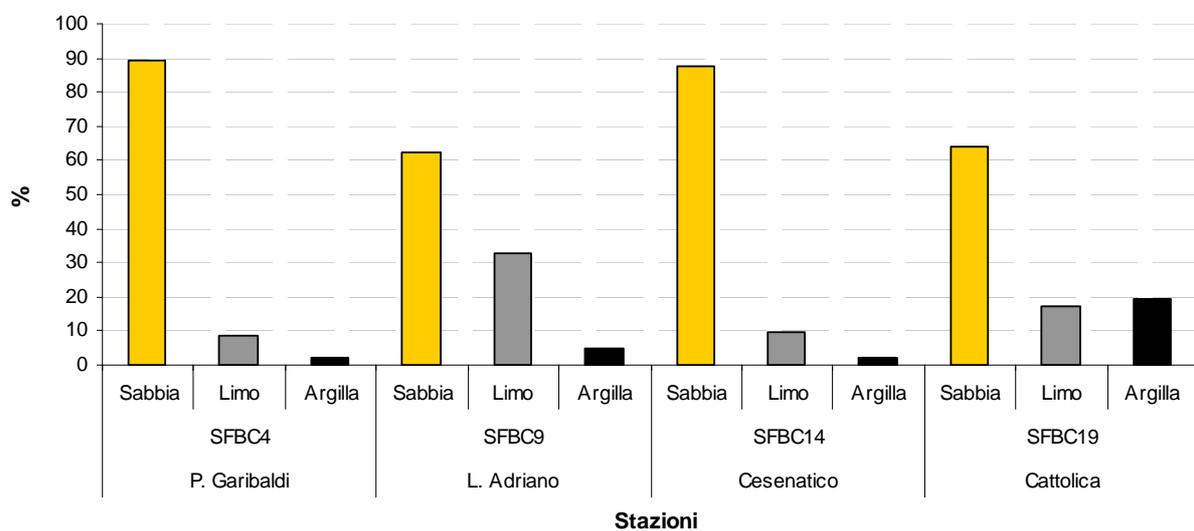
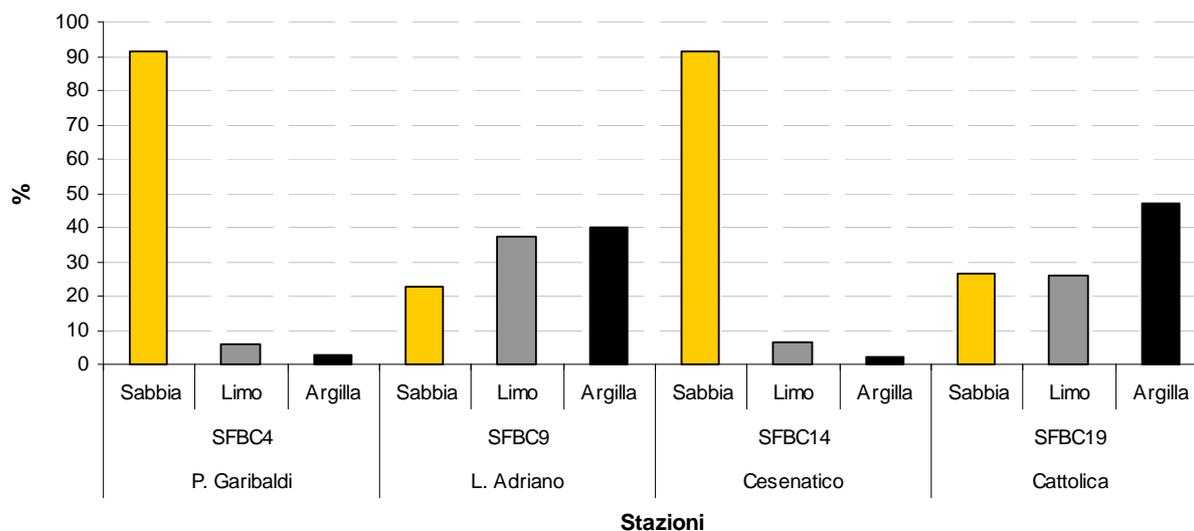
Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2016																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.31	16.58	33.18	7.78	3.86	3.72	122.55	6.66	7.30	387.23	15.02	1.89	187.87	95.50	28.85	4.59	1.86
Errore standard	0.02	1.55	0.69	0.39	0.54	0.72	29.13	1.32	1.89	42.39	2.35	0.42	56.06	24.62	2.08	0.26	0.20
Mediana	8.29	16.87	33.76	7.69	3.30	2.80	108.36	6.03	3.78	342.23	11.54	1.43	103.42	50.58	27.92	4.87	1.74
Moda					4.50	1.20	0.70										
Deviazione standard	0.10	6.92	3.09	1.74	2.43	3.24	130.27	5.91	8.45	189.57	10.52	1.89	250.69	110.11	9.32	1.15	0.89
Varianza campionaria	0.01	47.94	9.52	3.03	5.90	10.47	16970.61	34.92	71.34	35938.54	110.72	3.58	62843.60	12125.06	86.80	1.32	0.80
Curtosi	0.99	-1.45	7.61	0.33	-0.84	6.24	2.15	-0.32	8.49	4.41	9.23	5.04	12.91	1.43	-1.02	-0.04	-0.82
Asimmetria	0.89	0.12	-2.45	-0.39	0.53	2.26	1.37	0.82	2.70	2.00	2.78	2.20	3.37	1.45	0.35	-0.49	0.10
Intervallo	0.41	21.04	14.38	7.13	8.00	13.70	489.95	17.77	36.93	766.29	47.03	7.68	1135.23	384.66	32.60	4.55	3.13
Minimo	8.15	6.06	22.47	3.56	0.50	0.90	0.70	0.17	0.51	205.37	6.15	0.22	24.96	1.53	13.84	2.23	0.26
Massimo	8.57	27.09	36.85	10.69	8.50	14.60	490.65	17.94	37.44	971.66	53.18	7.90	1160.19	386.19	46.44	6.78	3.38
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.24	1.44	0.81	1.14	1.51	60.97	2.77	3.95	88.72	4.92	0.89	117.32	51.53	4.36	0.54	0.42

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

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

Granulometria

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa e in 4 stazioni denominate SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a circa 1-2 km di distanza dalla costa (vedi Figura 112 e



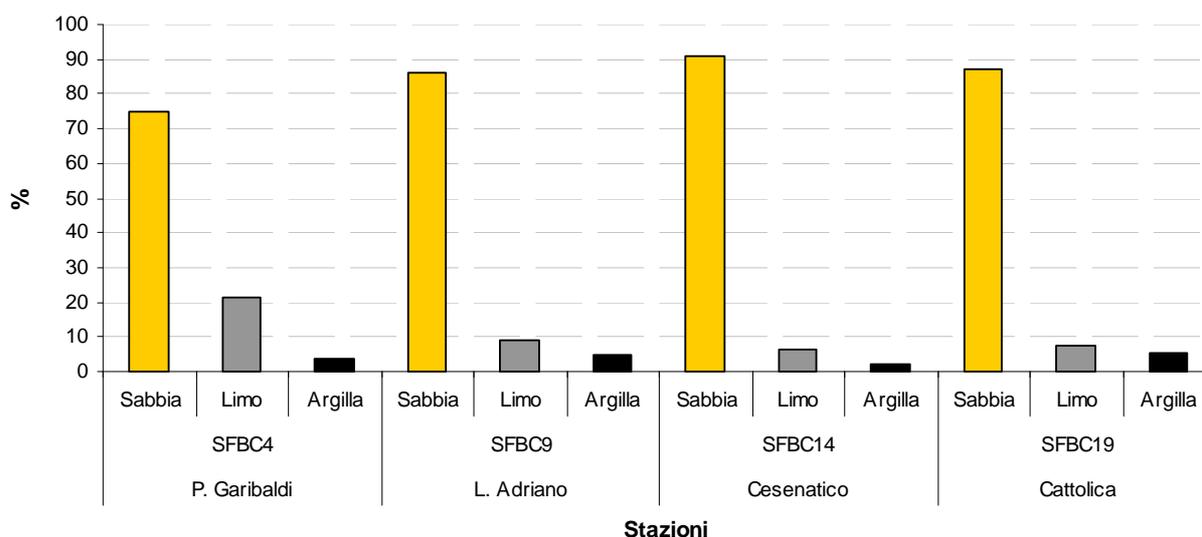


Figura 113). La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 6).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che (Figura 112):

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

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

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa e in 4 stazioni denominate SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a circa 1-2 km di distanza dalla costa (vedi Tabella 5). La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 6).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che (Figura 112):

- nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalborsetti) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa ed è scarsa la componente sabbiosa o si equivale alla componente argillosa come nel caso di P.Garibaldi;
- nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna) 314 (Cesenatico), 317 (Rimini) e 319 (Cattolica) tende a prevalere la componente sabbiosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti;

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni SFBC evidenzia che nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) prevale la componente sabbiosa in tutte le stazioni nell'indagine granulometrica relativa al 2015 e 2016. Nel 2014 invece, prevale la componente sabbiosa nella stazione SFBC4 (P.Garibaldi) e SFBC14 (Cesenatico) mentre nella stazione SFBC 9 (L. Adriano) e SFBC 19 (Cattolica) prevale la componente argillosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti.

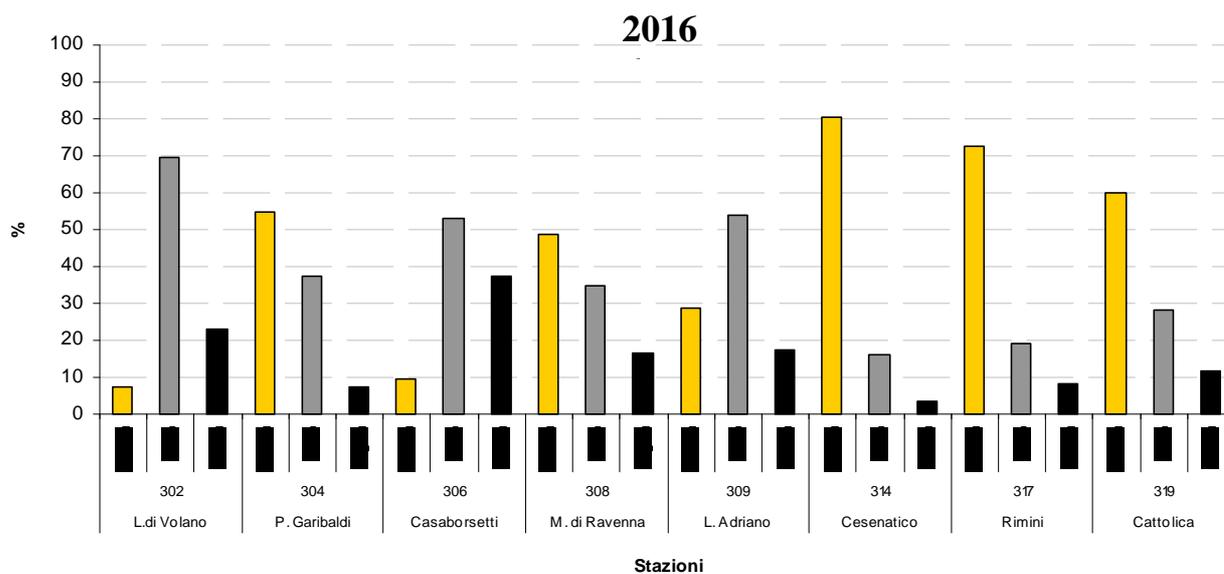
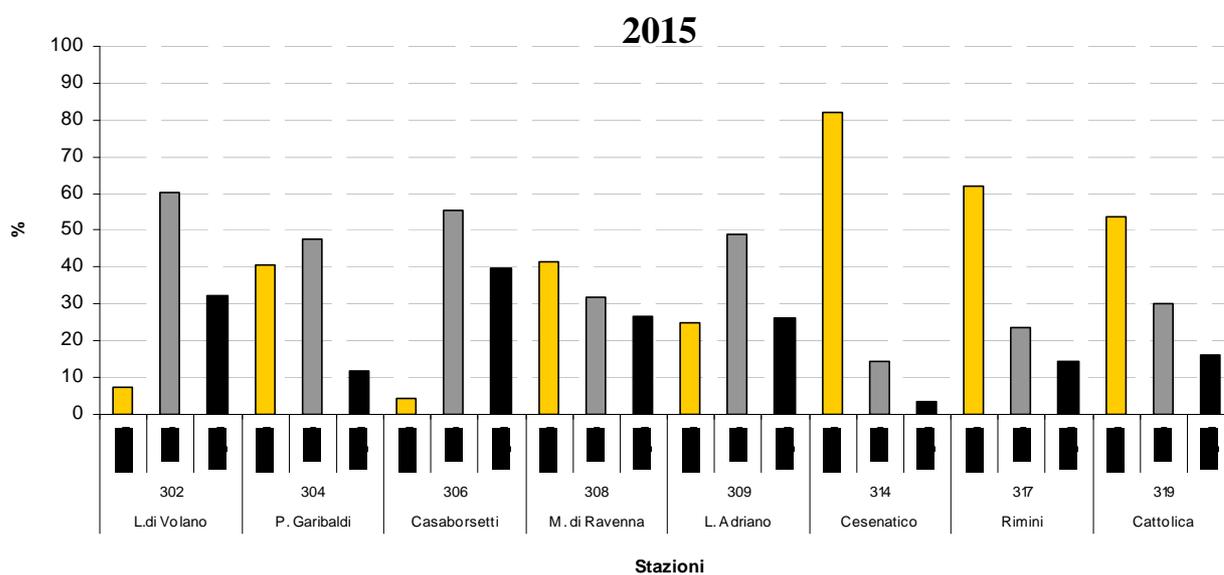
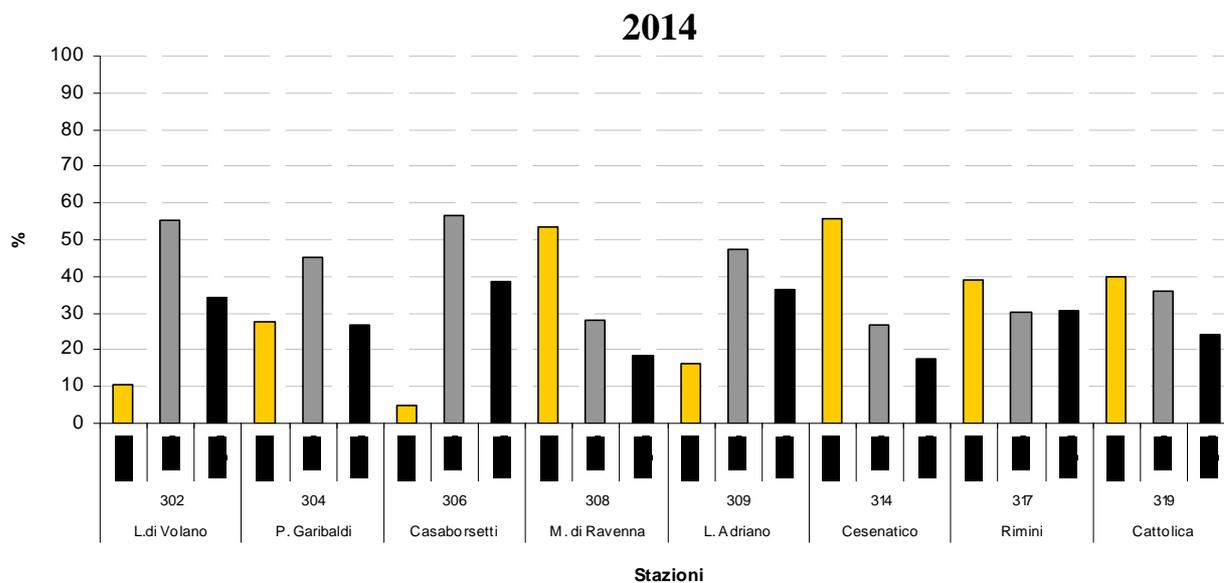


Figura 112 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

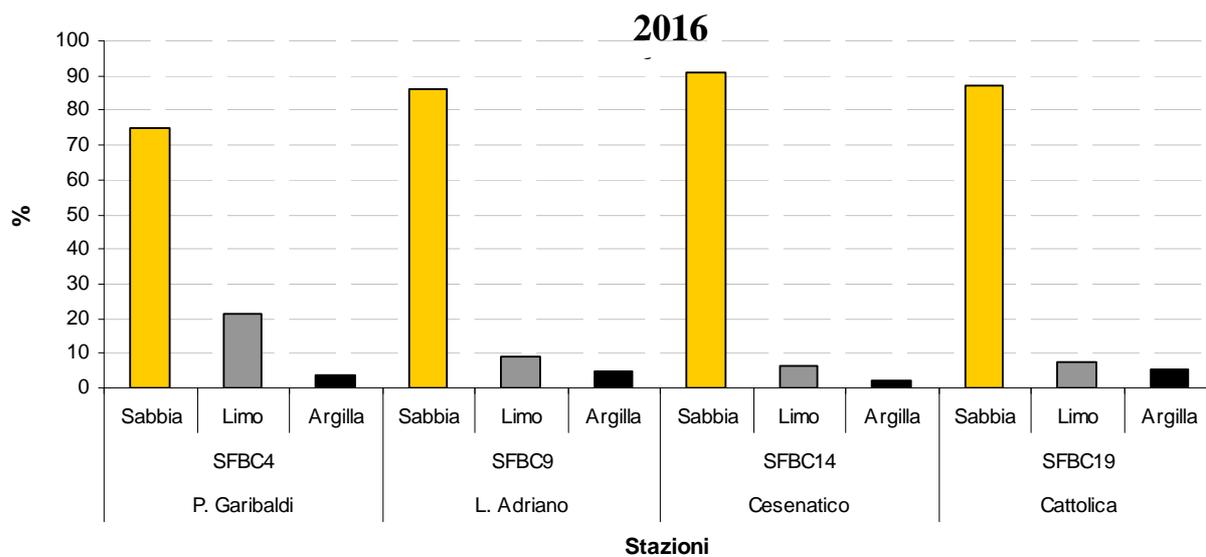
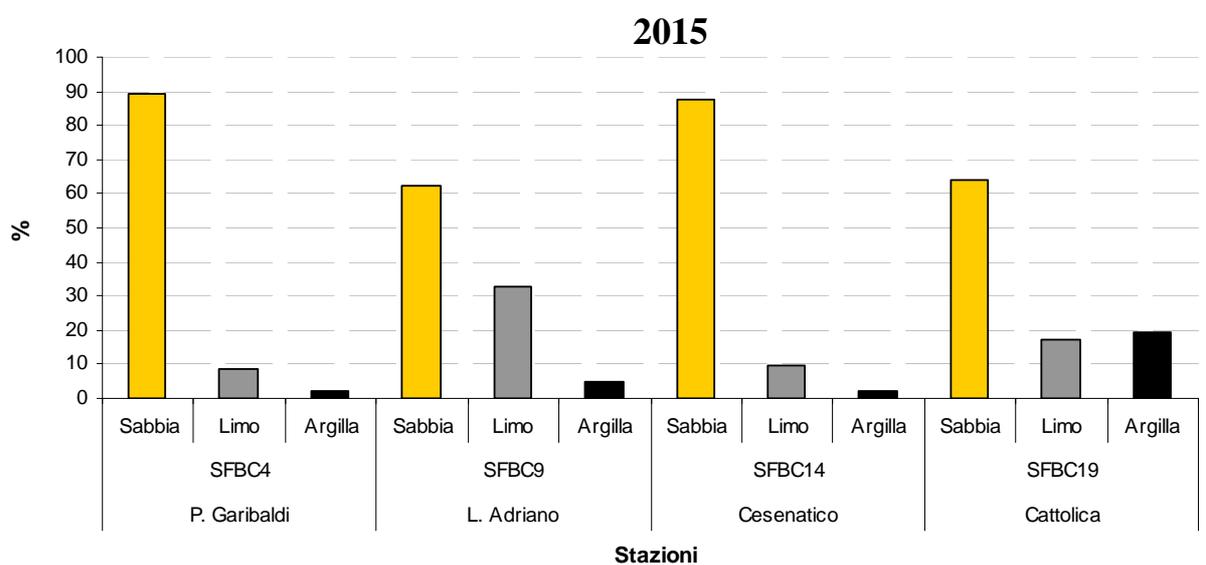
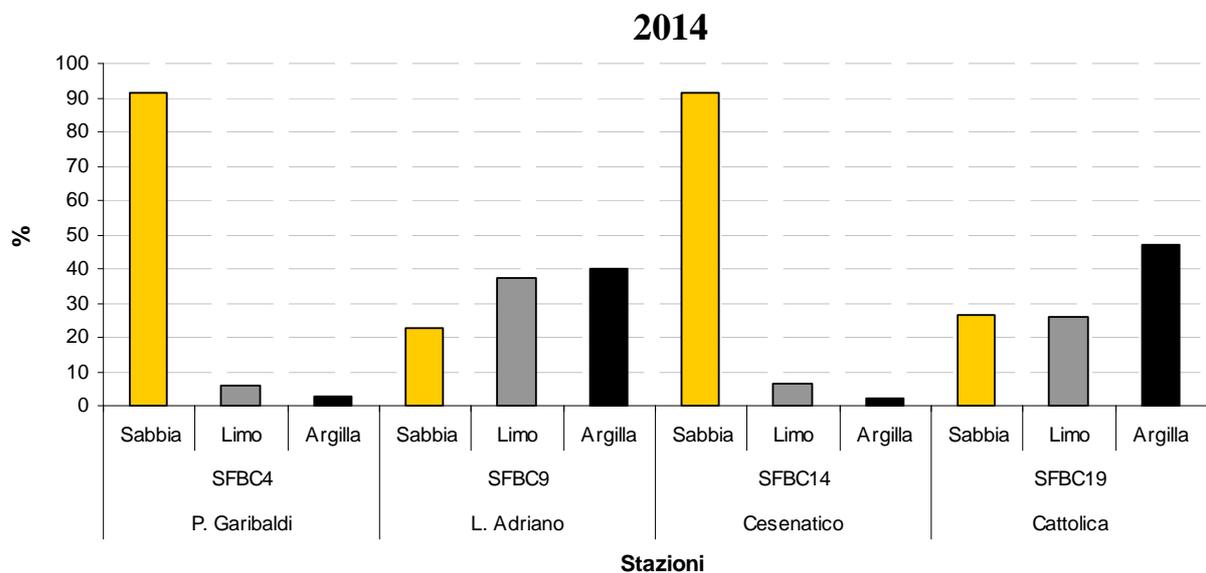


Figura 113 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

Carbonio Organico Totale (TOC)

Di seguito si riportano le percentuali medie/anno di Carbonio Organico Totale (TOC) relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa e in 4 stazioni denominate SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a circa 1-2 km di distanza dalla costa (vedi Figura 114 e Figura 115). La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 6).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra 0.14 e 1.33%.

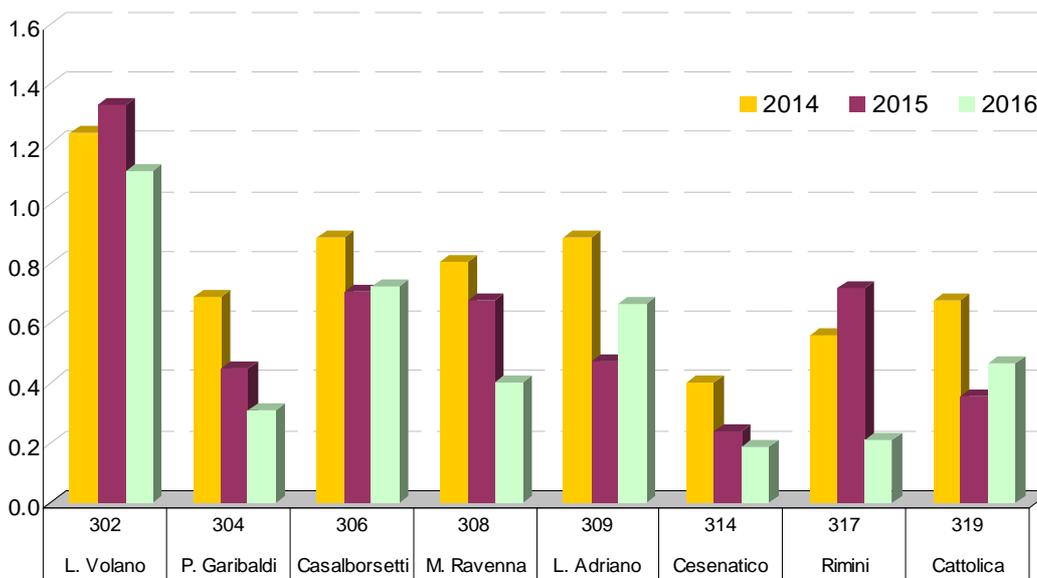


Figura 114 - Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa

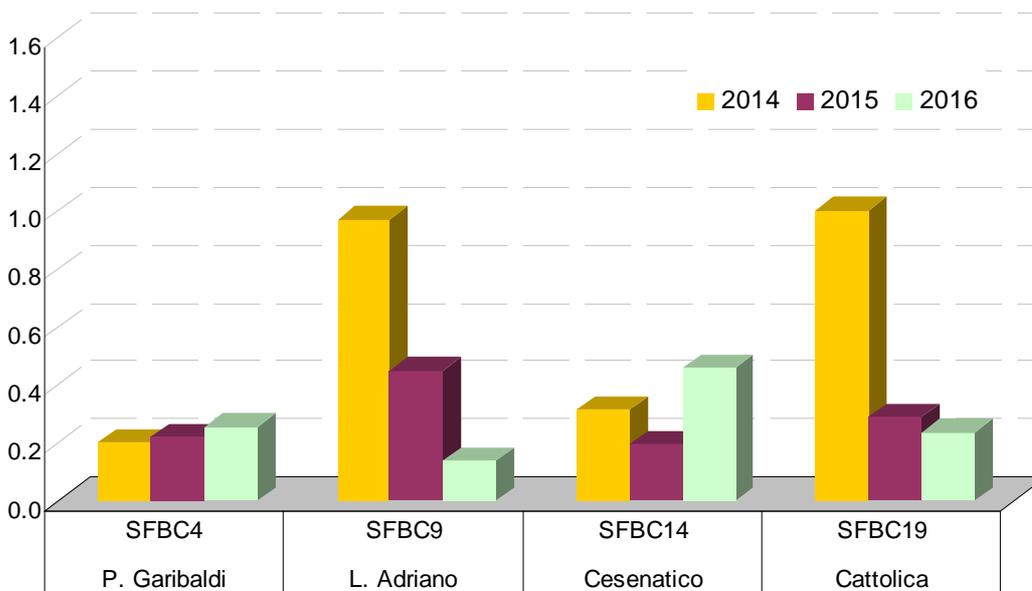


Figura 115 - Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sulle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità concorrono alla definizione dello Stato Ecologico delle acque marino costiere come elementi a sostegno degli EQB (Elementi di Qualità Biologica). Il DM 260/10, prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B DM 260/10) e nella matrice sedimento (tab. 3/B del DM 260/10).

5.2.3.a Sostanze ricercate nell'acqua

Sono ricercate in mare solo le sostanze che superato gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) a chiusura di bacino dei fiumi che sfociano in Adriatico. Le sostanze di cui alla tab. 1/B del DM 260/10 ricercate nell'acqua nel triennio 201-2016 sono: azoxistrobin, cloridazon, matalaxil, metolaclor, oxadiazon, boscalid, propizamide e tiametoxan.

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca di tali sostanze sono 8 ubicate a 0.5 km e una a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è mensile (vedi Tabella 6).

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'attività di monitoraggio svolta nel triennio 2014-2016, è emerso che un'alta percentuale dei valori di concentrazione è inferiore ai limiti di quantificazione strumentale (LdQ) e la media annuale relativa al 2014, 2015 e 2016 degli inquinanti specifici ricercati in ciascuna stazione è inferiore agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) indicati in tab. 1/B del DM 260/10.

Per il triennio 2014-2016, lo stato di qualità dei corpi idrici per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB ricercati nell'acqua è Buono in entrambi i corpi idrici marino costieri (CD1 e CD2).

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.M. 260/10.

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

Metalli: arsenico, cromo totale e cromo VI

Nella Figura 116 si riporta la media annuale della concentrazione dei metalli determinati sul sedimento.

Nel triennio 2014-2016 i campionamenti sono stati effettuati con cadenza semestrale; in primavera e in autunno.

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

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

I valori medi/anno dell'arsenico e del cromo VI non superano i relativi SQA (rispettivamente 12 mg/kg e 2 mg/kg).

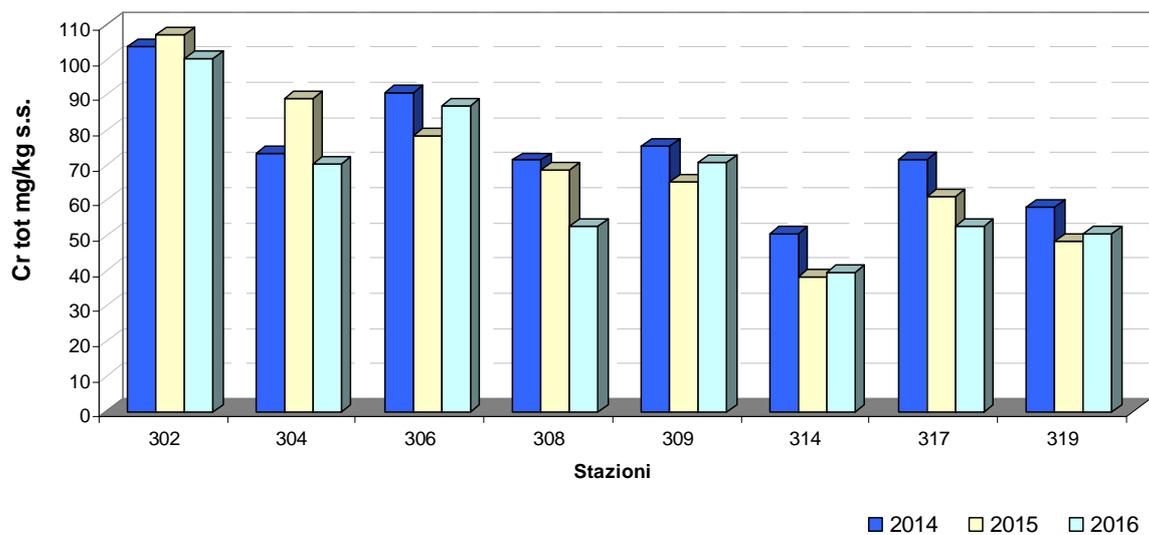
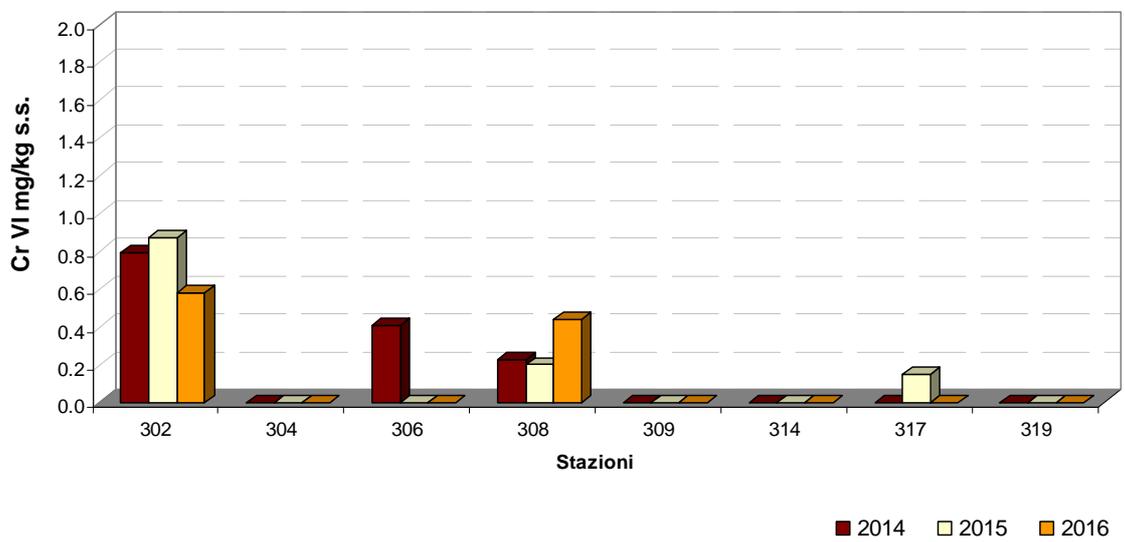
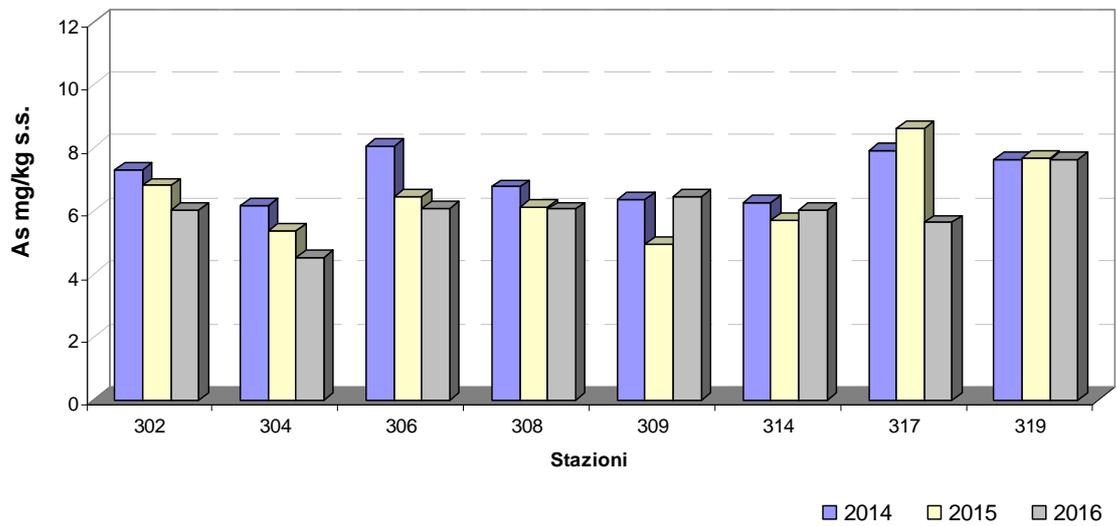


Figura 116 – Medie annuali delle concentrazioni di arsenico, cromo VI e cromo tot

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

Nella Figura 117 si riportano le medie annuali della somma delle concentrazioni degli IPA e dei PCB determinati sul sedimento nelle stazioni delle acque marino costiere nel triennio 2014-2016.

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

Lo stato di qualità per gli IPA e i PCB è Buono per entrambi i corpi idrici marino costieri (CD1 e CD2).

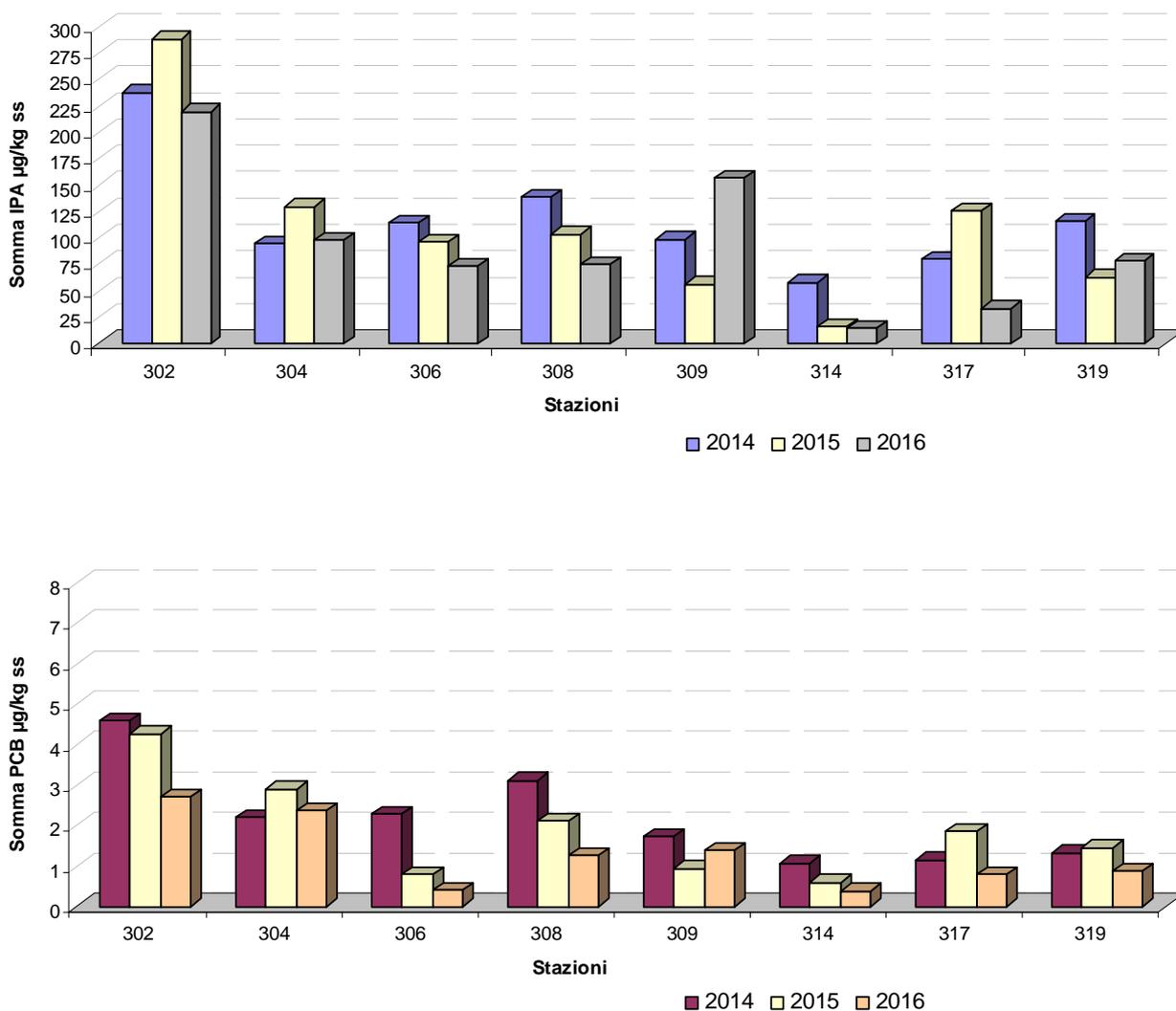


Figura 117 – Medie annuali della somma delle concentrazioni di IPA e PCB determinati sui sedimenti marini ($\mu\text{g}/\text{kg ss}$)

Diossine, Furani e PCB dioxin like

Per le diossine (CDD), i furani (CDF) e i PCB dioxin like, il DM 260/10 alla tab.3/B definisce i congeneri più significativi da monitorare e lo standard di qualità (SQA) da applicare ai sedimenti (TE 2 ng/kg ss).

Le stazioni interessate sono 8 a 3 km di distanza dalla costa e la frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 6).

Nella Figura 118 sono riportati i valori medi/anno relativi al triennio 2014-2016, della somma del TE (Tossicità Equivalente*) delle diossine e dei furani + PCB dioxin like di ciascuna stazione indagata. I valori medi che si collocano fra lo SQA e lo SQA+20%, ai fini della classificazione, sono da considerarsi conformi rispetto alla tab. 3/B del DM 260/10 anche se meritano comunque una certa attenzione nel tempo. Non sono conformi i valori che superano lo SQA+20% (2.4 ng/kg ss).

Nel 2014 si osserva che le stazioni 302 e 304 hanno valori medi/anno superiori al SQA+20% (2.4 ng/kg ss). In tutti e due i casi il superamento dell'SQA + 20% è da attribuire al congenere PCB 126. Tale congenere è stato ritrovato nelle suddette stazioni a concentrazioni bassissime, leggermente al di sopra del limite di quantificazione (L.d.Q.), ma il congenere PCB 126 ha un fattore di tossicità molto elevato che, moltiplicato a valori di concentrazione anche bassissimi, determina il superamento del SQA + il 20% come nei due casi sopra citati.

Nel 2015 e nel 2016 i valori medi/anno per il TE delle Diossine, Furani e PCB dioxin like sono tutti inferiori al SQA+20% (2.4 ng/kg ss).

Osservando i grafici di Figura 118 si nota che i valori medi/anno, da un anno all'altro, variano considerevolmente nell'ambito di ciascuna stazione. Non è osservabile quindi un andamento tipico che si ripropone di anno in anno come si osserva spesso per le altre tipologie di inquinanti.

Nel triennio considerato, lo stato di qualità per le Diossine, Furani e PCB dioxin like è Sufficiente per il corpo idrico CD1 e Buono per il CD2.

* Tossicità Equivalente: Concentrazione della sostanza moltiplicata per il suo fattore di tossicità WHO 2005.

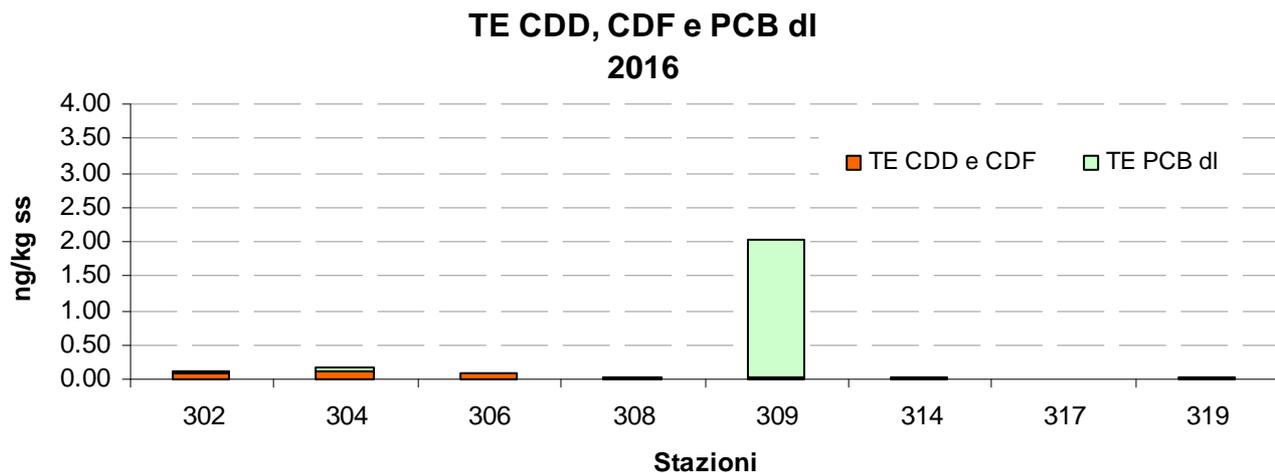
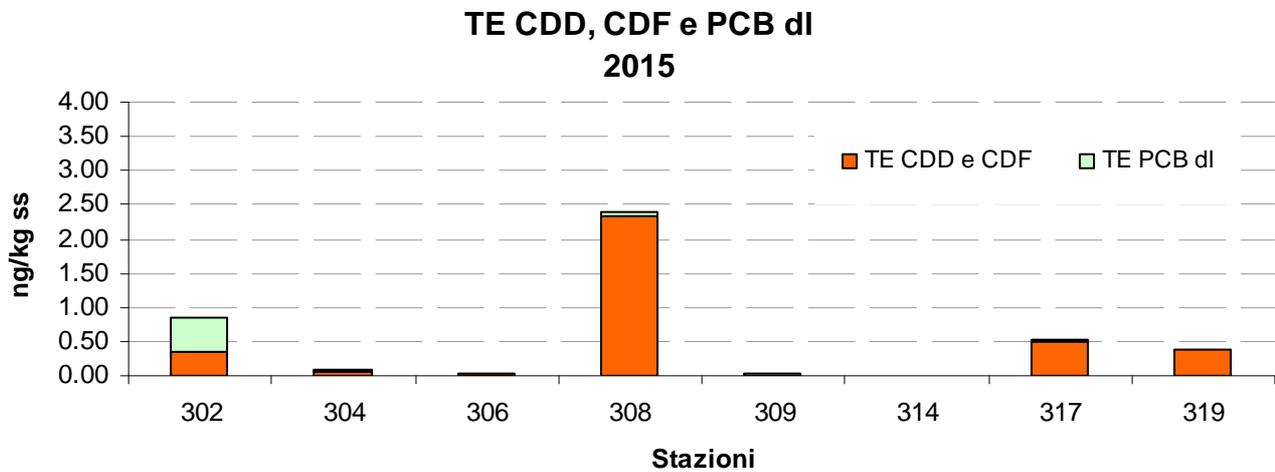
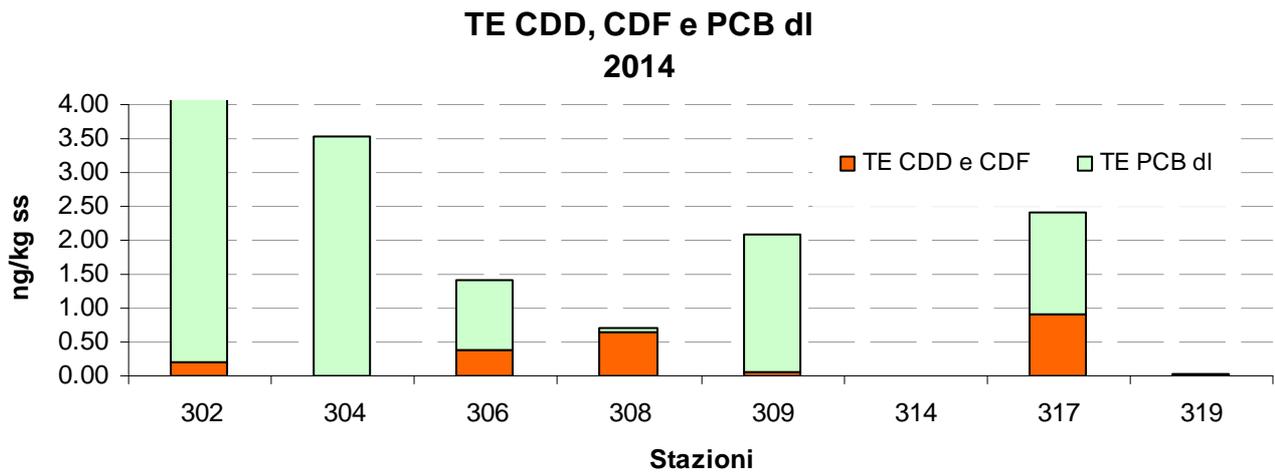


Figura 118 – Media annuale della somma del TE di CDD, CDF e PCB dioxin like determinati sui sedimenti marini

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 DM 260/10 prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/A), nella matrice sedimento (tab. 2/A) e, opzionalmente, nel Biota (tab. 3/A).

5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

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

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

Nel Triennio 2014-2016, i valori medi e i valori massimi di concentrazione delle sostanze ricercate, sono risultate conformi rispetto ai relativi Standard di Qualità Ambientali (SQA) riportati nella tab. 1/A del DM 260/10 e lo stato di qualità dei due corpi idrici CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) è Buono per entrambi.

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 DM 260/10. Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti sono 8 e sono ubicate a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 6 e Tabella 5).

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

Metalli: cadmio, nichel, piombo, mercurio

Nella Figura 119 si riporta la media annuale relativa al triennio 2014-2016 della concentrazione di alcuni metalli ricercati sul sedimento. Non si riporta il grafico relativo al mercurio in quanto tutti i valori sono inferiori al limite di quantificazione. Osservando la figura, si nota che valori medi/anno di concentrazione del cadmio e del piombo sono inferiori al relativo SQA definito dal DM 260/10 (0.3 mg/kg per il cadmio e 30 mg/kg per il piombo e nichel).

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

Nel sito della Regione Emilia-Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/metalli-pesanti/carta-pedogeochemica-cr-ni-zn-pb-cu-250-2012>) sono pubblicate le carte del fondo naturale relativa ad alcuni metalli (Cr, Ni, Zn, Cu, Pb). Nella carta del fondo naturale del nichel si osserva che generalmente il fondo naturale lungo la costa regionale è maggiore 60 mg/kg.

Per i metalli di cui alla tab. 2/A del DM 260/10, lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) è Buono per entrambi.

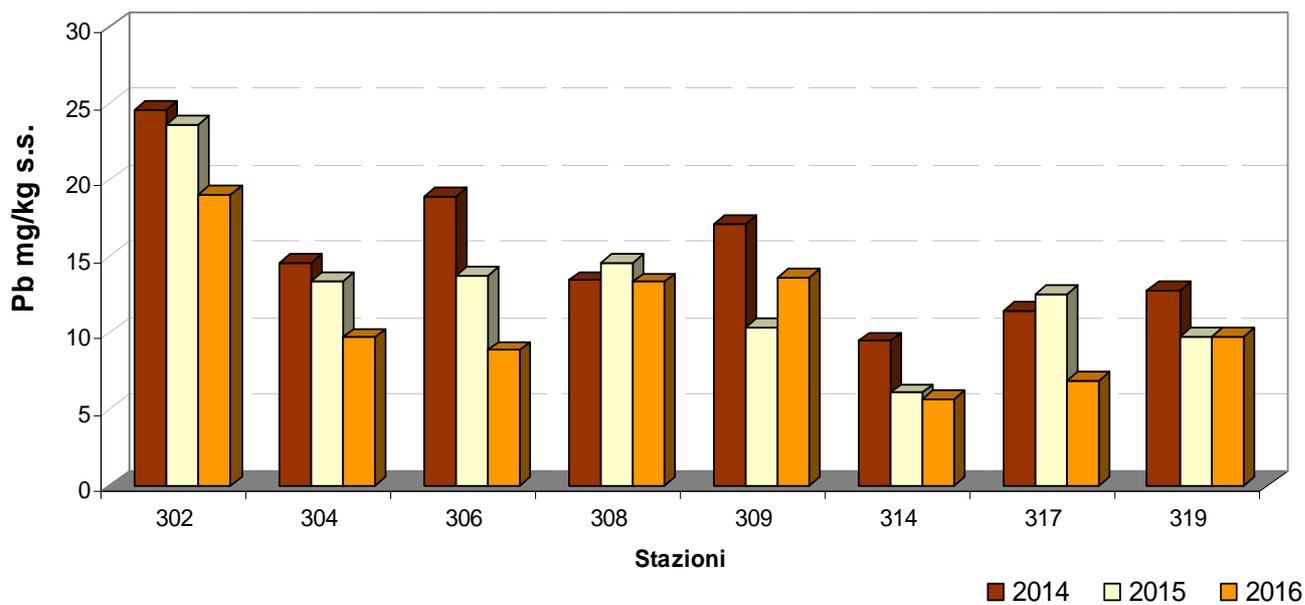
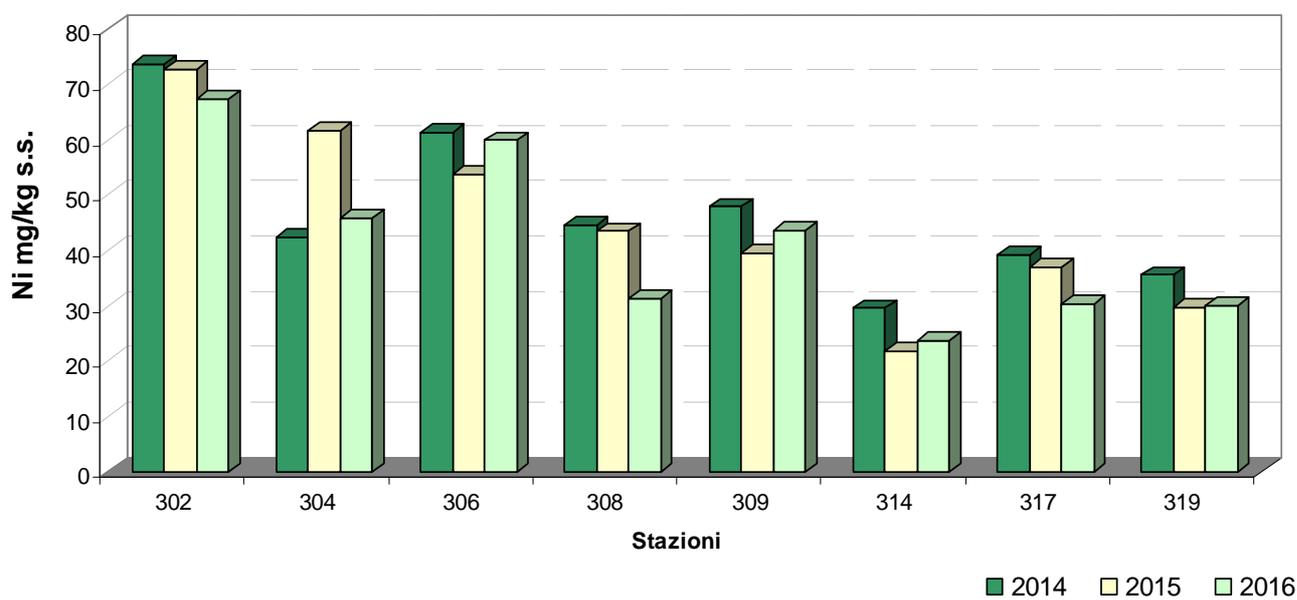
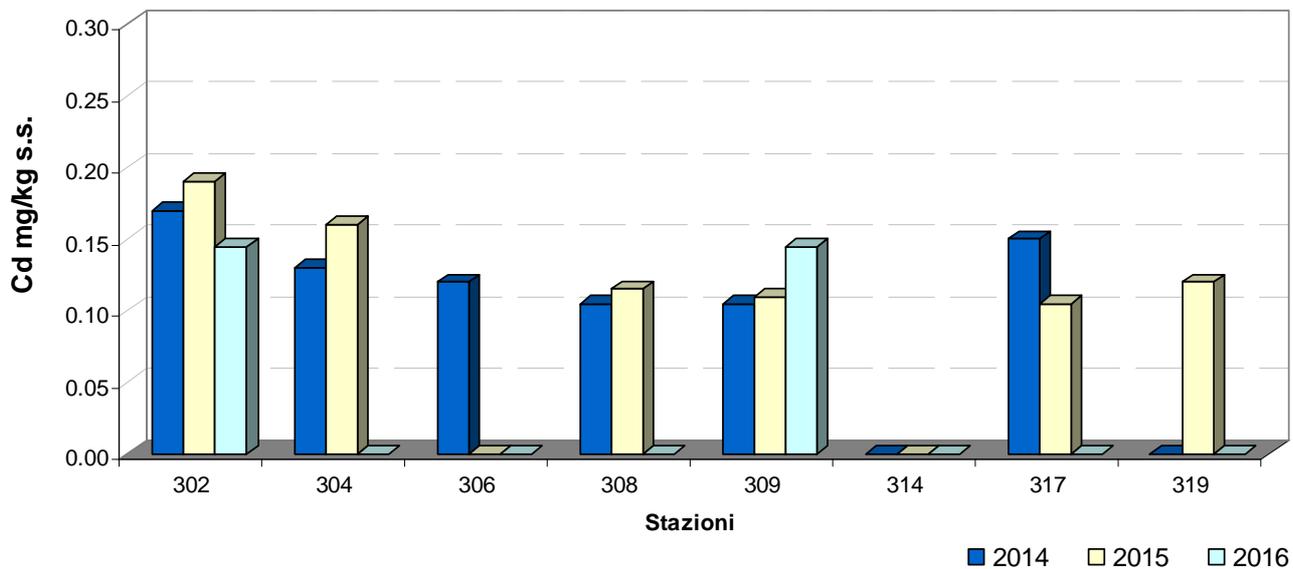


Figura 119 – Medie annuali del cadmio, nichel e piombo determinati sul sedimento

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): alcuni parametri significativi

Nella Figura 120 si riportano le medie annuali delle concentrazioni degli IPA, di cui alla tab. 2/A del DM 260/10, determinati sui sedimenti marini prelevati nel triennio 2014-2016 nelle 8 stazioni d'indagine a 3 km di distanza dalla costa (vedi Tabella 6).

Nella figura non si riporta il grafico relativo al naftalene in quanto i valori medi/anno di concentrazione sono tutti inferiori al limite di quantificazione strumentale e quindi abbondantemente al di sotto del relativo Standard di Qualità Ambientale (SQA) definito dal DM 260/10.

Non si riscontrano valori medi/anno che superano gli SQA di cui alla tab. 2/A del DM 260/10. Per gli IPA, lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) è Buono.

Pesticidi

Nella tab. 2/A del DM 260/10 sono indicati i pesticidi da ricercare nei sedimenti marini e i relativi SQA. Le stazioni per le quali è stata effettuata la ricerca dei pesticidi sono 8 a 3 km dalla costa (vedi Tabella 6 e Tabella 5). Generalmente, i valori di concentrazione dei pesticidi sono spesso inferiori al limite di quantificazione con l'eccezione di tre parametri che sono la somma del DDD, DDE e DDT.

Nella stazione 302 di Lido di Volano si è verificato nel 2014 e nel 2015 un lieve superamento dell'SQA per la somma del DDT che comunque non ha compromesso il buono stato chimico del corpo CD1 (Goro-Ravenna).

Per i pesticidi, nel triennio 2014-2016, lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 è per entrambi Buono.

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

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti di cui alla tab. 3/A del DM 260/10 sono 4 e sono ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è annuale (vedi Tabella 6 e Tabella 5).

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

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

5.2.5 Test ecotossicologici

Le indagini ecotossicologiche interessano 8 stazioni a circa 3 km di distanza dalla costa con frequenza annuale (vedi Tabella 6 e Tabella 5).

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

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

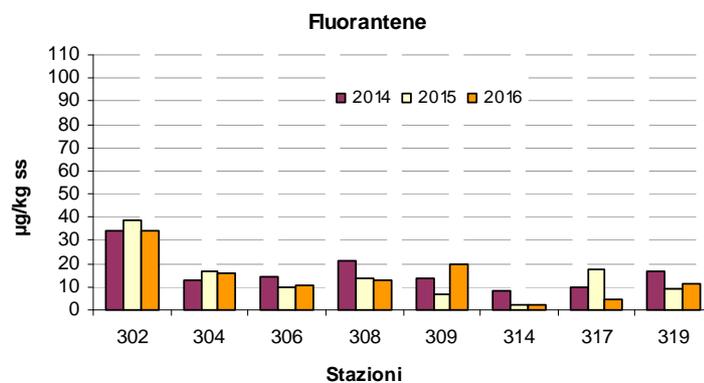
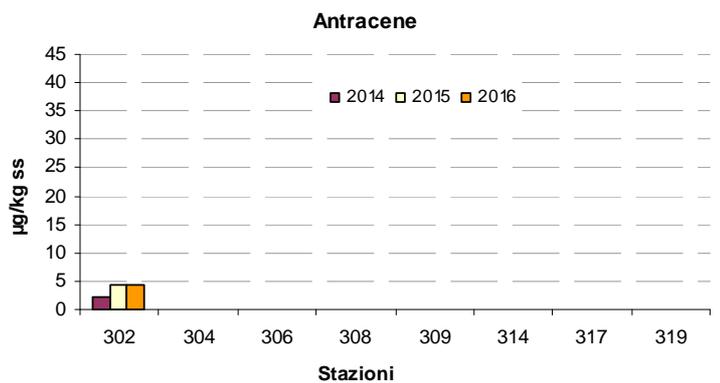
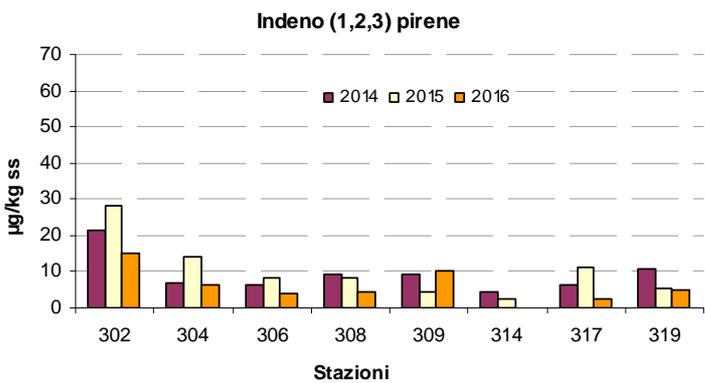
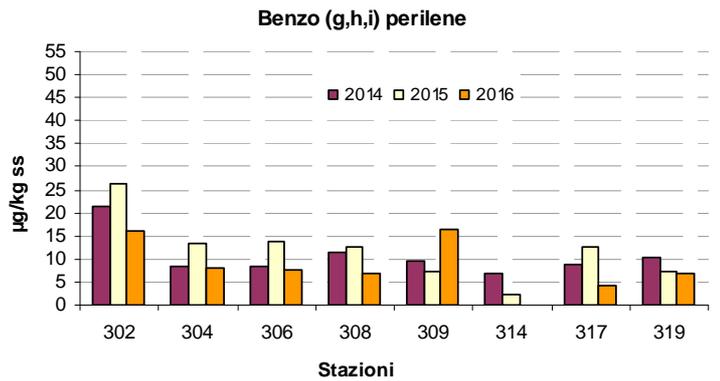
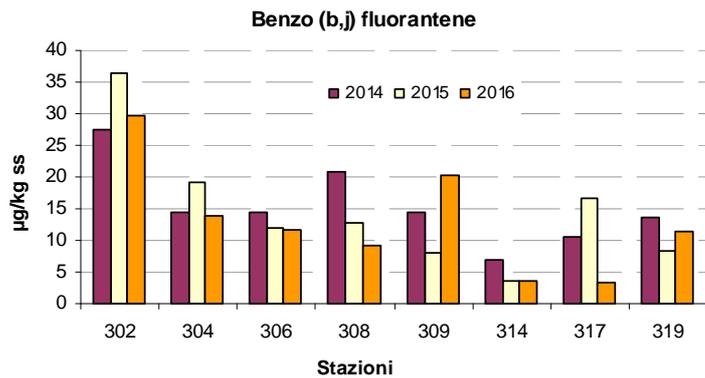
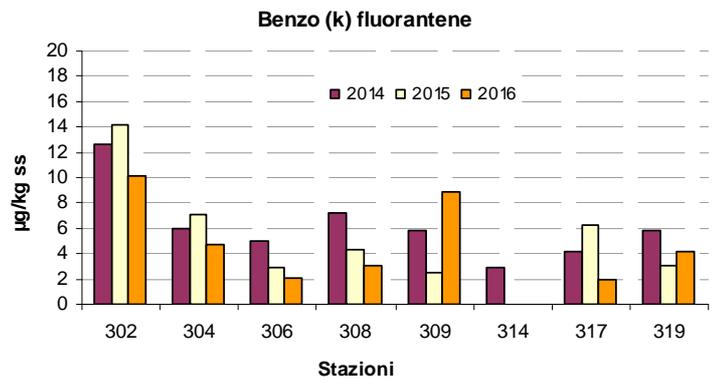
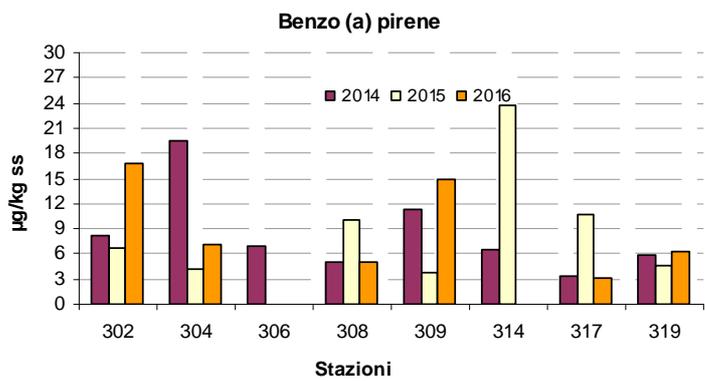


Figura 120 – Medie annuali delle concentrazioni dei Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) più significativi determinati sui sedimenti marini

5.2.6 Direzione e altezza onde

La stazione di rilevamento è stata installata da ARPA, ora ARPAE, il 23 maggio 2007 ed è equipaggiata con una boa ondometrica Datawell Directional wave rider MkIII 70 posizionata alle seguenti coordinate: 44.2156°N 12.4766°E - WGS84 (Figura 121). La boa è collocata a circa 8 km al largo di Cesenatico su un fondale di 10 m di profondità in una zona interdetta alla navigazione, all'attracco ed alla pesca. Il sistema ricevente a terra è situato presso la Struttura Oceanografica Daphne a Cesenatico. I dati vengono acquisiti ogni 30' ed archiviati nel data base meteo-marino del Servizio IdroMeteoClima. Il sistema è stato acquisito, su incarico della Regione Emilia-Romagna, nell'ambito del progetto Beachmed-E, sottoprogetto Nausicaa e mantenuto anche grazie al finanziamento derivante dal progetto europeo MICORE (FP7-ENV-2007-1 Cooperation, Grant agreement n. 202798).

I dati rilevati sono elaborati e visibili al sito <http://www.arpae.it/sim/?mare/boa>.



Figura 121 – Boa Nausicaa posizionata in mare

La Figura 122 mostra i valori relativi all'altezza significativa dell'onda nell'anno 2016.

Durante il periodo autunnale ed invernale il picco di altezza dell'onda si è verificato il 4 febbraio 2016 alle ore 02:00 con un valore di 3.03 m ed una direzione di provenienza di 30.9° (Nord/Nord-Est), mentre durante il periodo primaverile ed estivo il 23 marzo 2016 alle ore 10:30 con un valore di 3.11 m ed una direzione di provenienza di 61.9° (Est/Nord-Est).

Sia per il periodo autunno-inverno che per il periodo primavera-estate del 2016 nella maggior parte dei casi si hanno valori di altezza dell'onda minori di 1 m, in entrambi i macroperiodi nel 91% dei casi; i casi in cui l'altezza significativa dell'onda è tra 1 m e 3 m sono invece in entrambi i macroperiodi del 9% circa. Infine il numero di casi in cui si hanno valori di altezza significativa dell'onda superiori ai 3 m sono rari ed inferiori all'1%.

ALTEZZA DELL'ONDA (m) - ANNO 2016

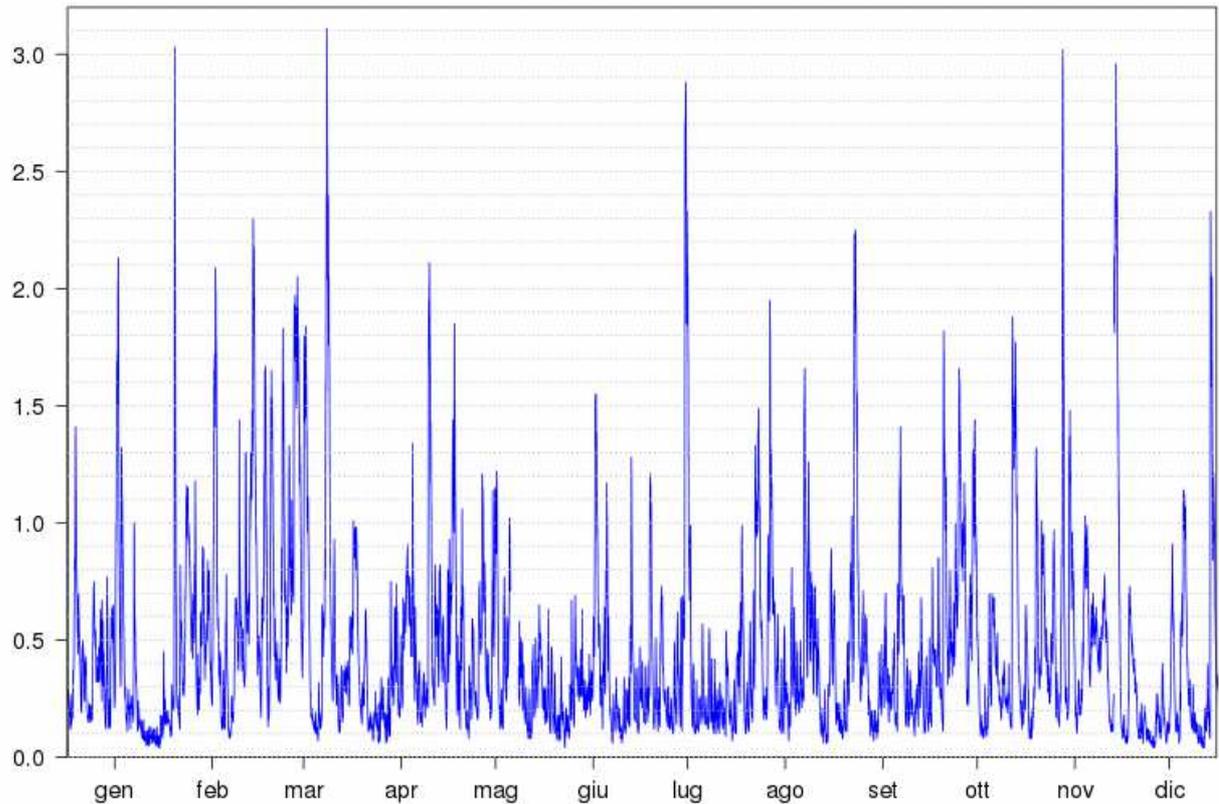


Figura 122 - Altezza delle onde (metri) per l'anno 2016

Nella Figura 123 sono riportate le distribuzioni direzionali dell'altezza significativa dell'onda per il 2016: autunno-inverno e primavera-estate. Da tali grafici si osserva che le direzioni prevalenti per il periodo primavera-estate sono le direzioni Est e Est/Sud-Est nel 26% dei casi ciascuna, mentre nel periodo autunno-inverno la direzione prevalente è la direzione Est, che si presenta nel 31% dei casi.

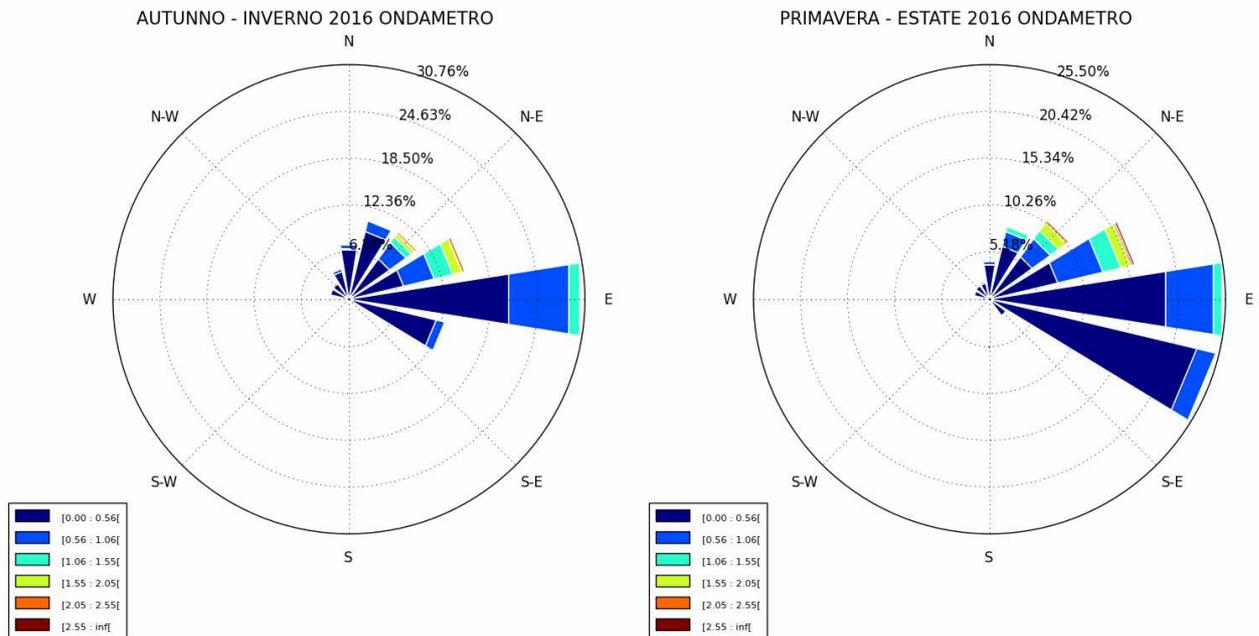


Figura 123 - Distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per l'anno 2016

5.2.7 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM SW dell'Aanderaa (Figura 124) permette di misurare velocità e direzione della corrente ad una profondità nota della colonna d'acqua; lo strumento in questo caso è posizionato al largo di Cesenatico ad una profondità di 4 metri dalla superficie del mare (batimetria 10 m) a circa 3 km dalla costa, vicino ad una zona destinata all'allevamento di mitili ed interdetta alla pesca, alle seguenti coordinate: 44°12.743N 12°28.309E. I dati vengono registrati in una scheda di memoria contenuta all'interno dello strumento.



Figura 124 – Correntometro RCM SW (Aanderaa)

La Figura 125 mostra i valori dell'intensità della velocità della corrente rilevata nel 2016; si precisa che i valori sono mancanti nel periodo che va dal 13 marzo 2016 al 27 luglio dello stesso anno. Si osserva che il valore massimo di intensità della corrente durante il periodo autunno-inverno è stato osservato il 12 novembre 2016 alle ore 3:30 con un valore di 0.79 m/s ed una direzione di 150° (Sud/Sud-Est), mentre il valore più elevato registrato durante il periodo primavera-estate è di 0.49 m/s ed una direzione di 153° (Sud/Sud-Est), osservato intorno alle ore 16:15 del 3 marzo 2016.

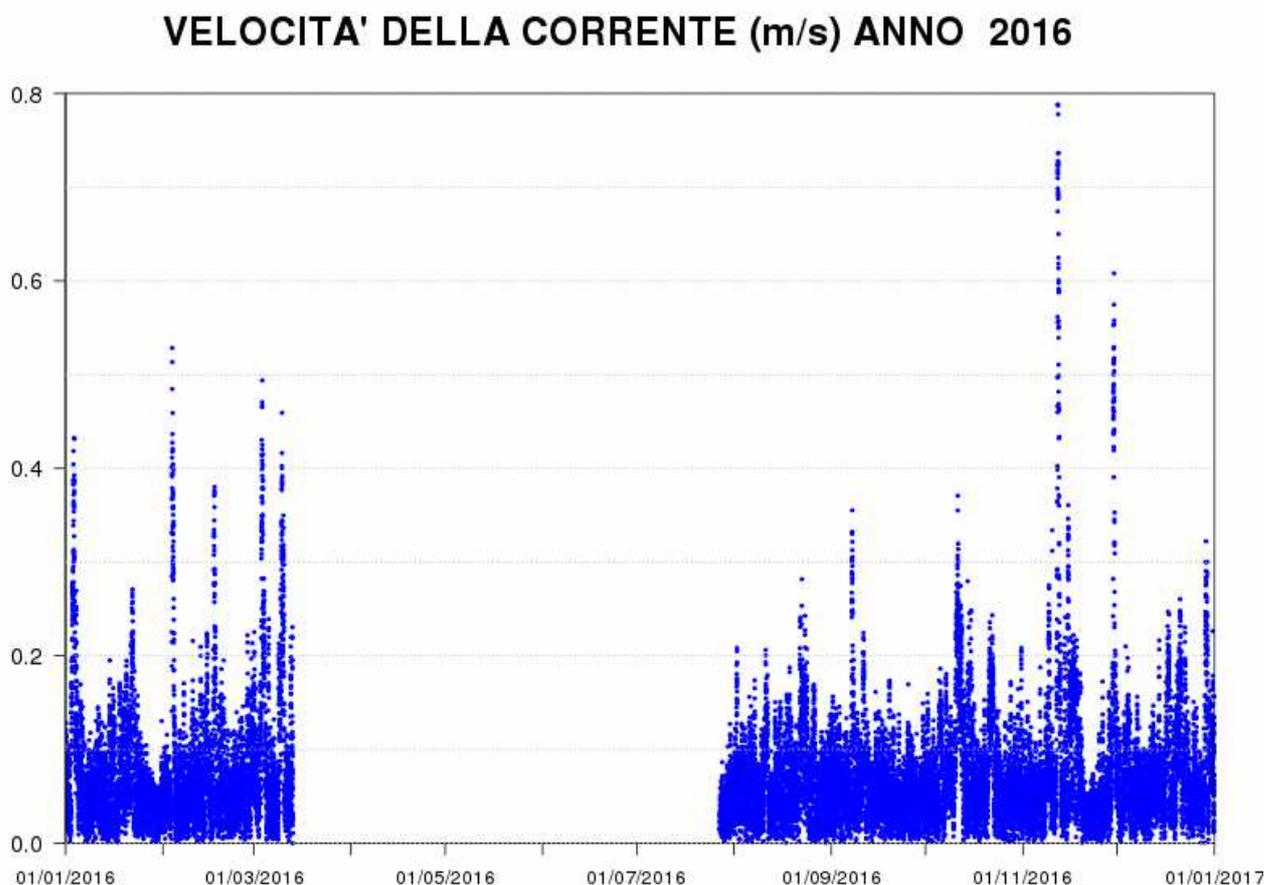


Figura 125 - Intensità della corrente per l'anno 2016

Nei grafici di Figura 126 sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2016 per due periodi: autunno-inverno (da settembre a febbraio) e primavera-estate (da marzo ad agosto). Si osserva che le direzioni prevalenti della corrente sono Nord-Ovest e Sud-Est; lungo queste direzioni si riscontrano inoltre anche i maggiori valori di velocità della corrente stessa. In particolare nel periodo autunno-inverno prevale la direzione Sud-Est in circa il 21% circa delle registrazioni, dove sono presenti anche i massimi di velocità; per quanto riguarda invece il periodo primavera-estate, tenendo conto di una gran quantità di dati mancanti in quel periodo, si ha che la direzione prevalente, che in questo caso è anche quella in cui si hanno i valori massimi di velocità, è la direzione Sud-Est, dove ricadono circa il 21% dei dati.

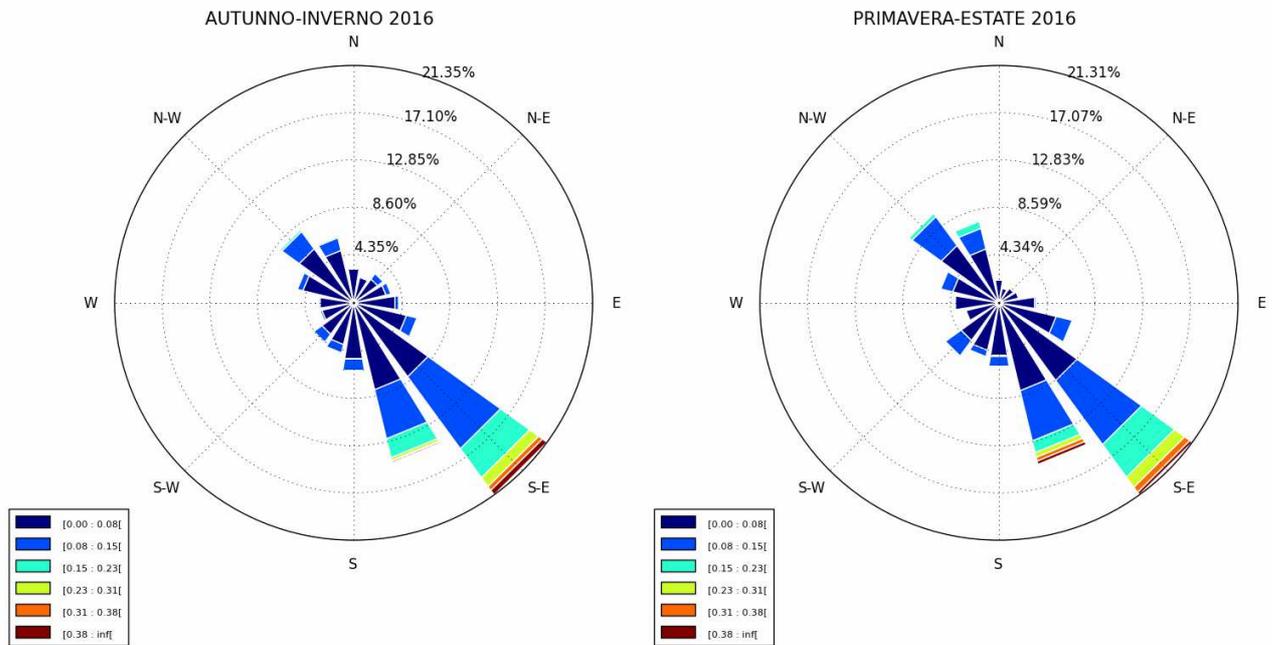


Figura 126 - Distribuzioni direzionali della corrente (m/s) nel 2016

5.3 LO STATO ECOLOGICO

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

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

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

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

La Tabella 23 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico nelle acque marine costiere riporta per il triennio 2014-2016 il riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici (CD1 e CD2) del litorale emiliano romagnolo.

La Figura 127 riporta lo stato ecologico delle acque marine costiere per il periodo 2014-2016.

Tabella 23 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico nelle acque marine costiere

2014				Elementi Biologici		Elementi fisico-chimici	Inquinanti specifici DM 260/10		STATO ECOLOGICO
Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Fitoplancton (clorofilla "a")	Macrobenthos (M-AMBI)	TRIX	Matrice acqua tab. 1/B	Matrice sedimento tab. 3/B	
CD1 Goro-Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Buono	Sufficiente	CD1 Sufficiente
		302							
		4	Porto Garibaldi						
		SFBC4 304							
	6	Casalborsetti							
			306						
CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	308	Marina di Ravenna	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Elevato	Buono	CD2 Sufficiente
		9	Lido Adriano						
		SFBC9 309							
		14	Cesenatico						
		SFBC14 314							
		17	Rimini						
		317							
		19	Cattolica						
		SFBC19 319							

2015				Elementi Biologici		Elementi fisico-chimici	Inquinanti specifici DM 260/10		STATO ECOLOGICO
Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Fitoplancton (clorofilla "a")	Macrobenthos (M-AMBI)	TRIX	Matrice acqua tab. 1/B	Matrice sedimento tab. 3/B	
CD1 Goro-Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono	Buono	CD1 Sufficiente
		302							
		4	Porto Garibaldi						
		SFBC4 304							
	6	Casalborsetti							
			306						
CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	308	Marina di Ravenna	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono	Buono	CD2 Sufficiente
		9	Lido Adriano						
		SFBC9 309							
		14	Cesenatico						
		SFBC14 314							
		17	Rimini						
		317							
		19	Cattolica						
		SFBC19 319							

2016

Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Elementi Biologici		Elementi fisico-chimici	Inquinanti specifici DM 260/10		STATO ECOLOGICO						
				Fitoplancton (clorofilla "a")	Macrobenthos (M-AMBI)	TRIX	Matrice acqua tab. 1/B	Matrice sedimento tab. 3/B							
CD1 Goro-Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono	Buono	CD1 Sufficiente						
		302													
		4	Porto Garibaldi												
		SFBC4													
304	Casalborsetti														
6															
306															
308		Marina di Ravenna													
CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	9	Lido Adriano							Sufficiente	Buono	Sufficiente	Elevato	Buono	CD2 Sufficiente
		SFBC9													
		309													
		14	Cesenatico												
		SFBC14													
		314	Rimini												
		17													
		317													
		19	Cattolica												
SFBC19															
319															

2014-2016

Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Elementi Biologici		Elementi fisico-chimici	Inquinanti specifici DM 260/10		STATO ECOLOGICO						
				Fitoplancton (clorofilla "a")	Macrobenthos (M-AMBI)	TRIX	Matrice acqua tab. 1/B	Matrice sedimento tab. 3/B							
CD1 Goro-Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono	Sufficiente	CD1 Sufficiente						
		302													
		4	Porto Garibaldi												
		SFBC4													
304	Casalborsetti														
6															
306															
308		Marina di Ravenna													
CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	9	Lido Adriano							Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono	Buono	CD2 Sufficiente
		SFBC9													
		309													
		14	Cesenatico												
		SFBC14													
		314	Rimini												
		17													
		317													
		19	Cattolica												
SFBC19															
319															

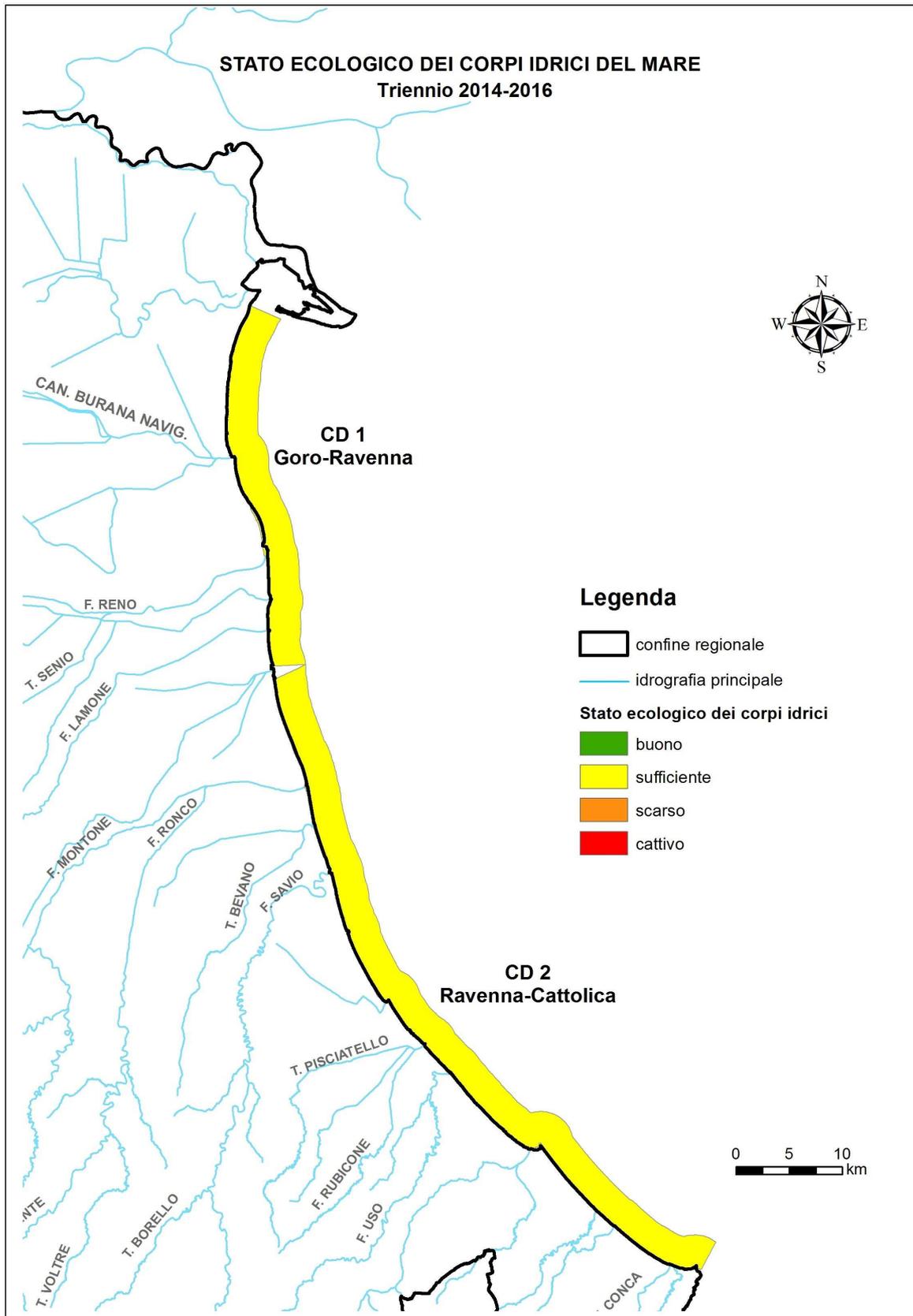


Figura 127 - Stato ecologico delle acque marino costiere: Triennio 2014-2016

5.4 LO STATO CHIMICO

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

La Tabella 24 riporta un riepilogo degli elementi qualitativi utilizzati per la valutazione dello stato chimico dei corpi idrici (CD1 e CD2) del litorale emiliano romagnolo nel triennio 2014-2016.

La Figura 128 riporta lo stato chimico delle acque marino costiere per il triennio 2014-2016.

Tabella 24 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato chimico nelle acque marino costiere

2014				Inquinanti specifici		Test ecotossicologici	STATO CHIMICO
Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Tab.1/A DM 260/10	Tab. 2/A DM 260/10		
CD1 Goro-Ravenna	Padano	2	Lido di Volano	Buono	Buono	Tossicità assente	CD1 Buono
		302					
		4	Porto Garibaldi				
		304					
CD2 Ravenna-Cattolica	Appennino settentrionale	6	Casalborsetti				
		306					
		308	Marina di Ravenna				
		9	Lido Adriano				
		309					
		14	Cesenatico				
		17	Rimini				
		317					
19	Cattolica						
319							

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

2016

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

2014-2016

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

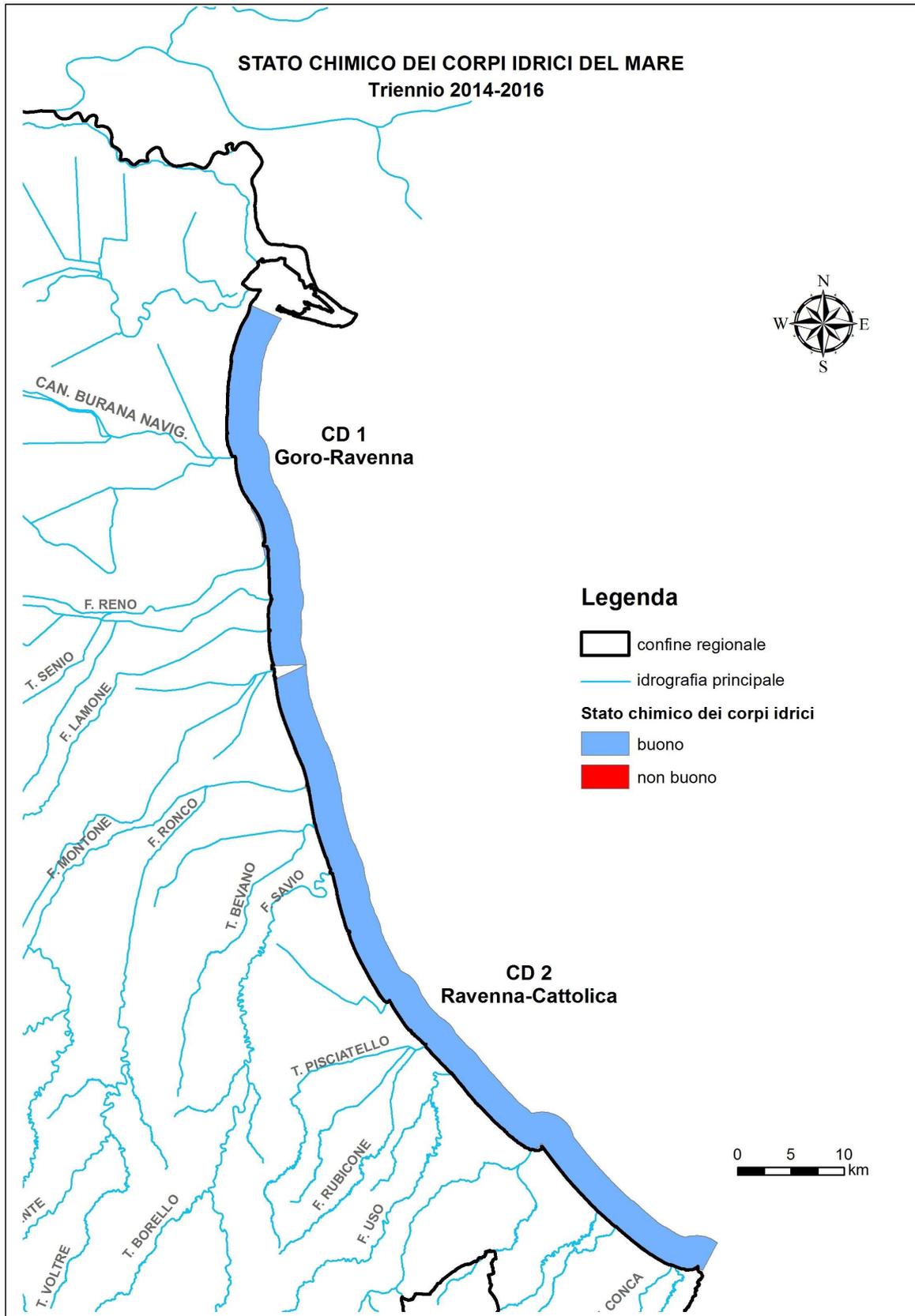


Figura 128 - Stato chimico delle acque marino costiere: Triennio 2014-2016

5.5 LO STATO AMBIENTALE

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

Lo stato ambientale dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni.

Nel triennio 2014-2016 lo stato ambientale dei 2 corpi idrici CD1 e CD2 rivela una condizione SUFFICIENTE in entrambi i corpi idrici determinato dagli elementi di qualità che concorrono alla definizione dello stato ecologico (vedi par. 5.3).

Tabella 25 - Stato qualità ambientale delle acque marino costiere: Triennio 2014 - 2016

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

6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

I molluschi eduli lamellibranchi rappresentano una voce importante nel contesto dell'economia ittica della regione Emilia-Romagna. Infatti le acque marino costiere regionali sono sede non solo di banchi e di popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, tra cui la specie *Chamelea gallina*, ma ospitano anche, nella fascia di mare compresa tra i 4 km fino ai 10 km, allevamenti di molluschi bivalvi con la specie prevalente *Mytilus galloprovincialis* (mitili). Infine non vanno tralasciate le piattaforme off-shore sulle cui parti sommerse crescono banchi naturali di mitili.

Con la Delibera di Giunta Regionale del 3 febbraio 2014 la Regione Emilia-Romagna ridefinisce le zone delle acque interne del territorio regionale e delle acque marine antistanti la costa per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi bivalvi vivi e gasteropodi marini (Figura 129).

La rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi, ai sensi dell' all. 2 Sez C del D.Lgs152/06, è riportata in Figura 129. La Struttura Oceanografica Daphne effettua il rilevamento delle caratteristiche qualitative nelle stazioni di monitoraggio della rete di cui sopra. Gran parte delle stazioni corrispondono a quelle monitorate per la classificazione dello stato trofico delle acque costiere marine (rete di monitoraggio per lo stato trofico) garantendo il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativamente a: pH, temperatura, salinità, ossigeno disciolto in percentuale lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

Inoltre, la Struttura Oceanografica Daphne effettua i campionamenti per determinazione dei seguenti parametri: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organo-alogenate, metalli pesanti, coliformi fecali. Tali parametri sono analizzati dalla Sezione Provinciale di Ravenna.

Per quanto concerne i restanti parametri quali: sostanze che influiscono sul sapore dei molluschi e sulle biotossine (sassitossina), ARPAE si rapporta con le AUSL per rispondere compiutamente a quanto richiesto dal D.Lgs152/06.

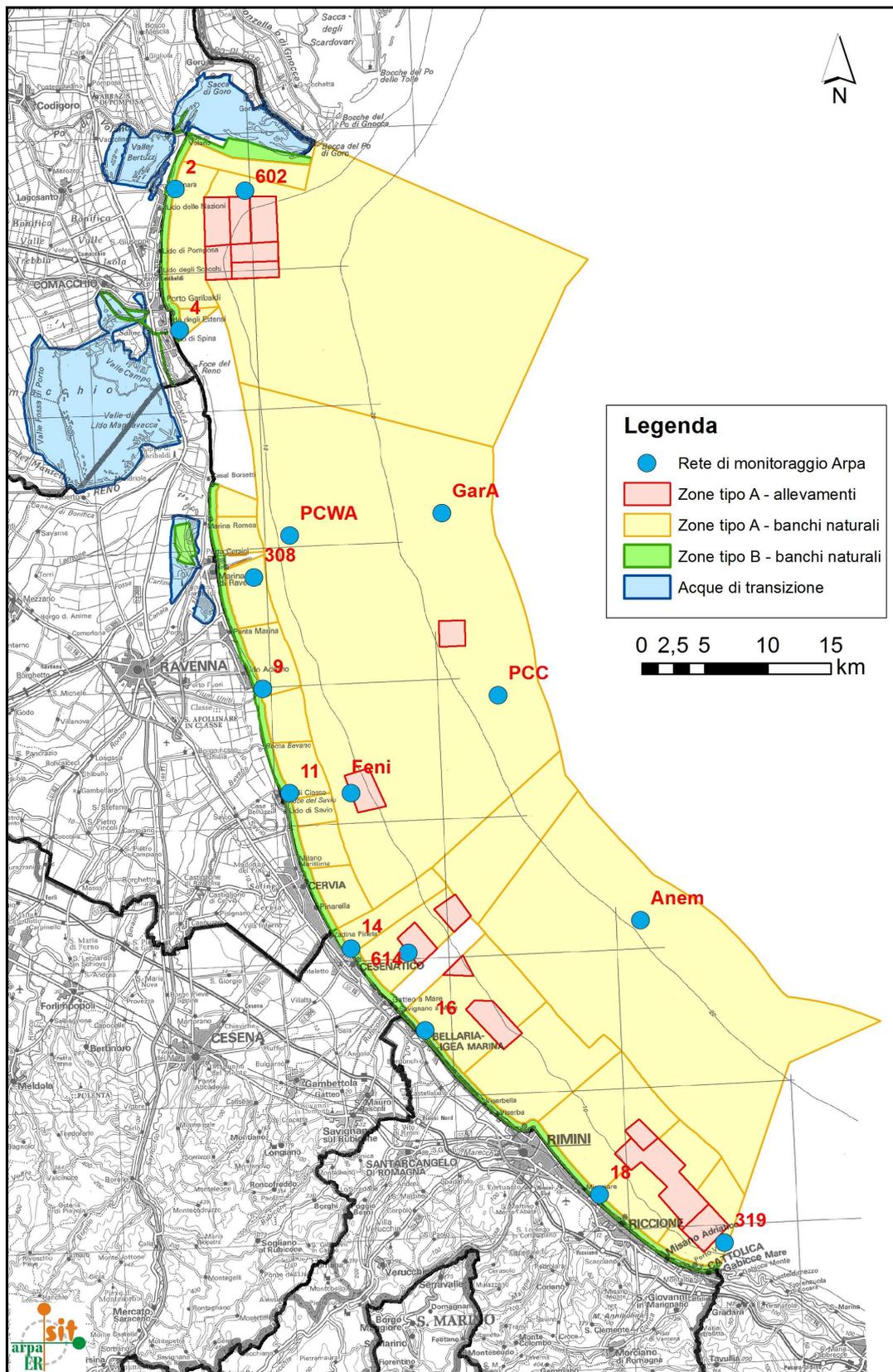


Figura 129 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (DGR 3/2/2014) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs152/06)

7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS

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



Foto 1- *Noctiluca scintillans* fioritura in mare e nel riquadro particolare al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.2 MEDUSE

Anche nel 2016 hanno fatto la loro apparizione le meduse, organismi planctonici, gelatinosi costituiti principalmente di acqua (circa il 98%), presentano ai bordi del corpo dei tentacoli che utilizzarono prevalentemente per predazione e in alcuni casi per difesa essendo urticanti. Già dai primi giorni di giugno è stata segnalata la presenza di *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 dapprima al largo e poi in seguito anche sotto costa (Foto 2 A). Questa medusa non urticante è conosciuta anche con il nome di medusa quadrifoglio per gli evidenti 4 cerchi (gonadi) ben visibili sul dorso. Nella parte più calda dell'estate (da inizio agosto a fine settembre) è stata segnalata *Cothyloriza tuberculata* (Macri, 1778) (Foto 2 B): ombrella con convessità centrale di colore bruno-giallognolo, dotata di 8 tentacoli orali a grappolo con terminanti con dei dischetti bianchi e violacei. In luglio si sono verificate anche circoscritte presenze sotto costa della cubo medusa urticante *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758, (Foto 2 C). Questa specie è dotata di ombrella cubica trasparente (con dimensione fino a 3 cm). I tentacoli trasparenti sono quattro, lunghi dieci volte il corpo non vanno oltre i 30 cm negli esemplari più grandi. Sempre da inizio estate (primi di giugno) fino a fine settembre, è comparsa la *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778), (Foto 2 D) medusa con ombrella di colore bianco e con una fascia perimetrale di colore blu. Sotto il mantello presenta 8 tentacoli orali con escrescenze a grappolo.

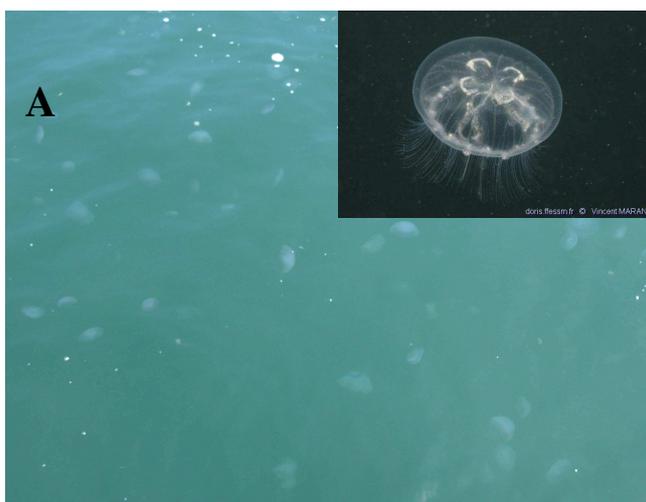


Foto 2 Meduse: A *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758, B *Cothyloriza tuberculata* (Macri, 1778), C *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758, D *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778)

7.3 AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI

A fine agosto e per tutto il mese di settembre, sono stati segnalati lungo la costa avvistamenti dello ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865. Si tratta di un organismo gelatinoso che si nutre di plancton le cui dimensioni si aggirano intorno ai 5 cm di lunghezza. Di forma più o meno sferica, dalla parte superiore del corpo si dipartono 8 file radiali ciascuna delle quali è dotata centralmente di una banda meridiana provvista di *pettini* o *ctenidi* da cui il nome di ctenoforo ovvero “portatore di ctenidi”. Lo ctenidio è un corpuscolo vibratile munito di ciglia che battendo permette all’organismo di nuotare.

Questa specie è originaria delle coste atlantiche del continente americano. Introdotta involontariamente negli anni '80 nel Mar Nero, fu di seguito segnalata nel mar Egeo ed in Mediterraneo. La sua presenza in questa estate ha compreso tutto l’arco di costa tra il Veneto e l’Abruzzo.



Foto 3- *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865

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

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: daphne@arpae.emr.it