

**Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile**

**ARPA**

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



## EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE COSTIERE DELL'EMILIA-ROMAGNA

Rapporto 2005



Finito di stampare nel mese di dicembre 2006

*presso il Centro Stampa della Giunta Regionale*



# INDICE

## Rapporto sullo stato di eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna nel 2005

### PARTECIPANTI ALL'INDAGINE

<b>PRESENTAZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>SOMMARIO .....</b>	<b>3</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Introduzione e finalità.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Materiali e metodi .....</b>	<b>7</b>
2.1 Parametri chimico-fisici .....	7
2.2 Parametri meteo-marini.....	8
2.3 Sali nutritivi .....	8
2.4 Fitoplancton.....	10
2.5 Analisi statistica e grafica .....	10
<b>3 Condizioni meteo-marine.....</b>	<b>12</b>
<b>4 Risultati .....</b>	<b>12</b>
4.1 Temperatura.....	13
4.2 Salinità.....	14
4.3 Ossigeno disciolto.....	15
4.4 pH .....	16
4.5 Trasparenza (disco Secchi).....	17
4.6 Clorofilla "a" .....	17
4.7 Fitoplancton.....	18
4.7.1 Diatomee .....	18
4.7.2 Dinoflagellate.....	19
4.7.3 Altre Fitoflagellate .....	20
4.8 Azoto nitrico.....	20
4.9 Azoto nitroso.....	22
4.10 Azoto ammoniacale.....	22
4.11 Azoto totale .....	23
4.12 Fosforo ortofosfato .....	23
4.13 Fosforo totale.....	24
4.14 Silice reattiva .....	25
4.15 Rapporto N/P (frazione solubile).....	25
4.16 Rapporto Ntot/Ptot.....	27
4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol .....	27
4.18 Indice Trofico ( TRIX ).....	28
4.19 Indice di Torbidità ( TRBIX ).....	37
<b>5 Evoluzione dei processi trofici nel 2005.....</b>	<b>40</b>
5.1 Eutrofizzazione.....	40
5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2005. Sintesi riassuntiva .....	50
5.2 Aggregati mucillaginosi.....	54
5.3 Macroalghe.....	54
5.4 Meduse .....	54
<b>6 Conclusioni.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure e Tabelle.....</b>	<b>60</b>

### ALLEGATO: Programma annuale delle attività 2006



# INDICE delle TABELLE

Tabella 1 – Valori medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2005 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) rilevati nel 2005 (tabella in alto) in confronto al valore medio climatologico dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori per mese rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002.....	110
Tabella 2 - Località e codici delle stazioni di monitoraggio e relative distanze dalla costa. ....	163
Tabella 3 - Coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche delle stazioni della rete di monitoraggio.....	164
Tabella 4 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 2 località Bagni di Volano e stazione cod. 4 località Porto Garibaldi. ....	165
Tabella 5 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 6 località Casalborsetti e stazione cod. 8 località Marina di Ravenna. ....	166
Tabella 6 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 9 località Lido Adriano e stazione cod. 14 località Cesenatico. ....	167
Tabella 7 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 17 località Rimini e stazione cod. 19 località Cattolica. ....	168
Tabella 8 - Suddivisione della Scala Trofica riferita all'Indice Trofico TRIx in relazione allo Stato ed alle Condizioni dell'ecosistema. ....	169
Tabella 9 - Acque marino costiere dell'Emilia-Romagna (0.5-3 Km dalla costa) anno 2005. Classificazione Trofica basata sulle medie di TRIx e valori medi degli altri indici derivati per stazione di misura..	170
Tabella 10 - Acque costiere dell'Emilia-Romagna. Valutazione del rischio eutrofico. Anno 2005. Organizzazione dei dati di TRIx in Zone omogenee (0.5 - 3 Km) per medie e STD.....	171



# INDICE delle FIGURE

Figura 1 - Rete delle stazioni di monitoraggio e controllo sullo stato trofico delle acque costiere marine L. R. 39/78 L. R. 3/99. ....	62
Figura 2 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) .....	63
Figura 3 - Valori medi annuali portate fiume Po. Periodo 1917-2005.....	63
Figura 4 - Precipitazioni atmosferiche rilevate a Cesenatico .....	63
Figura 5 - Altezza onda rilevata nelle piattaforme metanifere AGIP "Garibaldi C/Cervia B" .....	63
Figura 6 - Andamenti temporali della Temperatura (linea continua) e della Salinità (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa .....	64
Figura 7 - Andamenti temporali dell'Ossigeno Disciolto (linea tratteggiata) e del pH (linea continua) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa .....	65
Figura 8 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa .....	66
Figura 9 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO <sub>3</sub> (linea continua) e del Nitrito N-NO <sub>2</sub> (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa. ....	67
Figura 10 - Andamenti temporali dell' Azoto Ammoniacale N-NH <sub>3</sub> (linea continua) e della Silice Si-SiO <sub>2</sub> (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	68
Figura 11 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO <sub>4</sub> (linea continua) e del fosforo totale P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	69
Figura 12 - Andamenti temporali dell' Azoto totale N-TOT in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa. ....	70
Figura 13 - Andamenti temporali del rapporto N/P (linea continua) e del rapporto N-TOT/P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	71
Figura 14 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	72
Figura 15 - Andamenti temporali della Salinità in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	73
Figura 16 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	74
Figura 17 - Andamenti temporali del pH in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	75
Figura 18 - Andamenti temporali della Trasparenza nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa .....	76
Figura 19 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	77
Figura 20 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO <sub>3</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	78
Figura 21 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO <sub>2</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	79
Figura 22 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH <sub>3</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	80
Figura 23 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	81
Figura 24 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO <sub>4</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	82
Figura 25 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	83
Figura 26 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	84
Figura 27 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	85
Figura 28 - Andamenti temporali della Silice in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	86
Figura 29 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	87
Figura 30 - Andamenti temporali della Salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	88
Figura 31 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	89

Figura 32 - Andamenti temporali del pH in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	90
Figura 33 - Andamenti temporali della trasparenza nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	91
Figura 34 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. ....	92
Figura 35 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO <sub>3</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	93
Figura 36 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO <sub>2</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	94
Figura 37 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH <sub>3</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. ....	95
Figura 38 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	96
Figura 39 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO <sub>4</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	97
Figura 40 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	98
Figura 41 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. ....	99
Figura 42 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. ....	100
Figura 43 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale solubile/Fosforo totale solubile in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	101
Figura 44 - Andamenti temporali della Silice in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	102
Figura 45 - Suddivisione in 3 subaree delle stazioni costiere (0.5 Km) monitorate. Nei cerchi in rosso sono evidenziate le stazioni costiere prese in considerazione per l'analisi degli andamenti delle variabili rilevate nelle campagne di monitoraggio .....	103
Figura 46 - Portate Po e valori medi di Clorofilla "a" nelle tre subzone. La linea nera rappresenta il valore medio annuale del 2005 .....	104
Figura 47 - Mappe di distribuzione delle condizioni anossiche (concentrazione di ossigeno disciolto inferiore a 1 mg/l) ed ipossiche (concentrazione di ossigeno disciolto compreso tra 1 mg/l e 3 mg/l) delle acque di fondo nel 2005, dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo.....	104
Figura 48 - Diagrammi T-S risultati dai profili verticali di temperatura e salinità nelle stazioni a 20 Km al largo di P. Garibaldi e Cesenatico e nelle stazioni a 10 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. ....	105
Figura 49 - Medie climatologiche calcolate nelle stazioni a 3 Km agli estremi della costaa (Porto Garibaldi e Cattolica). Sono rappresentati i valori medi mensili e la deviazione standard delle principali variabili chimico-fisiche calcolate nel periodo 1993-2002. ....	106
Figura 50 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2005 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico. ....	107
Figura 51 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2005 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico. ....	108
Figura 52 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2005 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico. ....	109
Figura 53 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2005 .....	111
Figura 54 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2005.....	112
Figura 55 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" (µg/l), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2005.....	113



Figura 56 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" ( $\mu\text{g/l}$ ), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2005.....	114
Figura 57 - Iso linee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1004 ( 10 Km al largo di Porto Garibaldi ), dalla superficie al fondo.....	115
Figura 58 - Iso linee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1014 ( 10 Km al largo di Cesenatico ), dalla superficie al fondo.....	116
Figura 59 - Iso linee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	117
Figura 60 - Iso linee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	118
Figura 61 - Iso linee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	119
Figura 62 - Iso linee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	120
Figura 63 - Iso linee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	121
Figura 64 - Iso linee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	122
Figura 65 - Fasi evolutive degli stadi di aggregazione della mucillagine.....	123
Figura 66 - Casi di affioramento di mucillagine lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1989 al 2005.....	124
Figura 67 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili.....	125
Figura 68 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili.....	126
Figura 69 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 0.5 km (vedi mappa allegata). ....	127
Figura 70 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 3 km e 10 km dalla costa.....	128
Figura 71 - Ordinamento comparato della distribuzione del TRIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) e Cattolica 10 Km (St 1019). Le 4 stazioni sono rappresentative di quattro zone di mare omogenee e caratterizzate da situazioni trofiche ben definite secondo un gradiente nord-sud e da costa verso il largo.....	129
Figura 72 - Rette di regressione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle subaree "A", "B" e "C" Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.....	130
Figura 73 - Rette di regressione nella subarea "C" e coefficienti di correlazione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle tre subaree. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.....	130
Figura 74 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato nel 2000 con quelli rilevati nel 2002, 2003, 2004 e 2005 nelle stazioni costiere a 0.5 Km di Porto Garibaldi (st 4), Cesenatico (st 14), Cattolica (st 19) e nella stazione al largo 10 Km di Cattolica (st 1019).....	131
Figura 75 - Confronto tra l'andamento dell'Indice Trofico TRIX e l'Indice di Torbidità TRBIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Casalboretto (St 6), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) Rimini (St 17), Cattolica (St 19) e 2 stazioni estreme della costa situate a 10 Km al largo (St 1002 Goro, St 1019 Cattolica). ....	132
Figura 76 - Diagrammi di "Scatter plot" tra l'Indice di Torbidità TRBIX e l'Indice Trofico TRIX. Individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione. ....	133
Figura 77 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema. ....	134
Figura 78 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema. ....	135

Figura 79 - Variazioni temporali e rapporti delle componenti che concorrono a determinare l'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere. $\text{LOG}(\text{Chl} \times \text{D\%O}) = \text{Indicatore di produttività reale o diretta.}$ $\text{LOG}(\text{DIN} \times \text{PT}) = \text{Indicatore di produttività potenziale.}$ .....	136
Figura 80 - Scostamento dei dati puntuali della saturazione di ossigeno dal 100% rilevati nelle stazioni costiere a 0.5 Km (A), e nelle stazioni a 3 Km dalla costa (B), al crescere del valore di TRIX .....	137
Figura 81 - Variazioni temporali nelle stazioni costiere (0.5 Km) e nelle stazioni a 3 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico, Cattolica dell'Indice Trofico TRIX in rapporto al Fattore di diluizione F %. .....	137
Figura 82 - Correlazione tra il Fattore di diluizione F % e la Clorofilla a, l'Indice Trofico TRIX, il rapporto Azoto/Fosforo (N/P) nelle tre subaree (Goro-Ravenna, Ravenna- Cesenatico, Cesenatico- Cattolica), collocate a 3 Km dalla costa.....	138
Figura 83 - Mappe di distribuzione di Salinità, Temperatura, Clorofilla "a" e Nitrati lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2005: medie stagionali. ....	139
Figura 84 - Mappe di distribuzione di Ammoniaca, Fosfati, Silicati e Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2005: medie stagionali. ....	140
Figura 85 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Salinità nelle acque superficiali espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.....	141
Figura 86 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Clorofilla "a" nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.....	142
Figura 87 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dei Nitrati N-NO <sub>3</sub> nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale. ....	143
Figura 88 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Ammoniaca N-NH <sub>3</sub> nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.....	144
Figura 89 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Fosforo P-PO <sub>4</sub> nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale. ....	145
Figura 90 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Silice Si-SiO <sub>2</sub> nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale. ....	146
Figura 91 - Classificazione delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna in base all'Indice Trofico TRIX calcolato come media per subarea nel 2005.....	147
Figura 92 - Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX disagregata in relazione all'influenza dei bacini costieri e padano. ....	148
Figura 93 - Rappresentazione dello stato di qualità ambientale delle acque costiere dell'Emilia-Romagna ottenuto mediante l'applicazione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX. ....	149
Figura 94 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa. ....	150
Figura 95 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.....	151
Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni costiere campione. ....	152
Figura 97 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali, calcolati per le stazioni costiere campione. ....	153
Figura 98 - Istogrammi delle classi di frequenza per parametro. L'analisi è riferita all'insieme dei dati rilevati nelle stazioni campione costiere (0.5 Km dalla costa). Sull'asse x, l'unità di misura suddivisa in classi, sull'asse y sinistro la frequenza in percentuale, sull'asse y destro il numero di eventi. ....	154
Figura 99 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa) .....	155
Figura 100 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa) ...	156
Figura 101 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers stagionali riferiti alle Diatomee totali, Dinoficce totali e Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e Cattolica. ....	157

Figura 102 - Andamenti temporali delle Dinoflagellate e delle Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19).....	158
Figura 103 - Andamenti temporali delle Diatomee e del Fitoplancton Totale nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19).....	159
Figura 104 - Successione delle principali specie/generi responsabili delle fioriture/abbondanze microalgali nelle 3 subaree a 0.5 Km dalla costa.(Diatomee $\geq 1.000.000$ , Dinoflagellate $\geq 200.000$ Cell/L).....	160
Figura 105 -R apporto stagionale tra le specie di Diatomee e Dinoflagellate maggiormente rappresentate nelle stazioni costiere (0.5 Km) sul loro totale. ....	161
Figura 106 - Microalghe responsabili delle principali fioriture/abbondanze lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna durante il 2005. ....	162
Figura 107 - Cartografia georeferenziata della distribuzione della rete delle stazioni per il monitoraggio sull'eutrofizzazione effettuato a frequenza settimanale L.R 3/2000 e rete delle stazioni di controllo dello stato ambientale delle acque marino costiere (D.Lgs 152/99 e D. Lgs 258/00).....	163



## **PARTECIPANTI ALL'INDAGINE**

### **Parametri chimico-fisici delle acque:**

Giuseppe Montanari

Cristina Mazziotti

Stefano Serra

Margherita Benzi

### **Determinazione della biomassa fitoplanctonica:**

Cristina Mazziotti

Margherita Benzi

Claudio Silvestri

### **Analisi dei nutrienti:**

Carla Rita Ferrari

Paola Martini

Sandro Tarlazzi

### **Editing, elaborazione grafica e statistica:**

Giuseppe Montanari

Stefano Serra

Margherita Benzi

Patricia Santini

### **Stesura del testo**

Giuseppe Montanari

Attilio Rinaldi

Cristina Mazziotti

Carla Rita Ferrari

### **Coordinamento e segreteria organizzativa:**

Struttura Oceanografica Daphne

ARPA - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

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



## **PRESENTAZIONE**

L'eutrofizzazione e le sue ricadute sull'ambiente marino e sulle attività dell'uomo che interessano il mare, sono oggetto di un monitoraggio continuo. Grazie ai rilievi e alle analisi svolte dal battello oceanografico "Daphne II" nell'area di mare che bagna l'Emilia-Romagna, abbiamo un quadro completo ed aggiornato del fenomeno e gli strumenti conoscitivi necessari a governarlo.

Questo in sintesi il significato del lavoro che vi presentiamo, un Rapporto di grande interesse che di anno in anno riassume i dati raccolti e mostra la distribuzione spaziale e territoriale delle fenomenologie, gli andamenti temporali e le loro tendenze, l'evoluzione dei parametri collegati. Una sintesi capace di rappresentarci con chiarezza e in prospettiva la condizione eutrofica e lo stato ambientale dell'Adriatico nord-occidentale. Monitorare l'evoluzione degli eventi è fondamentale, sia per attuare una corretta comunicazione che per misurare l'efficacia delle azioni intraprese sul territorio ai fini di mitigare gli effetti indesiderati di questi fenomeni. Come è noto, da tempo la comunicazione relativa ai rilevamenti effettuati in mare avviene con cadenza settimanale tramite dettagliati bollettini, inseriti su internet e diffusi pertanto ad una infinita gamma di possibili utenti. Questo è l'aspetto visibile e di conseguenza più apprezzato del lavoro. Rischia invece di non emergere a sufficienza quello che sta "dietro" alla semplice redazione di tali informative: i dati riportati e, soprattutto, la loro interpretazione, sono il frutto di anni di esperienze di un coeso gruppo di ricercatori e tecnici, di una sezione analitica in continua evoluzione ed estremamente operativa, di una concreta interazione con altri gruppi di ricerca ed altre professionalità.

La Struttura Oceanografica Daphne dell'ARPA Emilia-Romagna, che opera sin dalle sue origini presso il Centro Ricerche Marine di Cesenatico, è il nostro punto di riferimento. Desidero anche in questa occasione evidenziare l'importanza di aver concentrato in una unica sede competenze e professionalità che sono in grado di fornire diagnosi di elevato valore scientifico. Il Centro Ricerche Marine con la sua specializzazione nel settore delle biotossine algali e più in generale sulle condizioni igienico-sanitarie dei prodotti della pesca, l'Università di Bologna con l'attività di ricerca nel campo dell'ittipatologia e dell'acquacoltura, la Daphne per la copertura analitica nel settore della oceanografia applicata, apportano nel loro insieme un contributo straordinario e forniscono all'Amministrazione Regionale una solida garanzia in termini di conoscenza dello stato ambientale e sanitario del mare.

Il Rapporto 2005 mette in luce la sostanziale positività dell'annata trascorsa. Non si sono avute infatti manifestazioni eutrofiche di particolare gravità e la sola area settentrionale ha presentato eventi per lo più localizzati, a cui si aggiungono le fioriture algali del mese di luglio sul litorale cervese. L'assenza di aggregati mucilluginosi completa il quadro, caratterizzato da un soddisfacente stato ambientale del nostro mare. Un dato che non appaga, ma che ci induce al contrario a mantenere alto l'impegno volto a salvaguardare e ripristinare quel fragile equilibrio dell'ecosistema naturale sempre più minacciato dalle attività dell'uomo.

**Lino Zanichelli**

Assessore all'Ambiente e Sviluppo Sostenibile  
Regione Emilia-Romagna





## SOMMARIO

Da un punto di vista meteo-climatico, soprattutto in riferimento agli apporti sversati dal bacino padano, il 2005 ha presentato significative anomalie. Le portate del fiume Po nel periodo estivo sono state scarse con valori generalmente inferiori a 500 mc/sec. La portata media annuale (807 mc/sec) è risultata infatti inferiore a quella registrata lo scorso anno e di circa la metà più bassa rispetto al dato medio poliennale.

Anche il periodo invernale è stato caratterizzato da basse portate del Po che nei mesi invernali non hanno superato i 1000 mc/sec.

Nella seconda decade di luglio nel tratto di mare antistante Cervia si è sviluppato un intenso processo eutrofico determinato dalla Raphidophyceae denominata *Fibrocapsa japonica* manifestandosi con colorazione rosso-marrone delle acque ed intensità elevate di biomassa. Verso la metà di settembre nelle acque costiere nei lidi ferraresi il processo di eutrofizzazione rilevato è stato particolarmente intenso con fenomeni di "Red Tide" determinati dalla Dinoflagellata *Lingulodinium polyedrum* che ha provocato una estesa moria di organismi bentonici soprattutto di molluschi bivalvi.

Nella prima decade di settembre si è accentuato ed esteso il processo di ipossia/anossia delle acque bentiche. Mentre la condizione anossica interessava la fascia costiera fino a circa 3 km dalla costa dal delta Po fino al Ravenna, lo stato di carenza di ossigeno (ipossia) investiva un'area ben più vasta stimata in circa 500 km<sup>2</sup>.

Gli aggregati mucillaginosi nel 2005 non sono comparsi in nessun area dell'Adriatico. Sono mancate da un lato anomalie nella circolazione delle acque che in altre occasioni hanno ridotto l'idrodinamismo con conseguenti condizioni di ristagno, nel contempo non è comparsa la microalga flagellata *Gonyaulax fragilis* la cui presenza è da associare alla produzione di essudati mucosi.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2005 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita delle microalghe per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa sia al largo. Durante il periodo estivo tale rapporto N/P tende ad abbassarsi fino a configurare condizioni di azoto limitazione particolarmente nella zona costiera.

Con riferimento al D. Lgs. 152/99 è stata effettuata la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere applicando l'Indice Trofico TRIX. Rispetto al 2004 è emerso un leggero miglioramento dello stato qualitativo ambientale avvicinandosi così alla condizione di stato "Buono" dell'ecosistema marino che rappresenta l'obiettivo da perseguire entro il 2008.

## SUMMARY

The year 2005 presented significant anomalies regarding river-flows; especially during the summer they were inferior to the average climatological trend, values lower than  $500\text{m}^3/\text{sec}$  were often recorded and also in the winter values higher than  $1000\text{m}^3/\text{sec}$  were never reached. The average annual flow was  $807\text{m}^3/\text{sec}$  half as much as the average climatological measurement.

During the second half of July, the marine area facing Cervia showed a high intensity eutrophication event, with high concentration of biomass and red-brownish coloured waters, caused by the Raphidophyceae *Fibrocapsa japonica*.

Around the 15<sup>th</sup> of September in the northern side of the coast the eutrophication process was particularly intense, phenomena of “red tide” were often observed due to the Dinoflagellate *Lingulodinium polyedrum*, the consequent local anoxia condition caused a high mortality of benthic organisms, mainly shellfish.

During the first ten days of September the anoxic area extended, involving the marine zone between the Po delta and Ravenna, up to a distance of 3Km from the coast; whereas the hypoxic area was much larger, resulting in  $500\text{ Km}^2$ .

The anomalies in water circulation which normally occur in summer, limiting the water exchanges and the hydrodynamic, did not happen in 2005, and the microalgae *Gonyaulax fragilis* whose presence is associated with mucous aggregates, was never found in significant concentration, therefore in 2005 the mucilage aggregates didn't show up in any part of the Adriatic basin.

As in the three previous years in 2005, on the basis of the N/P ratio, Phosphorous was the limiting factor in microalgal growth. During the Summer the N/P ratio decreased bringing to conditions of Nitrogen limitation in northern stations.

Taking into account the D.Lgs.152/99, we classified the qualitative environmental state of coastal waters by the application of Trophic index (TRIX): if compared to the previous year, 2005 shows a statistically significant improvement, bringing near the “Good” qualitative state (target to obtain within the 2008).

# 1 INTRODUZIONE E FINALITÀ

La Struttura Oceanografica Daphne, operativa fin dall'agosto del 1977 e regolata dalle direttive indicate nella L.R. 39/78, si è affermata nel campo del monitoraggio marino con la mission specifica di produrre servizi di controllo e di studio. In tale contesto si colloca la produzione del presente rapporto annuale, che nel tempo si è rivelato un valido strumento tecnico-scientifico per la divulgazione delle informazioni inerenti i fenomeni eutrofici e degli effetti secondari ad essi associati.

I dati riportati in questo rapporto si riferiscono principalmente al programma di monitoraggio sull'eutrofizzazione delle acque marine costiere dell'Emilia-Romagna, integrati dalle osservazioni derivanti dal programma di sorveglianza sugli aggregati mucillaginosi.

Tali piani di monitoraggio, oltre ad una mirata azione di controllo sulle diverse matrici che compongono l'ecosistema marino, rivestono un importante ruolo nella ricerca e nello studio dei fattori causali.

Tra i principali obiettivi si evidenziano:

- definizione dell'intensità e dell'estensione delle fioriture microalgali nell'area compresa fra il delta del Po e Cattolica su un territorio di 1200 Km<sup>2</sup>;
- determinazione e conteggio delle specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture;
- controllo degli effetti derivanti dalle diverse fasi dell'evoluzione del fenomeno (ipossie ed anossie nei fondali, morie di organismi bentonici, caratteristiche organolettiche delle acque);
- determinazione della concentrazione dei nutrienti (fosforo, azoto e silicati) e loro andamenti temporali e spaziali;
- determinazione dei principali parametri fisico-chimici delle acque (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla "a" e trasparenza), loro andamenti temporali e spaziali in relazione agli eventi meteorologici ed ai fenomeni eutrofici (anche ai fini della classificazione dello stato qualitativo delle acque costiere previsto dal D.Lgs 152/99 integrato con D.Lgs 258/00);
- rilevazione degli aggregati mucillaginosi, loro distribuzione spaziale e dinamica di formazione.

Oltre che i citati programmi istituzionali, la Struttura realizza progetti collaterali ad integrazione dei precedenti, tra questi si annovera il monitoraggio finalizzato al controllo degli ecosistemi marini regolato da una specifica convenzione con il Ministero Ambiente, Territorio e Mare (art. 3, L. 979/82).

Complessivamente le uscite giornaliere della "Daphne II" nel 2005 sono state 149.



## **2 MATERIALI E METODI**

Il programma di monitoraggio condotto nel 2005 è stato in gran parte finalizzato alla caratterizzazione delle acque costiere fino ai 10 Km dalla costa, in un reticolo formato da 32 stazioni distribuite nel tratto di costa compreso fra Bagni di Volano e Cattolica (Figura 1 di pag. 62). La frequenza di campionamento è stata settimanale ed ha coperto l'intero anno.

Oltre alle stazioni citate sono state monitorate mensilmente due stazioni poste a 20 Km dalla costa sul prolungamento delle direttrici di Porto Garibaldi e di Cesenatico. Nelle stazioni di questi transesti, oltre ai normali profili verticali dei parametri fisico-chimici, vengono raccolti campioni per la determinazione dei nutrienti in superficie e sul fondo. Sempre e solo in questi transesti vengono analizzate sul filtrato, oltre alla frazione solubile dell'azoto e del fosforo e della silice, anche quella organica solubile.

In ogni stazione vengono inoltre prelevati, a -0,5 m dalla superficie, campioni di acqua per le analisi dei nutrienti e per le determinazioni quali-quantitative del fitoplancton.

Inoltre, poiché i D.Lgs 152/99 e 258/00 affidano alla Regione la caratterizzazione qualitativa delle acque marino costiere, il programma di monitoraggio è stato predisposto tenendo conto anche di questa esigenza e pertanto l'ubicazione delle stazioni, la frequenza dei prelievi ed i parametri controllati sono conformi a quanto prescritto da detti decreti. I dati raccolti vengono tra l'altro comunicati al Ministero della Sanità in accordo alle disposizioni di legge in tema di balneazione (DPR 470/82 e successive integrazioni).

### **2.1 Parametri chimico-fisici**

Le determinazioni dei parametri idrologici vengono effettuate mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico "Daphne II". Per l'esecuzione dei profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, torbidità e clorofilla "a" si utilizza la sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 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.

La concentrazione di clorofilla "a" è determinata col metodo fluorimetrico, mediante l'impiego di un fluorimetro TURNER 10 AU installato a bordo del battello. Per i profili verticali di questo parametro si utilizza un fluorimetro della "Sea Point" abbinato alla sonda multiparametrica della "Idronaut". La torbidità viene misurata lungo la colonna

d'acqua mediante un trasmissometro della "Sea Point" abbinato anch'esso alla sonda "Idronaut". La trasparenza dell'acqua è misurata mediante il disco di Secchi.

Vengono inoltre utilizzate nel programma di monitoraggio telecamere filoguidate (Fulgor Mare e Telesub Lanterna) con lo scopo di seguire la eventuale formazione degli aggregati mucillaginosi nel tempo, il loro stato di aggregazione ed i loro spostamenti sulla colonna d'acqua.

## **2.2 Parametri meteo-marini**

Per quanto concerne i dati sulle precipitazioni atmosferiche (Figura 4 di pag. 63), questi vengono registrati da un pluviografo della SIAP in una stazione meteorologica installata a Cesenatico. Oltre al dato pluviometrico vengono determinati la direzione e la velocità del vento.

L'altezza dell'onda (Figura 5 di pag. 63) viene rilevata nelle piattaforme AGIP "Garibaldi C/Cervia A" collocata a 12 miglia ad Est di Ravenna (dati gentilmente concessi dall'ENI Exploration & Production di Ravenna).

Le portate del fiume Po (Figura 2 di pag. 63) sono state fornite dal Servizio IdroMeteorologico dell'ARPA Emilia-Romagna.

## **2.3 Sali nutritivi**

Per la determinazione dei sali nutritivi sono state impiegate metodiche in uso applicate ad autoanalizzatori della "Bran Luebbe" mod. Traacs 800 e AA3. Dopo apposita filtrazione (esclusi i campioni da destinare alle analisi del fosforo totale e dell'azoto totale), attraverso un filtro Millipore, Ha di 47 mm di diametro e 0,45 µm di porosità, vengono analizzati i seguenti parametri:

### *Fosforo reattivo*

Gli ortofosfati presenti nell'acqua di mare reagiscono in ambiente acido con ammonio molibdato e tartrato di antimonio potassio per formare un complesso antimoniofosfomolibdico che, per riduzione con acido ascorbico, dà una colorazione blu la cui estinzione è misurata a 880 nm.

### *Fosforo totale*

Viene determinato sull'acqua di mare tal quale con procedura analoga a quella del fosforo reattivo, previa digestione del campione con miscela ossidante di persolfato di potassio, acido bórico e sodio idrossido.

#### *Fosforo totale solubile*

Viene determinato sull'acqua di mare filtrata con procedura analoga a quella del fosforo reattivo, previa digestione del campione con miscela ossidante di persolfato di potassio, acido borico e sodio idrossido. Per fosforo totale solubile si intende l'ortofosfato più la frazione organica solubile.

#### *Silice reattiva*

I silicati reagiscono con lo ione ammonio per formare, in presenza di acido ascorbico, il blu di molibdeno che viene successivamente determinato, analogamente ai parametri precedenti, per via colorimetrica. Per minimizzare le interferenze dovute ai fosfati viene introdotto acido ossalico.

#### *Azoto ammoniacale*

L'ammoniaca reagisce con il sodio salicilato e con il dicloroisocianurato per formare un complesso blu-verde la cui determinazione viene effettuata per via colorimetrica con lo strumento Autoanalyzer 3 Braan Luebbe

#### *Azoto nitrico e nitroso*

Il nitrato è ridotto a nitrito, attraverso una colonnina di riduzione rame-cadmio.

Il nitrito così prodotto è determinato secondo la reazione di diazotazione con sulfanilamide e la successiva copulazione con N - (1 naftil) - etilendiammina. La determinazione viene effettuata per via colorimetrica con lo strumento Autoanalyzer 3 Braan Luebbe

#### *Azoto totale*

Viene determinato sull'acqua di mare tal quale con procedura simile a quella dell'azoto nitrico previa digestione del campione con la miscela ossidante analoga a quella impiegata per il fosforo totale.

#### *Azoto totale solubile*

Viene determinato sull'acqua di mare filtrata con procedura analoga a quella dell'azoto nitrico, previa digestione del campione con la miscela ossidante.

Per azoto totale solubile si intende la sommatoria della frazione inorganica solubile (azoto nitrico, nitroso e ammoniacale) più quella organica solubile.

## **2.4 Fitoplancton**

Per le determinazioni quali-quantitative del fitoplancton vengono utilizzati microscopi rovesciati, a 400x, applicando il metodo Uthermöhl H. (1956).

## **2.5 Analisi statistica e grafica**

L'analisi statistica è stata effettuata con l'impiego del software applicativo *STATISTICA* Ver 6.0 della StatSoft, mentre per la rappresentazione grafica dei dati sono stati impiegati il software applicativo Microsoft Excel e Surfer di Golden Software.





### **3 CONDIZIONI METEO-MARINE**

Le portate del fiume Po nel 2005 hanno avuto un decorso caratterizzato da picchi in primavera e in autunno. Va comunque evidenziato che il valore medio annuale di portata è straordinariamente basso con solo 807 mc/sec (Figura 2 di pag. 63), molto inferiore al valore medio annuale di 1488 mc/sec calcolato sul periodo 1917-2004 (Figura 3 di pag. 63). Il picco massimo di portata si è avuto il 9 ottobre con 2.823 mc/sec, il più basso il 31 luglio con 243 mc/sec. Dopo la magra estiva si è avuto uno sciame di picchi di modesta entità che hanno interessato il periodo compreso tra settembre e dicembre.

Le precipitazioni atmosferiche rilevate nella stazione meteorologica di Cesenatico (Figura 4 di pag. 63) presentano i valori più rilevanti in aprile e nella prima parte dell'autunno. Il valore totale delle precipitazioni nel 2005 nella stazione di Cesenatico è di 950 mm.

I dati dell'altezza dell'onda (Figura 5 di pag. 63), che forniscono una stima delle mareggiate, mostrano una maggiore frequenza di mare mosso nel periodo invernale-primaverile e nel tardo autunno con picchi massimi di 12 piedi di altezza dell'onda.

### **4 RISULTATI**

Le rappresentazioni grafiche di seguito riportate riguardano i dati settimanalmente rilevati in 19 stazioni (su 32 monitorate). Di queste 7 sono collocate a 500 m dalla costa, 5 a 3.000 m, 5 a 10.000 m e 2, monitorate mensilmente, a 20.000 m. Queste ultime due stazioni sono poste sui transetti di Cesenatico e di Porto Garibaldi (codificate rispettivamente 2014 e 2004).

I grafici temporali relativi ai transetti 4 e 14 per le stazioni a 3.000, 10.000 e 20.000 m riportano anche i valori di superficie e fondo.

Complessivamente sono state prese in esame tre stazioni sul transetto di Bagni di Volano (stt. 2-302-1002), quattro sul transetto di Porto Garibaldi (stt. 4-304-1004-2004), una antistante la zona portuale di Casal Borsetti (st. 6), tre sul transetto di Lido Adriano (stt. 9-309-1009), quattro su quello di Cesenatico (stt. 14-314-1014-2014), una davanti a Rimini (st. 17) e tre sul transetto di Cattolica (stt. 19-319-1019). Gli andamenti del fitoplancton riguardano le stazioni campione 4, 9, 14, 19. Ognuna delle stazioni predette può essere considerata rappresentativa di una zona più vasta, con caratteristiche chimico-fisiche e biologiche abbastanza omogenee, mentre nel loro insieme rappresentano sufficientemente l'intera zona costiera regionale.

Da Figura 6 di pag. 64 a Figura 44 di pag. 102 vengono riportati gli andamenti temporali di tutti i parametri misurati per tutte le stazioni, in Figura 45 la mappa delle

subaree costiere (georeferenziata in Figura 107 di pag 163), in Figura 46 le distribuzioni dei valori medi di clorofilla “a” delle subaree, in Figura 47 la distribuzione delle zone ipossiche/anossiche manifestatesi nel corso del 2005.

In Figura 48 di pag. 105 sono rappresentati i diagrammi T-S riportati per 3 periodi dell’anno (marzo, maggio, settembre 2005) in 5 stazioni nella zona off-shore, in Figura 49 di pag 106 vengono riportate le medie climatologiche dei parametri chimico-fisici rilevati calcolati per il periodo 1993-2002 su due stazioni collocate a 3 Km dalla costa antistanti P. Garibaldi (304) e Cattolica (319). Da Figura 53 di pag 111 a Figura 56 di pag. 114 sono visualizzati i profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e clorofilla, nella Figura 57 di pag 115 e nella successiva Figura 58 le isolinee di concentrazione di alcuni parametri nelle stt. 1004-1014, da Figura 59 a Figura 64 le isolinee di concentrazione di alcuni parametri idrologici nei transetti di Cesenatico e P. Garibaldi.

In Figura 65 e Figura 66 è riportata l’evoluzione degli stati di aggregazione della mucillagine e da Figura 67 a Figura 82 e da Figura 91 a Figura 93 le elaborazioni del TRIX e TRBIX. Altre informazioni di statistica descrittiva sono illustrate con istogrammi di frequenza per parametro (Figura 98 di pag. 154) e nei "Multiple Box and Whisker plot" (da Figura 99 a Figura 100). Da Figura 101 di pag. 157 a Figura 105 sono rappresentati gli andamenti temporali del fitoplancton con relativi diagrammi "Multiple Box and Whisker plot".

Nella Tabella 2 di pag. 163 sono riportate le località ed i codici delle stazioni e nella Tabella 3 di pag. 164 le relative coordinate geografiche e batimetriche. Da Tabella 4 di pag. 165 a Tabella 7 vengono calcolati gli elementi di statistica descrittiva, in Tabella 8 di pag.169 la suddivisione della scala trofica riferita all’indice trofico TRIX e in Tabella 9 la classificazione trofica basata sulla media del TRIX ed il coefficiente di efficienza.

In Tabella 10 di pag. 171 sono indicati i valori medi di TRIX per aree omogenee con la valutazione del rischio eutrofico.

#### **4.1 Temperatura**

Il decorso meteo-climatico, come è noto, costituisce il fattore determinante l'escursione termica nelle acque superficiali. La temperatura delle acque superficiali presentano pertanto un andamento sinusoidale (Figura 6 di pag. 64, Figura 14 di pag 72, Figura 29 di pag 87) con i valori minimi in gennaio-febbraio, ed i massimi nei mesi estivi (luglio-agosto). Valori del parametro al di sotto della media stagionale si evidenziano nel periodo fine febbraio inizio di marzo. Si è ripresentato, al contrario, un significativo riscaldamento delle acque superficiali con valori al di sopra della norma nei mesi di

luglio ed agosto. Le variazioni su piccola scala temporale, che normalmente si rilevano nelle acque superficiali, sono per lo più dovute ad apporti fluviali, incrementi di biomassa microalgale in sospensione, moto ondoso e particolari situazioni idrodinamiche (upwelling, spostamenti laminari di masse d'acqua, ecc.). Nelle acque di fondo si assiste in genere ad un andamento più conservativo e con i minimi in febbraio-marzo ed i massimi nei mesi di settembre ed ottobre. Si ha in tutti i casi una escursione annuale più contenuta rispetto a quella normalmente rilevata nelle acque superficiali.

I valori più alti riscontrati nelle stazioni settentrionali sono in relazione alla concomitanza di più fattori: il maggiore apporto di acque fluviali più calde nei periodi estivi del corpo idrico ricevente, l'insistenza di focolai eutrofici che incrementano la torbidità dell'acqua determinando un maggior assorbimento della radiazione solare all'interno del corpo idrico con un conseguente aumento dei valori di temperatura, ed un maggiore ristagno conseguente al vortice orario che si genera nelle aree poste a Sud del delta del Po.

Il valore di temperatura più elevato è stato registrato il 28 giugno '05 a ridosso del delta Po con 28.79 °C nella stazione di Goro, il minimo è stato riscontrato nella stazione di Cesenatico il 3 marzo '05 con 4.24 °C (vedi la statistica descrittiva di Tabella 4 di pag. 165 e Tabella 6).

Il riscaldamento delle acque superficiali contribuisce alla formazione di marcati termoclini nelle stazioni off-shore (a 20 km da costa ) nei mesi di maggio, giugno e luglio, le più evidenti condizioni di omeotermia si hanno nei mesi invernali (Figura 53 di pag. 111 e Figura 54; Figura 59 di pag. 117 e Figura 60).

I valori medi annuali (Figura 94 di pag. 150) di temperatura delle acque superficiali presentano un lieve decremento costa-largo nel transetto 2, 4 e 6. Andamento inverso, tendente quindi all'aumento, si rileva negli altri transetti. I valori medi stagionali (Figura 97 di pag. 153) non evidenziano marcate differenze tra le stazioni costiere considerate.

## **4.2 Salinità**

La variabilità della salinità nell'area costiera dell'Emilia-Romagna è caratterizzata da una elevata variabilità. Detta condizione è da associarsi ai regimi di portata fluviale, all'azione di miscelamento generata dal moto ondoso, nonché a situazioni idrodinamiche particolari come i casi di upwelling che, in occasioni di venti spiranti da terra, richiamano in costa acque di fondo a più elevata salinità. Gli andamenti riconfermano un accentuato trend positivo nord-sud. Le stazioni più settentrionali investite maggiormente dagli apporti provenienti dal bacino padano, presentano una maggiore variabilità e valori di salinità più bassi rispetto alle altre stazioni (vedi Figura

6 di pag. 64, Figura 15 di pag. 74, Figura 30 di pag. 88). Buona è la correlazione inversa tra valori di portata del fiume Po e salinità (Figura 2 di pag. 63, vedi anche Figura 86 di pag. 142), si osservano picchi di caduta del valore come diretta conseguenza degli sversamenti fluviali. Come si può notare dalla grafica di riferimento, i valori di salinità nelle acque di fondo mantengono escursioni più lineari e sempre con valori più alti rispetto a quelli di superficie.

Il valore minimo di 14.50 psu è stato registrato a Goro a 0.5 km dalla costa l' 11 ottobre '05, quello più alto a Marina di Ravenna il 10 agosto '05 con 37.52 psu (vedi Tabella 4 di pag. 165 e Tabella 7 di statistica descrittiva).

In generale, a parte le stazioni dell'area settentrionale, la salinità si è attestata su valori elevati e più omogenei nel periodo estivo in concomitanza alle scarse portate fluviali. Anche dai profili verticali (Figura 53 e Figura 54 di pag. 111 e 112) e dalle distribuzioni del parametro (Figura 58 e Figura 59 di pag. 116 e 117) si evidenziano scarse stratificazioni aline nel periodo estivo.

L'andamento medio annuale riconferma il marcato gradiente con tendenza all'aumento Nord-Sud e da costa verso largo (Figura 94 di pag. 150). I valori medi stagionali evidenziano in generale, ad esclusione del transetto 2, i valori più bassi nel periodo autunnale in coincidenza con gli aumenti di portata del fiume Po (Figura 96 di pag. 152) e con la particolare condizione idrodinamica che tende a diffondere nella fascia costiera la plume di acque dolci in uscita dal fiume.

### **4.3 Ossigeno disciolto**

La concentrazione dell'ossigeno disciolto nelle acque superficiali è fortemente influenzata della biomassa autotrofa in sospensione. Le fluttuazioni attorno al valore fisico di saturazione sono per lo più conseguenti all'apporto di ossigeno proveniente dai processi fotosintetici. Valori in sovrasaturazione coincidono sempre con fioriture microalgali. Evidente a tal riguardo la risonanza tra i picchi di clorofilla "a" e gli incrementi del parametro.

Le stazioni più settentrionali, interessate da più frequenti blooms algali, presentano più accentuate variabilità del parametro ed in genere valori più elevati (vedi Figura 7 di pag. 65, Figura 16 di pag. 74 e Figura 31 di pag. 89). Le variazioni a breve scala temporale sono indotte prevalentemente da turbolenza e/o movimenti di avvezione, gli abbassamenti del valore negli strati superficiali sono conseguenti a risalite (upwelling) o spostamenti di acque di fondo meno ossigenate. Nelle acque di fondo i valori tendenti alla sottosaturazione sono per lo più dovuti alla domanda di ossigeno nei processi ossidativi e respiratori.

In generale i casi di ipossia-anossia sono stati abbastanza circoscritti e limitati nel tempo. Detti eventi si sono manifestati localmente nella sola area settentrionale nel mese di luglio, agosto e settembre (vedi Figura 47 di pag. 104, Figura 57 di pag. 115).

Il valore più alto rilevato nelle acque di superficie è stato di 14.50 mg/l (stazione di Goro il 2 maggio '05), quello più basso è stato rilevato nella stessa stazione il 21 novembre '05 con 2.30 mg/l (vedi Tabella 4 di pag. 165 e Tabella 7 di pag. 168 di statistica descrittiva).

Le medie annuali (Figura 94 di pag. 150) confermano in generale nelle acque superficiali un trend con una lieve flessione nei valori passando da Nord a Sud, stessa tendenza si ha nel passare dalle stazioni costiere verso quelle al largo. Le medie stagionali delle acque superficiali confermano in tutte le stazioni i valori più elevati in inverno, i minimi in estate (Figura 94 di pag. 150). Tale condizione è influenzata dalla temperatura delle acque, in acque fredde aumenta la solubilità dell'ossigeno atmosferico nei confronti dell'acqua.

#### **4.4 pH**

Una più accentuata variabilità del parametro si rileva nelle stazioni settentrionali. Nelle stesse aree si hanno anche i valori più elevati (Figura 7 di pag. 65, Figura 17 di pag. 75 e Figura 32 di pag. 90). Il pH è in buona risonanza con l'ossigeno disciolto e con la clorofilla "a". Una maggiore stabilità del parametro nelle acque superficiali si ha nella stagione estiva. Sulla verticale si ha una discreta diminuzione del parametro passando dalle acque superficiali verso quelle di fondo, tale differenza tende ad aumentare nei momenti caratterizzati da ipossia/anossia delle acque di fondo. L'andamento temporale del pH nelle acque di fondo si presenta più stabile.

Il valore più basso di pH nelle acque di superficie è stato rilevato a Goro il 1 agosto '05 con un valore di 7.80, quello più alto a Rimini il 27 dicembre '05 con 8.90.

I valori medi annuali (Figura 94 di pag. 150) mostrano una tendenza all'aumento passando dalle stazioni costiere verso quelle poste al largo. Le medie stagionali mostrano i massimi in inverno ed in autunno i minimi in primavera ed in estate (Figura 96 di pag. 152).

#### **4.5 Trasparenza (disco Secchi)**

Le variazioni del parametro nelle acque costiere sono dovute a molteplici fattori: apporti fluviali veicolanti a mare detrito organico ed inorganico, incrementi di biomassa fitoplanctonica, processi di risospensione del particolato fine del sedimento generato dal moto ondoso. Gli andamenti temporali (vedi Figura 8 di pag. 66, Figura 18 di pag. 76 e Figura 33 di pag. 91) riconfermano una maggiore torbidità delle acque nelle stazioni settentrionali più soggette ad apporti fluviali e ad aumenti della biomassa fitoplanctonica in sospensione, come si evidenzia anche dalla correlazione tra clorofilla ed i valori del disco di Secchi. Le più elevate trasparenze si osservano nella stagione estiva.

Trattandosi di stazioni costiere con fondali non particolarmente profondi in più casi la lettura del Disco di Secchi corrisponde al fondale. In casi estremi caratterizzati da blooms microlagali la trasparenza può ridursi a pochi decimetri.

Le medie annuali riconfermano una marcata tendenza all'aumento del parametro da Nord verso Sud e da costa verso il largo (Figura 94 di pag. 150). Le medie stagionali mostrano in tutte le stazioni, ad esclusione della 2 (Lido di Volano) e 4 (Porto Garibaldi), i valori più elevati in estate, i più bassi in inverno (Figura 96 di pag. 152).

#### **4.6 Clorofilla "a"**

La Clorofilla "a" viene comunemente usata come indicatore di biomassa microalgale ed è da considerarsi un buon indice dello stato trofico dei corpi idrici. Gli andamenti riconfermano una maggiore variabilità e valori più elevati nell'area settentrionale (Figura 8 di pag. 66, Figura 19 di pag. 77, Figura 34 di pag. 92 e Figura 86 di pag. 142). La correlazione con le portate del fiume Po, soprattutto per le stazioni collocate a Nord (Figura 46 di pag. 104), è buona anche se non sempre lineare. Occorre considerare a tal riguardo una norma di carattere generale; nel periodo invernale si hanno in genere elevati apporti di nutrienti anche con basse portate fluviali. La quiescenza indotta dai rigori invernali della componente vegetale terrestre che non assimila le sostanze nutritive, consente a queste di essere più "dilavabili", anche in condizioni di modeste precipitazioni.

I profili verticali (Figura 55 da pag 113 e successiva Figura 56), relativi alle stazioni 2004 e 2014, evidenziano incrementi del parametro lungo la colonna d'acqua sia nella parte alta della colonna che nella parte profonda. Quest'ultima condizione è

particolarmente evidente in marzo e aprile per la stazione 2004 e in marzo, luglio e settembre per lq 2014.

Il valore più elevato si è registrato il 22 febbraio '05 nella stazione costiera di Cesenatico con 47.00 µg/l (vedi Tabella 6 di pag. 167 di statistica descrittiva).

I valori medi annuali (Figura 94 di pag. 150) evidenziano per il 2005 un trend tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. Stagionalmente i valori più elevati si hanno in estate nelle stazioni 2 e 4, in autunno nella 6 e 9 ed in inverno nella 14, 17, e 19 (Figura 96 di pag. 152).

## **4.7 Fitoplancton**

L'analisi quali-quantitativa del fitoplancton ha contemplato i principali gruppi tassonomici che sono responsabili di "fioriture" nelle acque costiere regionali, quali Diatomee e Dinoflagellate. Sono state inoltre prese in considerazione sotto la voce "Altre" le fitoflagellate minori appartenenti alle classi delle Cloroficee, Euglenoficee, Criptoficee, Crisoficee, Rafidoficee, Prasinoficee, Primnesioficee, Dictiocoficee che rappresentano una frazione elevata della popolazione microalgale totale e che in determinate occasioni possono generare blooms soprattutto nelle aree all'interno di barriere frangiflutti e a ridosso dei porti canale.

### **4.7.1 Diatomee**

In inverno, come risulta evidente dalle medie stagionali (Figura 101 di pag. 157), rispetto all'anno passato si evidenzia, un forte incremento delle Diatomee nella zona settentrionale, (stazioni di Goro, Porto Garibaldi) ed un lieve incremento nella stazione di Casalborsetti. Nelle restanti stazioni (st. 9, 14, 19) si assiste ad una situazione inversa, con concentrazioni medie minori rispetto al 2004.

La specie *Skeletonema costatum*, anche quest'anno domina la comunità e questa dominanza si protrae dalla prima metà di febbraio fino a primavera inoltrata. Questa specie conferisce alle acque una colorazione tipica giallo-marrone (Figura 106 di pag. 162). Anche per quest'anno, come per il precedente, il massimo valore è stato registrato nella st. 4 durante la campagna del 21 marzo (43895808 cell/L). A metà della primavera si assiste ad un graduale decremento della specie in questione e delle Diatomee in generale anche se, in questa fase, il genere *Chaetoceros* fa registrare, limitatamente a brevi periodi di tempo, valori importanti identificabili come fioriture. Il massimo annuale di questo genere si attesta a 5221980 cell/L il 4 luglio nella st. 2. La figura



(Figura 105 di pag. 161) evidenzia come in primavera gli andamenti riconfermino l'esistenza di un andamento geografico negativo nord-sud.

Questo gradiente va man mano scomparendo nel periodo estivo durante il quale si assiste ad una diminuzione generale delle Diatomee in tutta l'area di monitoraggio eccezione fatta per la st.2 e la st.4 dove permane la dominanza di *Skeletonema costatum* e si registrano valori medi stagionali elevati, pari a  $11 \times 10^7$  cell/L nella st.2 e  $50 \times 10^6$  cell/L nella stazione 4. Nel periodo autunnale le concentrazioni si riducono anche nelle stazioni 2 e 4.

Le abbondanze minime assolute annuali di Diatomee si sono registrate il 24 e 25 ottobre nelle stazioni 2, 4, 6, 9, 14, 17 con valori che andavano dalle 160 cell/L della st. 4 alle 600 cell/L della st. 17. Nella stazione 19 il minimo assoluto si è registrato il 22 giugno, con 400 cell/L.

#### **4.7.2 Dinoflagellate**

Il contributo dato dalle Dinoflagellate alla biomassa algale in questa area anche quest'anno si presenta con valori più bassi nei mesi più freddi, e valori più alti in primavera-estate (Figura 101 di pag 157) quando la stratificazione termica e salinità stabilizza la colonna d'acqua. Occorre però precisare che in alcune stazioni i valori totali stagionali sono da ricondurre ad eventi di abbondanza che si alternano ad altri di scarsa importanza. Questa tendenza è evidente nella st. 4 nel periodo compreso tra la metà di maggio e la fine ottobre. Solamente in cinque delle venti campagne effettuate in questo intervallo di tempo si registrano valori abbondanti (Figura 101 di pag 157). Tali concentrazioni vanno da un minimo di 127670 cell/L del 22 agosto ad una massimo di 343320 cell/L del 24 maggio, concentrazioni totali non certo elevate ma di media entità. In primavera si registra un aumento di Dinoflagellate prevalentemente nelle stazioni più settentrionali all'interno della zona "A" (Goro – Ravenna). Nella zona "B" solo la st. 14 presenta un' aumento, se pur inferiore a quelli registrati nella zona "A". Nella st. 9 l'incremento è trascurabile come per le stazioni più a sud (st 17, st. 19). In generale non si osserva un gradiente geografico, bensì l'intaurarsi di due zone con concentrazioni medie marcatamente differenti: concentrazioni medio-alte per la zona "A" e concentrazioni più basse nelle zone "B" e "C". Come per il 2004, tra le specie che hanno maggiormente dominato la comunità in questo periodo segnaliamo il *Prorocentrum minimum* arrivando a dare fioriture nel settore settentrionale della costa

(Figura 106 di pag. 162). Questa specie ha raggiunto nella st. 4 il valore massimo annuale di 343320 cell/L il 24 maggio.

In estate si accentua il divario tra nord e sud con valori bassi nelle stazioni 14, 17, 19, e valori medio-alti nelle stazioni 2, 4, 6, 9. Sono da segnalare, verso la fine dell'estate, nella st. 9, due episodi di fioritura a carico di *Lingulodinium polyedrum*. Il massimo registrato è stato di 307623 cell/L il 6 settembre. In autunno le concentrazioni diminuiscono su tutto il tratto di costa monitorato.

#### **4.7.3 Altre Fitoflagellate**

Le concentrazioni minori si registrano in primavera nel mese di aprile. Il minimo registrato risale al 18 aprile nella stazione 9 con 685856 cell/L. Le concentrazioni massime si registrano alla fine dell'inverno; il massimo registrato risale al 14 marzo nella stazione 4 con 292594360 cell/L. Andando a considerare i totali annuali si riconferma come nella zona stazione di Porto Garibaldi (Figura 102 di pag. 158) il gruppo delle Altre fitoflagellate sia presente tutto l'anno con un picco nel periodo di fine marzo e con un discreto contributo discontinuo da maggio a dicembre; infatti questa stazione è maggiormente investita da apporti di acqua dolce nel periodo invernale-primaverile. Nelle restanti stazioni l'andamento è simile ma con apporti minori; in particolare manca il picco di marzo e si nota come nelle st.14 e 19 a fine inverno si registri un'incremento. La st.9 presenta valori più bassi delle altre e meglio distribuiti nell'anno. Per quanto riguarda le fioriture della Rafidoficea *Fibrocapsa japonica* verificatesi nel 2005 in alcuni tratti strettamente costieri, si rimanda al capitolo 5 dove è riportata la descrizione degli eventi accaduti.

#### **4.8 Azoto nitrico**

L'azoto nitrico presenta in genere concentrazioni il cui andamento è ben correlato alle portate fluviali, del Po in particolare (Figura 9 di pag. 67, Figura 20 di pag. 78, Figura 35 di pag. 93 e Figura 2 di pag. 63). I valori più elevati si riscontrano nel periodo invernale-primaverile ed autunnale. Nella stagione estiva, come di norma avviene, le magre nelle portate fluviali determinano cali nelle concentrazioni di questo parametro. Si assiste in genere, e tale tendenza si riconferma nel 2005, ad un marcato gradiente tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo (Figura 94

di pag. 150). Le stazioni collocate sui transetti 2 (Bagni di Volano) esulano da questa generale condizione in quanto tutte direttamente investite dagli apporti del Po. Nella quasi totalità dei casi vi è una correlazione inversa tra valori di salinità e concentrazioni di azoto nitrico. I valori delle concentrazioni nelle acque di fondo sono in genere bassi e presentano andamenti più omogenei (Figura 35 di pag. 93). Le medie stagionali delle sole stazioni costiere (Figura 96 di pag. 152) mostrano i valori massimi e le maggiori deviazioni standard in inverno ed in autunno, i minimi in estate (vedi anche distribuzioni spaziali in Figura 87 di pag. 143). La più alta concentrazione di azoto nitrico è stata rilevata a Goro l'11 ottobre'05 con 1.858,3  $\mu\text{g/l}$  (vedi Tabella 4 di pag. 165). Negli istogrammi delle classi di frequenza (Figura 98 di pag. 154) il più elevato numero di valori, circa il 37% dei casi, è compreso tra 0 e 75  $\mu\text{g/l}$ . Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99 di pag. 155) viene evidenziata l'ampia variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali, in particolare nella stazione 6 quella di Casalborsetti .

#### **4.9 Azoto nitroso**

Le fluttuazioni temporali dell'azoto nitroso sono simili a quelle dell'azoto nitrico e con picchi ben correlati alle portate fluviali (Figura 9 di pag. 67, Figura 21 di pag. 79, Figura 36 di pag. 94 e Figura 2 di pag. 63). Elevata la variabilità del parametro nelle acque superficiali. In quelle di fondo si hanno in genere concentrazioni più basse ad eccezione di alcuni casi (soprattutto nella stagione estiva ed autunnale) in cui i valori superano quelli rilevati in superficie. In queste circostanze si risente dei processi di rilascio conseguenti a stati di ipossia/anossia. Accentuata la variabilità del parametro nelle acque superficiali costiere delle stazioni settentrionali, condizione evidenziata nella Figura 99 di pag. 155 dei diagrammi multipli di Box e Whiskers. Il valore massimo è stato registrato a Casalborgon il 2 maggio '05 con 101,6 µg/l (vedi Tabella 5 di pag. 166). I valori medi annuali (Figura 94 di pag. 150) mostrano i dati più elevati nelle stazioni costiere, con un trend in diminuzione passando da Nord a Sud e da costa al largo. Stagionalmente i valori medi delle stazioni costiere (Figura 96 di pag. 152) presentano le concentrazioni più elevate in autunno, i più bassi in estate. Le deviazioni standard sono ampie in tutte le stagioni. Negli istogrammi delle classi di frequenza (Figura 98 di pag. 154) si osserva come il 70% dei valori sono compresi tra 0 e 10 µg/l.

#### **4.10 Azoto ammoniacale**

L'azoto ammoniacale nelle acque superficiali di norma è di provenienza fluviale e dai reflui minori generati dagli insediamenti costieri. Nelle acque profonde l'azoto ammoniacale tende a superare le concentrazioni superficiali nei periodi coincidenti con casi di sottosaturazione di ossigeno disciolto (ipossia/anossia). Dagli andamenti temporali (Figura 10 di pag. 68, Figura 22 di pag. 80 e Figura 37 di pag. 95) si può osservare come le concentrazioni maggiori si rilevano nel periodo invernale ed in quello autunnale in accordo con le portate fluviali (vedi Figura 2 di pag. 63 e Figura 88 di pag. 144). Nelle acque superficiali la concentrazione più elevata è stata rilevata a Porto Garibaldi l'8 novembre '05 con 543,5 µg/l.

Le medie annuali e le deviazioni standard (Figura 95 di pag. 151) presentano concentrazioni tendenti alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. I valori medi stagionali delle acque superficiali delle stazioni costiere (Figura 97 di pag. 153) mostrano i picchi più elevati in autunno, i più bassi in estate. Nel grafico

relativo agli istogrammi di frequenza (Figura 98 di pag. 154) si evidenzia come quasi il 70 % delle determinazioni presenta concentrazioni comprese tra 0 e 30  $\mu\text{g/l}$ . Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99 di pag. 155) si nota una maggiore variabilità del parametro nelle stazioni centro-settentrionali.

#### **4.11 Azoto totale**

Al pari delle altre componenti azotate anche l'azoto totale mostra una forte variabilità ed una spiccata correlazione con le portate fluviali (Figura 12 di pag. 70, Figura 23 di pag. 81, Figura 38 di pag. 96 e Figura 2 di pag. 63). I valori più elevati si rilevano nel periodo invernale-primaverile ed autunnale in coincidenza ai picchi di portata fluviali. Le massime concentrazioni di azoto totale si rilevano nelle stazioni collocate sui transetti più settentrionali in quanto maggiormente influenzati dagli apporti padani. Nelle acque di fondo il parametro evidenzia in genere valori più bassi ed uniformi. Alcuni superamenti rispetto alle concentrazioni di superficie si sono avuti in autunno. Il valore più elevato di 2.981,8  $\mu\text{g/l}$  è stato rilevato il 15 aprile '05 a Porto Garibaldi.

I valori medi annuali (Figura 95 di pag. 151) presentano un trend tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa al largo. Le medie stagionali (Figura 97 di pag. 153) nelle stazioni costiere presentano i valori più elevati e le più ampie variazioni standard in autunno ed in inverno, i più bassi in estate (in primavera nelle stazioni 17 e 19). Dagli istogrammi di frequenza (Figura 98 di pag. 154) si può osservare come nel 69 % dei casi le concentrazioni sono comprese tra 100 e 500  $\mu\text{g/l}$ . Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100 di pag. 156) viene mostrata la maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali, tende a diminuire ed uniformarsi nelle stazioni meridionali.

#### **4.12 Fosforo ortofosfato**

L'ortofosfato (Figura 11 di pag. 69, Figura 24 di pag. 82 e Figura 39 di pag. 97) mostrano una elevata variabilità nelle stazioni costiere. Condizione attribuibile all'alternarsi del regime di marea sui contributi locali. Nelle stazioni più al largo l'ortofosfato tende ad uniformarsi su valori più bassi. Nelle acque di fondo le concentrazioni sono sugli stessi valori delle acque superficiali con casi di superamento (Figura 39 di pag. 97). Tali eventi si manifestano in genere in occasione di stati di sottosaturazione spinta dell'ossigeno disciolto con conseguente solubilizzazione dell'ortofosfato. La concentrazione più elevata nelle stazioni costiere è stata rilevata a Goro l'11 ottobre '05 con 59,5  $\mu\text{g/l}$  (vedi Tabella 4 di pag 165). Le concentrazioni di

questo parametro hanno mostrato, a partire dalla fine degli anni '80, una progressiva diminuzione in accordo con la diminuzione dei carichi generati. Ne è prova il fatto che su circa il 57 % dei casi la concentrazione è compresa tra 0 e 3  $\mu\text{g/l}$  (Figura 98 di pag. 154). Va inoltre ricordato che trattandosi di elemento limitante la crescita algale è di norma quello che viene assimilato nella quasi totalità. I valori medi annuali (Figura 95 di pag. 151) mostrano le maggiori concentrazioni nelle stazioni costiere, tendono a diminuire in quelle al largo. Le concentrazioni medie stagionali nelle stazioni costiere mostrano i valori più elevati nel periodo autunnale ed invernale (Figura 97 di pag. 153), i più bassi in estate. Nei diagrammi di Box e Whiskers (Figura 100 di pag. 155), il parametro si mantiene a concentrazioni più contenute e con una ridotta variabilità nelle stazioni meridionali.

#### **4.13 Fosforo totale**

Il fosforo totale presenta andamenti temporali con forte variabilità. Questa condizione è particolarmente accentuata nelle stazioni settentrionali (Figura 11 di pag. 69, Figura 25 di pag. 83 e Figura 40 di pag. 98). Nelle acque di fondo le concentrazioni del fosforo totale sono in genere prossime a quelle rilevate in superficie con casi di superamento. La concentrazione più elevata misurata nelle stazioni costiere è stata di 133,9  $\mu\text{g/l}$  rilevata a Porto Garibaldi il 4 luglio '05.

Le medie annuali (Figura 95 di pag. 151) presentano un andamento tendente alla diminuzione passando da costa al largo e da Nord verso Sud. I valori medi stagionali e le relative deviazioni standard nelle stazioni costiere (Figura 97 di pag. 153) mostrano i più elevati valori in inverno e in autunno nell'area compresa tra le stazioni 6 e 19, in quelle più settentrionali (la 2 e la 4) i più elevati valori medi stagionali si hanno in primavera ed estate. Significativo il trend in diminuzione passando da Nord a Sud. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98 di pag. 154) si può notare come la maggior parte dei casi (circa il 66 %) le concentrazioni del parametro sono comprese tra 0 e 30  $\mu\text{g/l}$ . Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100 di pag. 156), oltre ad evidenziare una spiccata tendenza alla diminuzione da Nord a Sud, vengono mostrate distinte classi areali di concentrazione e variabilità, la prima con valori più elevati, comprende le stazioni 2 e 4, la seconda con valori intermedi nelle stazioni 6, 9 e 14, la terza con valori mediamente più bassi nell'area meridionale (stt. 17 e 19).

#### 4.14 Silice reattiva

Le concentrazioni di questo elemento sono strettamente correlate alle portate fluviali, del Po in particolare (Figura 10 di pag. 68, Figura 28 di pag. 86, Figura 44 di pag. 102 e Figura 2 di pag. 63). Tale condizione è particolarmente evidente nelle stazioni settentrionali ove si riscontra, tra l'altro, una più spiccata variabilità. Nelle acque di fondo pare esservi una maggiore uniformità anche se, soprattutto nelle stazioni al largo, si riscontrano concentrazioni superiori a quelle rilevate in superficie. Spazialmente si nota come alte concentrazioni di silicati possono interessare l'intera fascia di mare costiera (vedi in Figura 90 di pag. 146 i casi corrispondenti all'autunno ed all'inverno), tale distribuzione è dipendente dai flussi di portata del Po. Il valore più elevato del 2004 è stato rilevato a Goro l'11 ottobre '05 con una concentrazione di 2342,0 µg/l (vedi Tabella 4 di pag. 165). I valori medi annuali (Figura 95 di pag. 151) mostrano una evidente tendenza alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. Si distingue il transetto 2 che, essendo investito direttamente dagli apporti del Po, mostra concentrazioni simili in ogni stazione (vedi sua collocazione in Figura 1 di pag. 62). Stagionalmente si rilevano le maggiori concentrazioni in autunno ed in inverno (Figura 97 di pag. 153), le più basse in primavera - estate. Le classi di frequenza riportate in Figura 98 di pag. 154 evidenziano come il 56 % dei valori è compreso tra 0 e 262 µg/l. Il diagramma multiplo di Box e Whiskers relativo alla silice reattiva (Figura 100 di pag. 156) mette in luce la rilevante variabilità delle stazioni centro-settentrionali, le meridionali presentano valori più bassi ed omogenei.

#### 4.15 Rapporto N/P (frazione solubile)

Sono riportati nelle elaborazioni grafiche i valori risultanti dalla seguente equazione:

$$\frac{N-(NO_3+NO_2+NH_3)}{P-(PO_4)} = \frac{\Sigma N}{P}$$

La distribuzione del rapporto N/P (Figura 13 di pag. 71, Figura 26 di pag. 84 e Figura 41 di pag. 99 ) evidenzia una notevole variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica) ed una tendenza sinusoidale con i minimi nel periodo estivo. La variabilità si riduce nelle stazioni meridionali al largo e nelle acque di fondo. Lo stato di fosforo-limitazione rappresenta la quasi totalità dei casi; i rari eventi riconducibili ad

azoto-limitazione si presentano nel solo periodo estivo. I valori medi annuali del rapporto N/P e le relative deviazioni standard nelle acque superficiali (Figura 95 di pag. 151) presentano i massimi nelle stazioni più settentrionali, con valori che tendono a diminuire progressivamente passando da Nord a Sud. Le medie stagionali (Figura 97 di pag. 153) presentano i valori più elevati in inverno-primavera in quelle centro-settentrionali, in inverno-autunno nelle meridionali. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98 di pag. 154) viene evidenziato che nel 78 % dei casi il valore N/P è compreso tra 0 e 200. I dati riportati nei diagrammi Box e Whiskers (figura 134) mostrano come le maggiori variabilità si trovino nelle stazioni settentrionali.

Dall'analisi delle distribuzioni normali bi-variate dei rapporti Clorofilla/Nutrienti <sup>(i)</sup>, è possibile rappresentare le fluttuazioni stagionali dei principali parametri di sistema in diagrammi come quelli riportati nelle figure 85 e 86. Differenti aree costiere possono essere collocate in questi diagrammi, in funzione dei rapporti molar medi N/P e dei corrispondenti rapporti  $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$ , essendo questi ultimi una stima del grado di utilizzazione dei nutrienti.

In generale, con un ciclo annuale completo di dati, le distribuzioni bivariate di  $Log(ChA/PO_4)$  e  $Log(ChA/DIN)$  risulteranno molto prossime alla normalità. Se la pendenza della retta di regressione ortogonale:

$$Log(ChA/PO_4) = Log b + k Log(ChA/DIN),$$

tende a  $k=1$ , il sistema raggiunge condizioni di isometria lungo le rette a  $45^\circ$ . Possiamo quindi sostituire i logaritmi con i numeri, ottenendo:

$$(ChA/PO_4) = b (ChA/DIN)^k.$$

Ma se  $k=1$ , allora sarà:

$$ChA/PO_4 \times DIN/ChA = DIN/PO_4 = N/P = b.$$

In maniera analoga, lungo le rette a  $-45^\circ$  (con  $k=-1$ ), avremo:

$$(ChA)^2 = b (DIN \times PO_4), \text{ da cui: } ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2} = \text{costante}.$$

L'importanza di questi diagrammi risiede nel fatto che l'efficienza di un sistema costiero a produrre nuova biomassa (i.e. le variazioni del rapporto  $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$  rispetto al rapporto N/P) può essere seguita mese dopo mese, osservando le sue oscillazioni intorno ad un centro di gravità rappresentato dalla media annuale dei due rapporti.

---

<sup>i</sup> Innamorati, M. e F. Giovanardi, 1992. *Interrelationships between phytoplankton biomass and nutrients in the eutrophied areas of the Northwestern Adriatic Sea*. Proc. Int. Conf. Marine Coastal Eutrophication. Sci. Total Environ. Suppl. 1992: p. 235-250.



Nel complesso dunque l'anno 2005 non mostra rilevanti variazioni rispetto a quello precedente, anche se è necessario segnalare il diverso comportamento stagionale delle oscillazioni del sistema. In particolare, nell'area situata più a Nord, l'efficienza del sistema raggiunge il massimo nel mese di marzo, con i più alti valori di rapporto N/P e di  $ChA/(N \cdot P)^{0.5}$ , con un mese di ritardo rispetto all'anno precedente (vedi Figura 77 di pag. 134). La caduta di produttività si verifica poi nel mese di Luglio, quando il valore del rapporto N/P si avvicina al valore critico di 16, oltre il quale alla fosforo limitazione, si sostituisce l'azoto-limitazione, di norma tipica di ambienti costieri oligo-mesotrofici non influenzati da apporti fluviali ricchi di azoto. Nel precedente anno, il minimo raggiunto dal parametro N/P era intorno a 30, peraltro raggiunto con un mese di ritardo, in agosto.

Nell'area posta più a sud, transetti di Rimini e Cattolica, (vedi Figura 78 di pag. 135), il massimo rendimento del sistema, coincidente anche con il massimo valore raggiunto dal rapporto molare N/P (= c a 300), si verifica relativamente tardi, sempre nel mese di marzo. Bassi valori di efficienza si registrano comunque nei mesi tardo primaverili ed estivi, mentre si assiste ad una ripresa temporanea e limitata dei cicli vegetativi algali nei mesi di settembre e di novembre, probabilmente da mettere direttamente in relazione ad aumenti delle portate padane.

#### **4.16 Rapporto Ntot/Ptot**

Gli andamenti del rapporto azoto totale su fosforo totale (Figura 13 di pag. 71, Figura 27 di pag. 85 e Figura 42 di pag. 100) tendono ad avere una variabilità meno accentuata rispetto al rapporto dei solubili e una distribuzione sinusoidale appena accennata. La minore variabilità è dovuta al fatto che, mentre nel rapporto dei solubili inorganici si hanno di norma alti valori per l'esubero della frazione azotata (quella fosfatica agendo da fattore limitante viene in molti casi completamente assimilata dalla biomassa autotrofa), in quella dei totali vi è, a seguito della mineralizzazione prevista dalle procedure analitiche, il recupero del fosforo organico (particolato e organico solubile) che ponderalmente tende a riequilibrare il rapporto. Nelle acque di fondo (Figura 42 di pag. 100) si hanno valori simili a quelli rilevati in superficie. Le medie annuali calcolate sulle stazioni dei transetti (Figura 95 di pag. 151) presentano i più bassi valori nelle stazioni costiere, tendono ad un lieve aumento in quelle al largo. Stagionalmente (Figura 97 di pag. 153) le medie presentano i più alti valori in inverno ed in autunno, i più bassi in estate.

#### **4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol**

Tale rapporto è stato calcolato utilizzando le concentrazioni di azoto totale solubile su fosforo totale solubile determinate nei campioni prelevati mensilmente nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. Gli andamenti del rapporto di queste due componenti (Figura 43 di pag. 101) sono simili a quelli riferiti al rapporto azoto totale su fosforo totale. Ciò è dovuto, come si è già accennato, all'importanza ponderale delle frazioni solubili sui totali. I valori di questo parametro nelle acque di fondo sono prossimi o leggermente inferiori a quelli rilevati nelle acque superficiali.

#### **4.18 Indice Trofico ( TRIX )**

##### *Approccio metodologico di sviluppo dell'Indice Trofico ( TRIX )*

E' noto che le acque costiere dell'Emilia-Romagna sono periodicamente soggette a fenomeni di eutrofizzazione che, unitamente ai composti organici persistenti rappresentano una seria minaccia agli equilibri ed alla salute degli ecosistemi marini costieri.

Per quanto concerne i processi eutrofici sebbene diversi autori abbiano cercato di definire un sistema di riferimento trofico appositamente calibrato sull'ambiente marino delle acque costiere, l'applicazione arbitraria dei criteri e della terminologia limnologica alle acque costiere, ha creato difficoltà nel trasferire agli amministratori e pianificatori termini oggettivi e precisi per intraprendere adeguate politiche di risanamento e di riduzione dei carichi di nutrienti sversati a mare.

Nelle acque costiere non è in discussione il processo di eutrofizzazione, ma il metodo di come quantificare le sue manifestazioni e spesso si riscontrano difficoltà nel convertire in maniera semplice le informazioni per un vasto pubblico.

L'introduzione dell'Indice Trofico TRIX della relativa scala trofica 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 che renda le informazioni comparabili su un largo range di condizioni trofiche e nello stesso tempo evitino l'uso soggettivo di denominatori trofici.

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 marine 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.

Tralasciando di descrivere tutta la statistica complessa dei dati (analisi multivariata) dopo approfondite considerazioni sui dati elaborati si è optato sul seguente set di parametri che sono stati usati per il calcolo dell'Indice Trofico (TRIX). Tali variabili si dividono in due categorie:

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

- Clorofilla "a"  $\text{mg/m}^3$
- 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 (Figura 74 di pag. 131).

Ricorrendo dunque ai logaritmi ( $\text{Log}_{10}$ ), 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:

1. integrare più fattori indicatori del livello di trofia ed eliminare valutazioni soggettive basate su singoli parametri;
2. ridurre la complessità dei sistemi costieri consentendo di assumere un valore quantitativo anche su un unico campione prelevato;
3. 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. pubblicato sulla rivista *Envirometrics* Vol 9, 1998.**

**"Characterization of the trofic condition of marine coastal waters, whith special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index".**

In Tabella 8 di pag. 169viene riportata la suddivisione della scala trofica in 4 gradi di trofia che definiscono lo stato delle acque costiere e le condizioni trofiche e di produttività dell'ecosistema, così come indicato dall'All. N 1 del D. Lgs 258/00 (Tab. 17).

*Analisi dell'andamento dello stato trofico e della classificazione dello stato ambientale delle acque marino costiere*

Nelle elaborazioni riportate relative alla distribuzione temporale e spaziale dei valori medi mensili (vedi Figura 67 di pag. 125), dell'Indice Trofico (TRIX) in superficie si evidenzia, dalle mappe tematiche, una situazione diversificata rispetto all'andamento medio mensile riscontrato nell'anno precedente. Ad esempio durante il periodo invernale (gennaio, febbraio) l'Indice Trofico si presenta in uno stato "Buono/Mediocre" su tutta l'area senza evidenziare delimitazioni significative da nord verso sud e da costa verso il largo.

L'analisi più dettagliata delle distribuzioni spaziali del TRIX mostra una condizione di stato "Buono" in gennaio nella zona settentrionale, in contrasto con quanto normalmente rilevato negli anni precedenti per questa zona e periodo.

Lo stato qualitativo "Buono" è in gran parte determinato dai bassi livelli di biomassa microalgale e dagli scarsi apporto veicolati dal fiume Po. Nel mese di febbraio con l'incremento delle portate fluviali la maggior parte della costa si trova in uno stato "Mediocre" con valori di TRIX compresi tra 5 e 6 che sottende acque produttive e scarsa trasparenza. Sebbene in questo periodo gli indicatori di biomassa microalgale risultino medio/bassi, ad elevare i valori di TRIX contribuiscono prevalentemente i fattori di produttività potenziale (Azoto e Fosforo). Inoltre durante i mesi invernali le correnti prevalenti discendenti si dispongono parallelamente alla costa con direzione nord-sud ed i regimi dei venti tendono a distribuire e ad uniformare, su un vasto territorio, gli elementi che concorrono alla definizione dell'Indice Trofico.

Nel periodo primaverile (aprile-giugno) invece si instaura un evidente gradiente nord-sud poiché si modifica da un lato la circolazione delle acque costiere e dall'altro gli apporti veicolati dal Po tendono a diminuire.

Già nei mesi di aprile-maggio si osserva una differenziazione territoriale in senso longitudinale della distribuzione del TRIx, che presenta uno stato "Scadente" tra il delta del Po e i Lidi Ferraresi; "Mediocre" nella costa Ravennate e "Buono" nell'area che si estende da Rimini a Cattolica e verso il largo con Indice Trofico inferiore a 5.

In giugno si osserva una progressiva riduzione della condizione "Mediocre" che si localizza nell'area a ridosso del delta Po e nella fascia costiera, mentre lo stato ambientale "Buono/Elevato" interessa l'80 % della costa. Questa condizione favorevole ed in miglioramento rispetto all'anno precedente, è stata determinata dalla forte riduzione degli apporti a mare di fattori eutrofizzanti generati sia nei bacini costieri che in quello padano.

Nel periodo estivo le condizioni di stato trofico tendono ulteriormente a migliorare soprattutto in luglio ed agosto e, sebbene in agosto persiste una condizione "Mediocre" confinata a ridosso del delta Po, la maggior parte dell'area mostra una situazione "Buono/Elevato" che sottende condizioni di acque scarsamente produttive livello di trofia basso, elevata trasparenza delle acque ed assenza di anomale colorazioni. Analogamente a quanto rilevato nel 2003 e 2004 sulla base dell'Indice Trofico e delle relative condizioni di stato qualitativo ambientale si può affermare che il periodo estivo 2005 è da annoverare tra i migliori degli ultimi 25 anni.

Durante i mesi autunnali i dati dell'Indice Trofico tendono da un lato ad aumentare uniformandosi verso valori medio/alti e dall'altro ad interessare areali sempre più vasti che classificano la fascia costiera in una condizione di stato "Mediocre/Scadente".

Nel mese di novembre, in concomitanza con un processo di eutrofizzazione che ha interessato tutta la fascia costiera caratterizzata da apporti consistenti e prolungati del fiume Po, si osserva che oltre l'80% del territorio monitorato si colloca in una posizione di stato trofico "Scadente" ove si registrano i massimi valori di TRIx pari a 7.92 nella stazione antistante Casalborgorsetti. Negli ultimi 3 mesi dell'anno si registra un peggioramento in confronto al 2004 che influisce significativamente sul valore medio annuale del TRIx.

In linea generale l'andamento del TRIx è ben correlato con quello della Clorofilla "a"; a bassi valori di Indice Trofico corrispondono basse concentrazioni di biomassa microalgale (Figura 69 di pag.127 e succ. Figura 70). Fanno eccezione a questo andamento alcuni casi limitati temporalmente nel periodo invernale e autunnale, nelle stazioni costiere della parte settentrionale, soggetta a maggiore variabilità, ove si riscontrano valori medio/alti di TRIx (superiori a 6.5 unità) in corrispondenza di basse concentrazioni di clorofilla "a" rilevando quindi una elevata quantità di nutrienti

disciolti, in particolare dell'azoto inorganico disciolto (DIN), che concorrono a mantenere alto l'Indice TRIX.

In sintesi, rispetto lo scorso anno si evince un incremento del TRIX particolarmente nel periodo autunnale mentre in inverno si registra una riduzione dell'Indice Trofico ed una situazione di stabilità nel periodo estivo.

Le stazioni, ubicate nella parte più settentrionale della costa ed interessate dagli apporti derivati dal bacino padano e da quelli costieri, presentano valori di TRIX maggiori di 6 unità (60 % dei casi), stato trofico "Scadente", per la stazione 2 (0.5 Km Goro) e maggiore di 5, stato trofico "Mediocre", (85 % dei casi) per la stazione 4 (0.5 Km P. Garibaldi), valori leggermente inferiori rispetto la frequenza dei casi riscontrati nel 2004 ma di molto superiori se comparati con la situazione del 2003.

Nelle predette stazioni le oscillazioni di TRIX sono abbastanza accentuate e in più occasioni nei mesi di luglio/agosto nella zona costiera settentrionale, si è riscontrata una significativa diminuzione del TRIX con valori che si posizionano nella classe di stato "Buono".

A differenza delle stazioni situate nella parte settentrionale, quelle meridionali (17 Rimini, 19 Cattolica) per gran parte del periodo primaverile e estivo, sono caratterizzate da bassi Indici Trofici (inferiori a 5 unità di TRIX) che testimoniano uno stato qualitativo "Buono/Elevato" ed un quadro generale di condizioni ambientali con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, assenza od occasionale presenza di colorazione, confermando la medesima situazione rilevata negli anni precedenti. In quest'ultima parte della costa, l'andamento del TRIX mostra una più marcata stagionalità con incrementi del TRIX in autunno ed inverno.

Durante il periodo estivo oltre ad una riduzione degli apporti del bacino padano, si modifica la circolazione poichè i venti provenienti da Sud-Est diventano dominanti con l'effetto di "bloccare", nella parte settentrionale della costa, l'input del fiume Po e nello stesso tempo quello di trasportare acque "pulite" dal largo verso costa nella parte centro-meridionale.

Questo modello di circolazione e soprattutto la dinamica che influisce sul ricambio delle acque e sui fattori di diluizione, determina ampie variazioni dell'Indice Trofico anche a scale temporali ravvicinate.

Nella Figura 72 di pag.130 e succ. Figura 73 sono rappresentate le rette di regressione e i coefficienti di correlazione tra il TRIX ed i parametri che concorrono a determinarlo, disaggregati per subarea costiera (settentrionale: Goro-Ravenna, centrale: Ravenna-Cesenatico e meridionale: Cesenatico-Cattolica). Si può osservare a conferma di quanto rilevato gli anni precedenti, in tutte le tre zone considerate, una significativa correlazione tra il TRIX ed il LogN, LogP, LogCla, Log|OD%|, con coefficienti di correlazione che variano tra 0.34 e 0.84. Non si evincono invece correlazioni

significative tra le singole variabili che partecipano alla formulazione dell'Indice Trofico; pertanto i singoli fattori apportano un contributo informativo autonomo, cumulativo e non ridondante, in linea con il quadro concettuale e l'approccio metodologico di formulazione di detto Indice.

Mediante la rappresentazione grafica in un diagramma di probabilità è possibile caratterizzare le condizioni di trofia di una determinata area di mare e le relative variazioni annuali.

Dall'esame dei diagrammi di Figura 71 di pag. 129 si evince l'approssimazione alla distribuzione normale dei dati di TRIX; ogni stazione considerata risulta quindi caratterizzata da un valore medio e da una deviazione standard. Il valore medio determina la posizione della retta lungo la scala trofica, mentre la deviazione standard ne definisce l'inclinazione.

Il tipo di rappresentazione adottato nei diagrammi suddetti consente di evidenziare i valori minimi e massimi raggiunti dal TRIX nell'arco dell'anno per ciascuna stazione.

In generale la deviazione standard per la distribuzione di TRIX nelle stazioni prese in esame come campione per la disamina, risulta compresa tra 0.71 (Staz. 14 Cesenatico) e 1.06 (Staz 19 Cattolica), valori ancora una volta simili a quelli riscontrati negli anni precedenti.

Le quattro stazioni costiere prese in esame sono rappresentative di quattro zone di mare omogenee e caratterizzate da situazioni trofiche ben definite secondo un gradiente Nord-Sud (Porto Garibaldi, Cesenatico, Cattolica a 0.5 Km dalla battigia) e da costa verso il largo (a 10 Km al largo di Cattolica).

La Figura 71 di pag. 129 indica la posizione rispetto alla scala trofica delle quattro stazioni considerate. I valori medi di TRIX vanno da un minimo di 2.28 nella stazione 1019 ad un massimo di 7.50 nella stazione 4 (0.5 Km da P. Garibaldi) con un range di variazione di 5.2 unità di TRIX.

Confrontando la posizione del valore medio del TRIX nelle quattro stazioni ottenuta nel 2005 con la stessa situazione riferita al 2002, 2003 e 2004 si osserva che mentre l'area a sud della costa rappresentata dalle stazioni 19 e 1019 antistanti 0.5 e 10 Km da Cattolica, si mantiene invariata collocandosi nello stato "Buono", le stazioni che rappresentano la zona centrale e settentrionale della costa subiscono un incremento dello stato trofico che pur mantenendosi nella classe "Mediocre" si posizionano nella parte alta della scala al limite inferiore della condizione "Scadente" dimostrando la medesima situazione rispetto lo scorso anno.

Scomponendo i parametri che entrano nella formulazione dell'Indice Trofico in due classi di indicatori quali: 1) indicatori di produttività diretta o reale ( $\log(CI^{a''}x |OD\%|)$ ); 2) indicatori di produttività potenziale, ( $\log(DIN \times Pt)$ ), per le stazioni costiere, si può evidenziare il ruolo ed il peso delle due componenti nella

determinazione del valore del TRIX (Figura 79 di pag. 136). Osservando l'andamento temporale dei tre fattori, si evince che la dinamica del TRIX è simile a quella della produttività diretta e potenziale evidenziando anche per il 2005 il peso equivalente nella determinazione dell'Indice Trofico nelle acque costiere Emilia-Romagna.

Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel 2005 con quelli rilevati dal 2000 al 2004 (Figura 74 di pag. 131), si evince innanzitutto un gradiente in diminuzione dell'Indice Trofico da nord verso sud; però rispetto al 2004 mentre nella zona centro-settentrionale i valori medi collimano, nella zona estrema della costa si evidenzia una leggera diminuzione.

In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell'Indice Trofico nel territorio monitorato (1200 Km<sup>2</sup>) e mediato per stagione nelle singole stazioni della rete di controllo sull'eutrofizzazione (Figura 84 di pag. 140).

In inverno tutte le acque marine della costa presentano condizioni qualitative assimilabili alla classe "Mediocre" in miglioramento rispetto al 2004. In primavera la costa, che nel 2004 si presentava tutta "Mediocre/Scadente", nel 2005 mostra la medesima situazione nella zona centro-settentrionale e "Buono" nella restante zona evidenziando un miglioramento rispetto la condizione dell'anno precedente.

Nel periodo estivo con la forte riduzione delle portate dei fiumi, del carico dei nutrienti e conseguentemente della biomassa microalgale, si osserva una tangibile diminuzione dei valori del TRIX e tutta la fascia costiera si attesta in una condizione di stato ambientale "Buono/Elevato" con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, elevata trasparenza, e assenza di anomale colorazioni.

Nei mesi autunnali, a seguito dell'aumento delle portate del fiume Po e del relativo carico eutrofico, si evidenzia che la costa risulta ancora divisa in due parti; "Scadente" nella zona settentrionale tra il delta Po e Ravenna, e "Mediocre" tra Ravenna a Cattolica.

Nella Figura 81 di pag. 137 sono rappresentate le variazioni temporali nelle stazioni campione costiere (0.5 Km) ed in quelle a 3 Km, del rapporto tra l'Indice Trofico TRIX ed il fattore di diluizione (F%), al fine di verificare i legami funzionali esistenti tra i livelli trofici delle acque costiere e gli apporti provenienti da terra.

I nutrienti disciolti, come del resto le altre sostanze inquinanti che raggiungono le acque costiere sono associati e correlati agli apporti provenienti dai bacini costieri e da quello padano e quindi è possibile assegnare a questo trasporto un valore quantitativo espresso come :

$$F\% = \frac{(S_{mareaperto} - S_i)}{S_{mareaperto}} * 100$$

dove S-mare aperto (37.5 psu) rappresenta la salinità delle acque al largo, mentre Si è la salinità rilevata nelle stazioni di misura.



Anche se la variabilità è molto forte, particolarmente per la zona settentrionale, si evidenzia una buona corrispondenza tra il valore di Indice Trofico ed il fattore di diluizione F%, soprattutto per le aree situate a 3 Km dalla costa; andamento confermato anche dallo stretto rapporto di dipendenza tra gli apporti di nutrienti da terra ed il TRIX (Figura 82 di pag. 138), quantificato mediante una espressione di regressione con coefficiente di correlazione  $r=0.71$  per la zona "A" (Goro-Ravenna).

Per una prima classificazione dello stato ambientale delle acque costiere marine previsto dall'All. N 1 del D. Lgs. 152/99 e successive integrazioni D. Lgs 258/2000 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento...", l'Indice Trofico TRIX, unitamente alla relativa scala trofica sono considerati gli elementi basilari per definire e classificare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero. 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, tenendo conto del giudizio emergente dalle indagini sul biota e sui sedimenti, valutando inoltre ogni elemento utile a definire il grado di allontanamento dalla naturalità delle acque costiere.

Ai fini della classificazione deve essere considerato il valore medio annuale dell'Indice Trofico ed i risultati derivanti dall'applicazione del TRIX determineranno l'attribuzione di stato ambientale secondo la Tabella 8 di pag. 169.

Come obiettivo intermedio da raggiungere entro il 2008 per la costa emiliano-romagnola, considerata area sensibile ai sensi dell'Art. 5 del predetto Decreto, si prende come riferimento un punteggio medio derivante dall'applicazione dell'Indice Trofico non superiore a 5.0 unità di TRIX.

Per la classificazione delle acque costiere marine in base al predetto Indice non vengono utilizzati i dati, come numero di stazioni e frequenza di campionamento, previsti dal D. Lgs 152/99, ma quelli rilevati in tutte le stazioni della rete di monitoraggio della costa emiliano-romagnola (da costa fino a 3 Km a frequenza settimanale, vedi Figura 107 di pag. 163).

La metodologia seguita è stata quella di suddividere la fascia costiera in 9 subaree: a 0.5, 1 e 3 Km dalla costa, mediare quindi nell'arco dell'anno i valori di TRIX ricavati per le stazioni collocate all'interno delle rispettive subaree che sono rappresentative sia di numero sia di frequenza di rilevazione della subarea cui appartengono (Figura 91 di pag. 147 e succ. Figura 92).

Come già rilevato dall'andamento del TRIX nelle singole stazioni, si evidenzia per tutta l'area costiera che l'Indice Trofico si colloca all'interno della classe compresa tra 5 e 6 unità; però mentre nella subarea settentrionale ci si trova vicino alla condizione "Scadente" (TRIX medio=5.8), nella parte meridionale (Cesenatico-Cattolica) ci si approssima allo stato "Buono" (5.04).

Tutta la fascia costiera mostra un trend in diminuzione, sebbene contenuto, di questo Indice di stato Trofico in tutte le subaree rispetto l'anno precedente. Da rilevare che nella subarea meridionale le condizioni ambientali medie tendono ulteriormente a migliorare attestandosi nella classe "Buono" nelle zone di 1 e 3 Km con TRIX rispettivamente di 4.8 e 4.5.

La fascia costiera dell'Emilia-Romagna appartiene alla tipologia del basso fondale.

In base alla suddetta tipologia l'Allegato N. 1 del D. Lgs 152/99 prevede stazioni di misura e campionamento situate a 0.5, 1, e 3 Km dalla battigia ed ai fini della classificazione dovrà essere considerato il valore medio dell'Indice Trofico derivato dai valori delle singole misure a frequenza quindicinale in estate e stagionale nell'altro periodo dell'anno.

Per una disamina ulteriore sull'andamento del TRIX, con l'obiettivo di pervenire ad una più puntuale definizione dello stato ambientale, si sono presi in considerazione i valori medi annuali calcolati con 43 rilevamenti in un anno in ciascuna delle stazioni nella fascia di 0.5 Km, 1 Km e 3 Km da Goro a Cattolica (Figura 93 di pag. 149).

Gli andamenti dei valori medi annuali (sono stati utilizzati tutti i dati delle stazioni collocate nelle singole subaree), mostrano che le due subaree a 0.5 Km (Goro-Cesenatico) si collocano nella scala dello stato ambientale "Mediocre", mentre nella subarea meridionale il valore medio si attesta nella classe "Buono" con un miglioramento rispetto al 2004. L'ulteriore disaggregazione dei dati per territorio provinciale mette in evidenza che la Provincia di Ferrara presenta TRIX medio di 5.75 che equivale ad uno stato ambientale "Mediocre", quelle di Ravenna, Forlì/Cesena e Rimini mostrando un TRIX medio rispettivamente di 5.37, 5.37, posizionandosi nella sesta classe, mentre nella Provincia di Rimini il TRIX si attesta nella condizione di stato "Buono".

#### 4.19 Indice di Torbidità ( TRBIX )

L'Indice di Torbidità (TRBIX) rappresenta un importante 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 come 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.

Se l'assorbimento della luce è dovuto principalmente alla biomassa allora le acque, a qualsiasi grado di trasparenza, sono "biomasse saturate" quindi esiste una relazione quantificabile tra la trasparenza espressa come profondità di disco di Secchi ed il massimo possibile di biomassa. Se è presente una torbidità di carattere minerale, allora le acque non possono essere "biomasse saturate " e le concentrazioni di queste biomasse sono al di sotto del loro potenziale.

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

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

Range di variabilità: Clorofilla "a" da 0.2 a 300 mg/m<sup>3</sup>

Trasparenza da 48 a 0.3 m

La relazione Torbidità/Clorofilla "a" viene definita come il rapporto tra la trasparenza potenziale (p) e quella misurata (a)  $\text{TRBR} = \text{TRSP}_{(p)} / \text{TRSP}_{(a)}$

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

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

Una semplice interpretazione di questo indice è che le acque sono otticamente biosature riguardo la clorofilla se il TRBIX = 0; se il TRBIX = 1, il contributo della

clorofilla e del particolato inorganico risulta equivalente; se  $TRBIX = 2$  la Clorofilla dovrebbe contribuire per 1/4 ecc.

L'analisi degli andamenti del  $TRIX$  in rapporto al  $TRBIX$  mostra una situazione di variabilità in funzione delle stazioni costiere considerate e dalla stagionalità integrate con eventi eutrofici, apporti fluviali e risospensione del sedimento a seguito di mareggiate.

Nelle stazioni costiere (vedi Figura 75 di pag. 132), collocate nella parte settentrionale (Ravenna-Delta Po), gli alti valori di Indice Trofico sono correlati a bassi Indici di Torbidità a conferma che la zona predetta è interessata da fioriture microalgali e quindi da alti livelli di Clorofilla "a" e di conseguenza la torbidità è in gran parte sostenuta dalla componente fitoplanctonica particolarmente nel periodo autunnale.

Le stazioni centrali e meridionali della costa ubicate a 0.5 Km evidenziano sia per il  $TRIX$  che per il  $TRBIX$  una spiccata variabilità con valori di Indice Trofico che tendono a diminuire durante il periodo estivo mentre il  $TRBIX$  si mantiene variabile attorno al valore di 2. Ciò significa, com'è risultato anche gli scorsi anni, che per tali stazioni aumenta e diventa predominante la componente inorganica particellata rispetto alla biomassa microalgale nella determinazione della torbidità.

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 76 di pag. 133 che rappresenta gli scatter plot del  $TRIX$  verso il  $TRBIX$  calcolati utilizzando i risultati rilevati nelle stazioni costiere della subarea A, B e C a 0.5 Km.

Il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di  $TRIX$  e  $TRBIX$  rispettivamente.

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

Il quadro che ne scaturisce si presenta molto simile alle caratteristiche riscontrate negli anni precedenti. Il confronto tra le subaree della costa mostra che nella zona centro-settentrionale buona parte dei valori, si distribuiscono sui quadranti A e B che identificano, in termini di  $TRBIX$ , una zona prevalentemente colorata da sviluppo di fitoplancton ed una bassa trasparenza con presenza di torbidità dovuta anche alla componente minerale.

Diminuiscono rispetto lo scorso anno i valori che si posizionano nel quadrante A e C ad indicare un incremento della componente minerale nella determinazione della trasparenza per questa zona.

Nell'area più meridionale "Zona C", i vettori si distribuiscono uniformemente nei 4 quadranti con un aumento rispetto all'anno precedente dei valori del quadrante A e D, indicando una diminuzione dell'effetto della presenza della biomassa microalgale nella determinazione della trasparenza nella zona, quindi la torbidità presente è dovuta in

gran parte alla risospensione del sedimento e/o agli apporti di materiale inorganico fine dai bacini costieri.

La combinazione dell'indice Trofico TRIx e dell'Indice di Torbidità TRBIX come componenti di un vettore, dovrebbero caratterizzare la qualità delle acque marine in maniera più generale e fornire mediante la sua applicazione un Indice Generale di Qualità.

## **5 EVOLUZIONE DEI PROCESSI TROFICI NEL 2005**

### **Testo dei bollettini periodici**

#### **5.1 Eutrofizzazione**

Si riportano i testi dei bollettini settimanali emessi in tempo reale e riferiti al monitoraggio sullo stato trofico dell'ecosistema marino costiero dell'Emilia-Romagna.

##### **Bollettino N 1 del 03- 04- 05 Gennaio 2005**

La fascia costiera monitorata, che si estende da Goro a Cattolica fino a 10 Km dalla costa, non è interessata ne da processi di eutrofizzazione. Gli indicatori di biomassa microalgale, generalmente bassi soprattutto nelle zone verso il largo e nell'aerea meridionale della costa, tendono ad aumentare in corrispondenza dei fiumi e dei porti-canale. Le variabili idrologiche si presentano uniformi dalla superficie al fondo. I parametri chimico-fisici (temperatura, salinità, densità, ossigeno disciolto, torbidità, pH, ecc.) rientrano nel campo di variabilità del periodo senza evidenziare particolari anomalie.

La stabilità meteo-marina del periodo e gli scarsi apporti dai bacini costieri e padano favoriscono una buona trasparenza che si attesta tra 1,5 e 3 metri.

##### **Bollettino N 2 del 31 Gen/01 Febbraio 2005**

Dopo le intense mareggiate che hanno caratterizzato la fascia costiera nella scorsa settimana, lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero non manifesta anomalie rispetto al quadro climatologico del periodo.

Il rimescolamento ha interessato tutta la colonna d'acqua che si presenta omogenea dalla superficie al fondo con assenza di stratificazioni. I livelli di biomassa microalgale sono medio/bassi. Permane una elevata torbidità (trasparenza inferiore al metro) dovuta principalmente alla risospensione di materiale sedimentario fine. La temperatura dell'acqua in superficie, compresa tra 5 a 7 °C, rientra nella variazione media del periodo. Normali le concentrazioni di ossigeno disciolto su tutta la colonna d'acqua.

##### **Bollettino N 3 del 07- 08 Febbraio 2005**

Lo stato qualitativo ambientale rimane invariato rispetto la scorsa settimana. L'area è caratterizzata da valori medio/bassi di clorofilla, indicatore di biomassa microalgale, che tendono ad aumentare nella zona meridionale della costa. La fascia costiera è interessata da salinità elevate che attestano uno scarso apporto di acque dolci dai fiumi costieri e dal bacino padano (attualmente presenta un portata di 670 m3/sec circa la metà del valore medio annuale). Tutta la colonna d'acqua non presenta sottosaturazione di ossigeno disciolto e non sussistono stratificazioni termo-aline. Ancora bassa la trasparenza (attorno al metro) nella zona prossima alla linea di riva soprattutto nella parte meridionale della costa. Le temperature registrate in superficie, comprese mediamente tra 5 e 5,5 °C, risultano inferiori di 1 °C rispetto la media climatologica del periodo.

**Bollettino N 4 del 22- 24 Febbraio 2005**

Tutta la fascia costiera è interessata da una estesa condizione di eutrofizzazione che riguarda anche le zone al largo. La fioritura microalgale che si manifesta con una colorazione marrone delle acque superficiali è determinata essenzialmente dalla Diatomea *Skeletonema costatum*. L'apporto di nutrienti, in particolare dal bacino padano, e soprattutto le condizioni al contorno favorevoli quali stabilità meteo marina e limitata copertura nuvolosa hanno favorito lo sviluppo del fenomeno. La biomassa microalgale unitamente al sedimento risospeso, determinano una forte riduzione della trasparenza che nella maggior parte dei casi risulta inferiore a 1,2 metri. La massa d'acqua risulta ben rimescolata senza evidenziare stratificazioni significative; quindi le grandezze idrologiche, quali ad esempio l'ossigeno disciolto, risultano omogenee dalla superficie al fondo. Da segnalare le basse temperature registrate in superficie in tutte le stazioni che variano da 5,0 a 6,3 °C mostrando una diminuzione di circa 2°C rispetto le medie del periodo.

**Bollettino N 5 del 08- 09 Marzo 2005**

Il controllo sullo stato qualitativo dell'ecosistema costiero ha evidenziato il perdurare di una condizione di eutrofizzazione ancora estesa. Gli indicatori di biomassa microalgale (clorofilla "a"), 2-3 volte superiori al limite di eutrofizzazione. Detta fioritura microalgale determina una colorazione verde/marrone delle acque superficiali. La specie microalgale dominante è ancora rappresentata dalla Diatomea *Skeletonema costatum* che, in genere predomina in questo periodo. Il continuo apporto di nutrienti (fosforo, azoto e silicati) generati nei bacini padano-costieri sostengono e alimentano la fioritura in atto. A parte le zone localizzate a ridosso del Po e dei fiumi costieri, la salinità si mantiene su valori relativamente alti. Alquanto scarsa è la trasparenza delle acque che varia da 1 a 2 m a causa delle alte concentrazioni di fitoplancton in sospensione. La colonna d'acqua risulta ben miscelata e le variabili idrologiche si distribuiscono uniformemente dalla superficie al fondo senza evidenziare particolari stratificazioni. In questo contesto anche lo stato di ossigenazione del fondale rientra nella norma. Ancora molto bassa, in linea con lo stato climatologico atmosferico, la temperatura dell'acqua che, variando da 5 a 6.5 °C, risulta mediamente inferiore di 3 °C rispetto le medie del periodo.

**Bollettino N 6 del 14- 15 Marzo 2005**

Dopo la libeccata dei giorni scorsi che ha determinato il ricambio delle acque costiere, la situazione riferita alle condizioni trofiche è radicalmente mutata. In particolare i venti provenienti da sud-ovest hanno innescato una circolazione delle masse d'acqua perpendicolare alla costa; le acque di superficie sono state portate al largo con richiamo di quelle fondo verso la zona costiera. Conseguentemente la salinità è aumentata oltre i valori medi, la temperatura è cresciuta di circa 2 °C, la trasparenza è incrementata e soprattutto i livelli di biomassa microalgale si sono ridotti. Entro la norma del periodo si presentano le altre variabili idrologiche che mostrano ancora omogeneità sulla colonna d'acqua.

**Bollettino N 7 del 21- 22 Marzo 2005**

La zona costiera monitorata è caratterizzata da un'area a nord (compresa tra Bagni di Volano e Marina di Ravenna) con bassi valori di salinità ed elevati valori di torbidità e clorofilla, e da una zona meridionale con bassi livelli di biomassa microalgale e più elevati valori di salinità e trasparenza. Infatti gli apporti fluviali provenienti dal bacino padano e dai bacini costieri (dovuti allo scioglimento delle nevi) hanno determinato un calo dei valori di salinità nel sistema costiero, in particolare nell'area centro-settentrionale. In questa area i valori di biomassa microalgale sono medio-alti e sono sostenuti dalla presenza di

Fitoflagellati di origine fluviale. Nella norma il contenuto di ossigeno sia in superficie che sul fondo. In aumento rispetto la settimana scorsa (di circa 2°C) le temperature delle acque superficiali.

#### **Bollettino N 8 del 29- 30 Marzo 2005**

La zona costiera antistante l'Emilia Romagna continua ad essere caratterizzata da bassi valori di salinità per la presenza di acque di origine fluviale. In particolare, rispetto la settimana scorsa, mentre nella zona centro-settentrionale si registra un miglioramento dei valori, nella zona meridionale si rileva un abbassamento dei valori di salinità. In diminuzione le concentrazioni di biomassa microalgale nella parte alta della costa. In miglioramento anche i valori di trasparenza delle acque. Le concentrazioni di ossigeno sia in superficie che sul fondo sono nella norma. I valori di temperatura sono in leggero aumento.

#### **Bollettino N 9 del 04- 05 Aprile 2005**

Il continuo apporto di acque dolci dai fiumi costieri e dal fiume Po determina una generale riduzione della salinità soprattutto nella zona centro-settentrionale della costa con un interessamento delle acque al largo. Rispetto la scorsa settimana si osserva un incremento della biomassa microalgale che nella zona a sud del delta Po, raggiunge valori prossimi alla condizione di eutrofia. La colonna d'acqua risulta stratificata sia a causa di un innalzamento della temperatura nelle acque che per l'immissione di acque dolci. Nelle acque di fondo si riscontrano livelli di clorofilla "a" superiori rispetto la superficie. Le condizioni di ossigenazione del fondale rientrano nella norma, mentre si registra un ulteriore incremento della temperatura (mediamente compresa tra 12 e 14,5 °C) e della trasparenza, in particolare nella zona meridionale della costa.

#### **Bollettino N 10 del 14- 15 Aprile 2005**

Le concentrazioni di biomassa microalgale si attestano su valori medio/bassi. A seguito delle intense precipitazioni della scorsa settimana, si osservano in corrispondenza dei fiumi costieri (Po, Reno, Fiumi Uniti, Savio, ecc.), marcati "pennacchi" che si estende fino a 1-2 Km dalla costa costituiti da acque dolci e limacciose. La parte centro-settentrionale della costa è maggiormente interessata da incrementi di Clorofilla "a", raggiungendo la condizione di eutrofizzazione nell'area antistante Porto Garibaldi. Nella zona meridionale si riscontra un minor apporto di fattori eutrofizzanti dai bacini costieri. La trasparenza risulta ancora bassa (1-2 m) a causa del fitoplancton in sospensione e per la presenza sia di materiale fine inorganico risospeso dalla recente mareggiata sia per quello trasportato dai fiumi. La temperatura delle acque superficiali, pur evidenziando un debole incremento, risulta inferiore di 2-3°C rispetto la media climatologica del periodo. Da segnalare stratificazioni termo-aline sulla colonna d'acqua.

#### **Bollettino N 11 del 18- 19 Aprile 2005**

Le condizioni trofiche dell'ecosistema marino costiero non si discostano significativamente rispetto a quelle riscontrate la scorsa settimana. Da segnalare l'aumento areale dello stato di eutrofizzazione che attualmente interessa tutta la fascia costiera antistante la provincia di Ferrara, raggiungendo anche le zone al largo in corrispondenza del delta Padano. La fioritura microalgale sostenuta essenzialmente da Diatomee del genere *Skeletonema* si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque superficiali ed una sensibile riduzione della trasparenza (attorno al metro di profondità). Nella parte centro-meridionale della costa i livelli di biomassa microalgale si riducono. Ancora bassa le temperature dell'acqua superficiale con valori attorno a 10°C. Lo stato di ossigenazione della colonna d'acqua risulta omogeneo dalla superficie al fondo.



**Bollettino N 12 del 26- 27 Aprile 2005**

La zona costiera antistante l'Emilia-Romagna presenta in generale una condizione buona caratterizzata da livelli di biomassa microalgale bassi. In particolare, lo spirare dei venti dai quadranti meridionali durante il fine settimana ed il conseguente moto ondoso hanno contribuito all'ingressione in costa di acque oligotrofiche provenienti dal largo. Nella zona meridionale della costa si registrano elevati valori di salinità e livelli di biomassa microalgale molto bassi. Nella zona centro-settentrionale, al contrario, si registrano ancora rilevanti apporti fluviali con un abbassamento significativo dei valori di salinità. Le condizioni di ossigenazione sia in superficie che sul fondo rientrano nella norma. In aumento i valori medi di temperatura delle acque superficiali.

**Bollettino N 13 del 02- 03 Maggio 2005**

La zona monitorata (Cattolica-Bagni di Volano) è ancora interessata dai apporti fluviali provenienti sia dal bacino padano che dai bacini minori. Permane una condizione di trofia con fioriture microalgali sostenute principalmente da Diatomee, con bassi valori di salinità in superficie e riduzione della trasparenza. Soprattutto nella subarea settentrionale i valori di salinità in superficie sono diminuiti notevolmente e si mantengono tali fino a 3 Km dalla costa. Nella subarea meridionale permangono basse concentrazioni di biomassa fitoplanctonica e valori di salinità medio-alti. I valori dell'ossigeno disciolto in superficie sono elevati nelle aree con presenza di biomassa microalgale per il contributo di origine fotosintetica, i controlli sul fondo non rilevano valori di sottosaturazione. A causa degli sversamenti di acque dolci si registra, rispetto alla settimana scorsa, un significativo incremento dei valori di temperatura delle acque superficiali.

**Bollettino N 14 del 10- 12 Maggio 2005**

Nella zona costiera monitorata (Goro-Bellaria) venti provenienti dai quadranti meridionali hanno operato un rimescolamento delle masse d'acqua generando un mutamento delle condizioni idrologiche lungo la colonna; infatti rispetto alle condizioni di media trofia rilevate la scorsa settimana, l'ingressione di acque dal largo ha portato ad aumento dei valori di salinità e ad una diminuzione di temperatura di circa 2 °C. In conseguenza anche i valori di biomassa microalgale sono diminuiti attestandosi su valori medi. Le Diatomee assumono ancora un ruolo dominante. L'ossigenazione sia in superficie che sul fondo permane buona. I valori di trasparenza rimangono bassi anche per la componente detritica in sospensione.

**Bollettino N 15 del 18- 20 Maggio 2005**

Permane invariata la situazione dello stato ambientale dell'ecosistema costiero rispetto la scorsa settimana. Le condizioni meteo-marine del periodo sono state caratterizzate da mare generalmente mosso e da correnti sud-nord che hanno contribuito a mantenere rimescolata la colonna d'acqua ed a ridurre gli indicatori di stato eutrofico. In particolare la biomassa microalgale, intesa come clorofilla "a", si mantiene bassa (0,5 e 3,0 µg/L) in tutta la zona e la salinità risulta mediamente alta nonostante le precipitazioni dei giorni scorsi. Nelle stazioni al largo si osserva un forte gradiente termico tra lo stato superficiale e quello di fondo (18 °C in superficie e 12 °C sul fondo). Sul fondale si osserva un leggero calo dell'ossigeno disciolto. Scarsa la trasparenza a causa del materiale fine inorganico risospeso dal mare mosso.

**Bollettino N 16 del 23- 24 Maggio 2005**

L'area monitorata (Goro-Cattolica) non è interessata da processi eutrofici. La salinità si attesta su valori medi (per le recenti precipitazioni), concentrazioni di biomassa microalgale basse e valori di trasparenza

elevati. Il recente e continuo spirare di venti di moderata e forte intensità spiranti dai quadranti sia settentrionali che meridionali ha generato miscelamento e ricambio delle acque. Le condizioni di ossigenazione sia in superficie che sul fondo rientrano nella norma. In aumento rispetto la settimana scorsa i valori di temperatura delle acque superficiali di circa 2°C.

#### **Bollettino N 17 del 07- 09 Giugno 2005**

Il mare mosso dei giorni scorsi ha determinato un ulteriore miscelamento della colonna d'acqua. Se si esclude la zona a ridosso del delta Po, caratterizzata da salinità medio/bassa, la situazione si presenta omogenea lungo tutta la fascia costiera con scarsi livelli di biomassa microalgale. Nella zona più meridionale della costa si riscontrano i più bassi indici di clorofilla "a" e valori alti di trasparenza pari a circa 4 metri a 0,5 Km dalla costa. Nella norma la concentrazione dell'ossigeno sul fondo senza variazioni significative rispetto la superficie. Nelle stazioni monitorate fino a 3 Km dalla costa le grandezze idrologiche si mantengono uniformi dalla superficie al fondo.

#### **Bollettino N 18 del 13- 14 Giugno 2005**

Permangono buone le condizioni qualitative dell'ecosistema costiero ed in ulteriore miglioramento rispetto la scorsa settimana. I bassi livelli di biomassa microalgale, unitamente alla elevata salinità ed una buona trasparenza delle acque, sono in buona parte attribuibili agli scarsi apporti dai bacini fluviali. Soltanto in una zona molto localizzata antistante Goro si osserva un incremento della biomassa microalgale. Entro la media del periodo si posizionano le altre grandezze idrologiche misurate.

#### **Bollettino N 19 del 21- 22 Giugno 2005**

La fascia costiera monitorata (da Goro a Cattolica) è ancora caratterizzata da buone condizioni ambientali. In tutta l'area non sono presenti processi di eutrofizzazione; gli indicatori di stato trofico risultano bassi ad eccezione della zona a ridosso del delta Po. La salinità presenta valori in genere superiori alla media del periodo in accordo con gli scarsi apporti di acque fluviali. Buona la trasparenza nelle stazioni a nord di Ravenna, nella zona meridionale della costa e nelle stazioni al largo assume valori elevati compresi tra 6 e 10 metri. In un'area limitata, localizzata tra Goro e Lido delle Nazioni, si riscontra una riduzione di circa il 50% dell'ossigeno nelle acque di fondo rispetto alla superficie configurando una condizione di ipossia.

#### **Bollettino N 20 del 27- 28 Giugno 2005**

La situazione riferita allo stato qualitativo dell'ecosistema costiero rimane in generale invariata rispetto la settimana scorsa. Nella maggior parte della fascia costiera si riscontrano bassi valori di biomassa microalgale, assenza di processi eutrofici, alta salinità e soprattutto una elevata trasparenza delle acque. Infatti nelle zone costiere a 5 metri di profondità è ben visibile il fondale. Nell'area localizzata a ridosso del delta Po rimane una zona circoscritta di ipossia delle acque bentiche che tende, considerato lo stato meteo-marino stazionario, ad espandersi. In accordo con l'andamento climatico del periodo, si riscontrano temperature elevate delle acque superficiali che si attestano tra 25 e 29 °C (circa 4-6 °C superiore alla media del periodo).

#### **Bollettino N 21 del 04- 05 Luglio 2005**

La fascia costiera emiliano-romagnola, dal punto di vista dello stato qualitativo ambientale, è distinta in due zone. La prima, che si estende dal delta Po fino a circa la foce del Reno, è caratterizzata da una condizione al limite dello stato eutrofico con livelli di biomassa microalgale medio/bassi, limitata

trasparenza e presenza di una leggera anomala colorazione delle acque superficiali. Tale zona, che comprende la fascia fino a 3 Km dalla costa, è interessata dagli apporti del bacino padano che determinano una riduzione generale della salinità. La seconda area, ben più estesa della prima e che va da Ravenna a Cattolica, presenta uno buon stato qualitativo ambientale dell'ecosistema costiero con assenza di fenomeni eutrofici, alta salinità ed elevata trasparenza. Permangono ancora superiori di 2-3 °C le temperature delle acque superficiali rispetto alla media climatologica del periodo. Non si riscontra, a differenza della settimana scorsa, alcun focolaio di carenza di ossigeno (ipossia) sul fondale e di conseguenza si osserva un miglioramento nell'area settentrionale della costa. Da segnalare l'elevata trasparenza delle acque nella zona verso il largo (20 Km) con 19-20 metri di visibilità.

#### **Bollettino N 22 del 11- 12 Luglio 2005**

La situazione riferita alle condizioni qualitative dell'ambiente marino costiero dell'Emilia Romagna rimane sostanzialmente invariata rispetto la scorsa settimana. Gran parte della fascia costiera, soprattutto le zone verso il largo, è ancora caratterizzate da uno buon stato ambientale con assenza di fenomeni eutrofici ed elevata trasparenza. Sempre nella zona localizzata tra il delta Po e Porto Garibaldi, entro 3 Km dalla costa, a seguito di un incremento delle portate del fiume si registra un aumento della biomassa microalgale, al limite dello stato eutrofico, ed una condizione anossica delle acque di fondo confinata a 0,5 Km antistante Goro e Lido delle Nazioni.

#### **Bollettino N 23 del 18- 20 Luglio 2005**

Lungo la fascia costiera che si estende da Goro a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo permane una buona situazione generale dello stato qualitativo dell'ambiente marino. Le acque costiere sono caratterizzate da basse concentrazioni di biomassa microalgale ed elevata trasparenza in modo particolare nella zona centro-meridionale e nelle stazioni al largo. Nella zona settentrionale tra Porto Garibaldi e Goro gli indicatori di stato trofico incrementano configurando una situazione di eutrofizzazione che interessa la fascia costiera fino a 1-2 Km dalla costa. La struttura della colonna d'acqua si presenta omogenea fino a 10 m di profondità e non si osservano condizioni di carenza di ossigeno nelle acque prossime al fondale. Sono stati pertanto risolti i limitati casi di ipossia che avevano interessato aree limitate antistanti Goro. Entro la variazione media del periodo rientrano tutte le altre variabili idrologiche misurate. Da segnalare che nella zona compresa tra Cesenatico e Cervia, in un'area prettamente costiera, (dalla battigia fino a 100-200 m al largo) è in atto un fenomeno eutrofico sostenuto dalla microalga *Fibrocapsa japonica* che si manifesta in modo discontinuo e che determina una colorazione rosso-bruno delle acque con una forte riduzione della trasparenza.

#### **Bollettino N 24 del 26- 27 Luglio 2005**

La situazione riferita allo stato qualitativo delle acque costiere, riscontrata questa settimana, presenta una condizione caratterizzata, in generale, da bassi livelli di biomassa microalgale, buona trasparenza e con normali livelli di concentrazione dell'ossigeno disciolto su tutta la colonna d'acqua. La stabilità meteo-marina e gli scarsi apporti dai bacini costieri e da quello padano, favoriscono l'incremento delle temperature superficiali, variabili da 26 a 28°C e mantengono elevata la salinità anche nella fascia costiera. Nella zona limitata a ridosso del delta padano gli indicatori di stato trofico (clorofilla "a") tendono ad aumentare pur rimanendo a concentrazioni medio-basse. Nella medesima zona, a livello del fondale, l'ossigeno è in diminuzione configurando una condizione di ipossia. Permane, nella zona compresa tra il molo di Cervia e Pinarella, in un'area costiera, (dalla battigia fino a 100-200 m al largo) un fenomeno eutrofico sostenuto dalla microalga *Fibrocapsa japonica* che si manifesta in modo

discontinuo e che determina una colorazione rosso-bruno delle acque ed una forte riduzione della trasparenza.

**Bollettino N 25 del 01- 02 Agosto 2005**

L'area costiera monitorata (Goro-Cattolica) non è interessata da fenomeni eutrofici, in tutta l'area si riscontrano bassi valori di clorofilla ed alta trasparenza delle acque. Solamente nella zona compresa tra Lido delle Nazioni e Bagni di Volano si registra un incremento della biomassa microalgale che si estende da costa fino a 10 Km al largo. Detta condizione si manifesta con una colorazione verde dell'acqua ed una riduzione della trasparenza. La salinità, come la settimana scorsa, si mantiene elevata in tutta l'area. Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto rientrano nella norma, fanno eccezione alcune aree a ridosso del delta del Po in cui si sono registrati valori tendenti all'ipossia negli strati di fondo. A seguito dello spirare di venti di Libeccio nelle giornate 30 e 31 luglio, si è determinato un rimescolamento delle acque costiere con conseguente diminuzione dei valori di temperatura (circa 1°C in meno rispetto alla scorsa settimana) e un aumento dei valori di salinità. Le temperature delle acque in superficie si mantengono comunque elevate rispetto alla media del periodo.

**Bollettino N 26 del 09- 10 Agosto 2005**

In relazione allo stato qualitativo delle acque marine la fascia costiera monitorata risulta suddivisa in due parti. La prima che si estende da Cattolica a Porto Garibaldi presenta bassi livelli di biomassa microalgale, elevata salinità ed in generale un buon stato ambientale dell'ecosistema. La seconda, più limitata, che va da Porto Garibaldi al delta del Po è caratterizzata da una condizione di eutrofizzazione determinata essenzialmente da Diatomee che si manifesta con una colorazione verde delle acque superficiali. In tutta la fascia costiera la trasparenza è medio-bassa, variabile da uno a due metri, però mentre nella zona meridionale la torbidità è determinata dalla risospensione del sedimento a seguito del mare mosso dei giorni scorsi, nell'area settentrionale la diminuzione della trasparenza è dovuta in gran parte all'elevata presenza di biomassa fitoplanctonica in sospensione. Da segnalare l'elevata salinità delle acque superficiali ad esclusione della zona immediatamente a ridosso del delta Po ed una riduzione della temperatura di circa 3 °C rispetto la media del periodo.

**Bollettino N 27 del 17 - 18 Agosto 2005**

Nella fascia costiera monitorata (Cattolica - Bagni di Volano) non si registrano fenomeni eutrofici; rispetto la settimana precedente i valori di biomassa microalgale sono diminuiti in tutta l'area soprattutto in quella più settentrionale a ridosso del delta Padano. Buona la trasparenza anche se dai dati del trasmissometro si rileva un aumento della torbidità nelle acque profonde a seguito di condizioni meteo marine instabili. La temperatura delle acque superficiali si mantengono pressochè invariate rispetto il monitoraggio precedente. I valori di salinità presentano una leggera diminuzione soprattutto nelle zone settentrionali e meridionali della costa. Le concentrazioni di ossigeno disciolto rientrano nella norma in quasi tutta l'area, fa eccezione la zona localizzata a ridosso del delta del Po dove si registrano valori sul fondo tendenti all'ipossia.

**Bollettino N 28 del 22- 23 Agosto 2005**

La fascia costiera emiliano-romagnola è caratterizzata da una condizione di eutrofizzazione che interessa la zona compresa tra Porto Garibaldi ed il delta padano. Nella restante zona (foce Reno-Cattolica) gli indicatori di stato trofico sono bassi e con buona trasparenza delle acque. Nonostante le precipitazioni dei giorni scorsi la salinità si mantiene su valori medio-alti mentre la temperatura, variando da 23 a 24 °C,

mostra una diminuzione di circa 2 °C rispetto la media climatologica del periodo. In una vasta area che si estende dal delta padano a Lido Adriano fino a 6-10 Km dalla costa si rileva una significativa riduzione nelle concentrazioni dell'ossigeno disciolto nelle acque di fondo. Nell'area marina prossima a Cesenatico si sono avute nei giorni scorsi fioriture sostenute dalla microalga *Fibrocapsa japonica* che si sono manifestate con una colorazione rosso-bruno delle acque e riduzione della trasparenza.

#### **Bollettino N 29 del 29- 30 Agosto 2005**

In miglioramento le condizioni dello stato ambientale delle acque costiere marine rispetto la scorsa settimana. I processi eutrofici localizzati a sud del delta Po sono diminuiti in estensione ed al momento risultano confinati lungo la fascia costiera fino a Casalborsetti. In regressione anche le condizioni ipossiche delle acque di fondo che attualmente si manifestano in maniera puntiforme al largo di Porto Garibaldi. Ad eccezione della fascia costiera ferrarese che risente degli apporti del bacino padano, la salinità si mantiene medio/alta in tutta la zona monitorata, particolarmente nella parte sud della costa. La temperatura, compresa tra 23 e 24.5 °C, presenta una riduzione di circa 3°C rispetto la media decennale del periodo.

#### **Bollettino N 30 del 06 - 07 Settembre 2005**

L' area costiera antistante l'Emilia-Romagna risulta essere caratterizzata da un intenso processo di eutrofizzazione che si estende in modo particolare nella zona centro-settentrionale. L'incremento della biomassa microalgale, rispetto la settimana scorsa, ha determinato una colorazione dell'acqua verde-marrone con conseguente diminuzione della trasparenza fino a 20 Km dalla costa. Gli elevati valori di clorofilla sono sostenuti prevalentemente dalle Diatomee del genere *Chaetoceros spp.* e dalla Dinoflagellata *Lingulodinium polyedrum*. Le precipitazioni dei giorni scorsi e l'incremento degli apporti fluviali hanno determinato un abbassamento della salinità nelle acque superficiale. La temperatura mostra valori analoghi a quelli rilevati la scorsa settimana. Si è estesa la condizione di ipossia/anossia nelle acque di fondo che risulta al momento estesa all'area centro - settentrionale fino a 20 Km verso il largo. Nell'area meridionale costiera (fino ai 3 Km) si registra una situazione di ipossia.

#### **Bollettino N 31 del 12 Settembre 2005**

L'area costiera monitorata (Bagni di Volano - Milano Marittima) è caratterizzata da una intensa condizione eutrofica con elevate concentrazioni di clorofilla "a" (74 µg/l a Lido delle Nazioni). I bloom microalgali sono sostenuti prevalentemente dalle Diatomee del genere *Chaetoceros spp.* e dalla Dinoflagellata *Lingulodinium polyedrum*. Tali fioriture sono visibili a occhio nudo in quanto conferiscono un colore marrone all'acqua e mantengono una distribuzione disomogenea a chiazze. Nonostante le precipitazioni dei giorni scorsi e l'incremento dell'apporto dei fiumi, la salinità presenta valori medio-alti, mentre la temperatura, variando da 23 a 24 °C, si mantiene nella media climatologica del periodo. Perdura e si aggrava la situazione di ipossia e anossia già rilevata la settimana precedente. Infatti in tutta l'area monitorata, fino a 6-10 Km dalla costa, è presente una condizione ipossica e in alcune aree anossica, con gravi ripercussioni sugli organismi bentonici di fondo. Si segnalano spiaggiamenti di organismi nel tratto antistante Porto Garibaldi e Lido delle Nazioni.

#### **Bollettino N 32 del 23 Settembre 2005**

Sono migliorate le condizioni del mare lungo la costa settentrionale. Le condizioni meteo marine instabili dei giorni scorsi, hanno determinato un'azione di miscelamento delle acque con conseguente riossigenazione lungo la colonna. Permane tuttavia una situazione di leggera ipossia sul fondo nell'area

più a ridosso del delta del Po e una condizione al limite dell'eutrofia nell'area settentrionale. I valori di salinità, conseguentemente all'incremento dell'apporto dei fiumi di acqua dolce, tendono a diminuire in tutta l'area settentrionale. In diminuzione anche la temperatura che si abbassa di circa 3 °C rispetto la settimana precedente.

#### **Bollettino N 33 del 26 - 27 Settembre 2005**

L'apporto di acque dolci e di elementi eutrofizzanti veicolati a mare sia dai bacini costieri ma soprattutto dal fiume Po, unitamente alle condizioni di stabilità meteo-marina, determinano una condizione generalizzata di eutrofizzazione su tutta la costa emiliano-romagnola. Lo sviluppo microalgale, sostenuto prevalentemente da Diatomee, conferisce una colorazione verde-marrone alle acque superficiali con valori di clorofilla "a" medio/alti compresi tra 10 e 30 µg/l. La trasparenza si è nel contempo ridotta tra 1 e 2,5 m di disco Secchi. L'ossigeno disciolto nel fondo tende a diminuire evidenziando una situazione generalizzata di ipossia, che, in aree limitate a ridosso del delta padano, raggiunge la condizione di anossia. Rispetto la scorsa settimana si registra un peggioramento dello stato di eutrofia.

#### **Bollettino N 34 del 06 - 07 Ottobre 2005**

Nella zona centrale della costa permane uno stato di eutrofia determinato dallo sviluppo di Diatomee che conferiscono una colorazione verde alle acque. Nell'area predetta la riduzione della salinità (valore medio 30.4 psu) attesta un apporto di acque dolci proveniente dai fiumi costieri e dal bacino padano. Conseguentemente si registra una riduzione della trasparenza (1-1.5 m) e dell'ossigeno disciolto sul fondo. Entro la media del periodo si collocano le altre variabili idrologiche acquisite. Causa avverse condizioni meteo-marine non è stato possibile monitorare la zona settentrionale della costa.

#### **Bollettino N 35 del 11 - 12 Ottobre 2005**

Le condizioni meteo-marine instabili dei giorni scorsi hanno determinato una regressione del fenomeno eutrofico. Scarsa la trasparenza delle acque per la risospensione della frazione fine dal sedimento. La temperatura è in tutta l'area in diminuzione di circa 1,5 °C rispetto la settimana scorsa. Lungo la colonna d'acqua i valori di ossigeno disciolto non presentano particolari anomalie; rimane una leggera condizione di ipossia nella zona più settentrionale (Bagni di Volano). I valori bassi di salinità lungo tutta la costa sono conseguenti ai recenti apporti di acque dolci provenienti sia dal bacino padano che dai fiumi costieri.

#### **Bollettino N 36 del 19 - 20 Ottobre 2005**

La zona costiera controllata presenta un incremento della biomassa microalgale rispetto la scorsa settimana, soprattutto nella zona centro-settentrionale. Nella predetta area le acque superficiali mostrano una colorazione verde causata dallo sviluppo di Diatomee conseguente all'immissione di nutrienti sversati dai bacini costieri e padano. La salinità, in gran parte della costa, presenta valori medio/bassi a seguito di un significativo apporto di acque fluviali che, unitamente alla presenza di fitoplancton riducono la trasparenza. Nella colonna d'acqua si osserva l'inizio della inversione termica, per cui le acque di fondo risultano più calde (2-3°C) rispetto a quelle di superficie. L'ossigeno disciolto, in concentrazioni normali in superficie, si abbassa sul fondo nella parte centro-settentrionale della costa configurando una condizione di ipossia.

#### **Bollettino N 37 del 24 - 25 Ottobre 2005**

In diminuzione, rispetto la scorsa settimana, il livello di eutrofia nella zona settentrionale della costa. In particolare la biomassa microalgale risulta medio/bassa lungo la fascia costiera e tende a ridursi ulteriormente nelle zone verso il largo (3-10 Km) che sono caratterizzate da una elevata trasparenza. Permane bassa la salinità in superficie (compresa tra 26 e 31 psu) in tutta la zona monitorata. Detta condizione è favorita da apporti fluviali concomitanti ad un periodo di stabilità meteo-marina (assenza di moto ondoso). La stratificazione salina e la scarsa dinamicità delle acque aumentano le zone caratterizzate da carenza di ossigeno nel fondale nella parte centro/settentrionale della costa. Nella fascia costiera a ridosso del delta Po tale stato tende alla anossia. La temperatura, compresa tra 16 e 18 °C, si mantiene entro la media del periodo, nella norma gli altri parametri misurati.

#### **Bollettino N 38 del 02 - 03 Novembre 2005**

Il fenomeno eutrofico in atto è innescato ed alimentato essenzialmente dagli apporti di nutrienti di origine padana e si mostra particolarmente intenso nella zona settentrionale (delta Po-Casalborsetti). La fioritura microalgale, determinata da Diatomee *Skeletonema costatum*, conferisce alle acque una colorazione verdastro. In conseguenza, per effetto della biomassa microalgale presente, l'ossigeno disciolto risulta in sovrassaturazione in superficie ed in diminuzione sul fondo. Nella parte settentrionale della costa si è instaurata una condizione di ipossia/anossia delle acque benthiche favorita dalla degradazione della sostanza organica prodotta dal citato evento. L'estensione della zona anossica e ipossica interessa la zona costiera settentrionale (da foce Reno a Goro). Nell'area centrale ed in parte in quella meridionale si hanno condizioni di impossia nella fascia compresa tra i 3 e i 6 Km. In diminuzione la temperatura delle acque superficiali di 1-2 °C.

#### **Bollettino N 39 del 08 - 09 Novembre 2005**

Il processo di eutrofizzazione riscontrato la scorsa settimana sulla zona settentrionale, si estende su tutta la fascia costiera interessando anche le aree verso il largo (3-6 Km). Lo sviluppo microalgale nello strato superficiale è causato dai cospicui apporti di elementi eutrofizzanti (fosforo, azoto ecc.) generati nei bacini costieri e padano e riversati a mare dai fiumi conseguentemente alle precipitazioni dei giorni scorsi. Si registra una ulteriore riduzione della salinità particolarmente nella zona compresa tra Ravenna ed il delta padano. La biomassa microalgale prodotta, costituita prevalentemente da Diatomee del genere *Skeletonema costatum*, conferisce una colorazione verdastra alle acque con una riduzione della trasparenza, spesso inferiore al metro. Rispetto la settimana passata si osserva la scomparsa dello stato anossico, mentre rimangono condizioni di ipossia localizzate soprattutto nella zona centrale della costa.

#### **Bollettino N 40 del 14 - 15 Novembre 2005**

Permane una condizione di eutrofizzazione generalizzata su tutta la fascia costiera con i massimi valori nella zona meridionale. Lo sviluppo dello stato eutrofico, che si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque superficiali, è sostenuto prevalentemente da Diatomee ed è favorito da condizioni di stabilità meteo-marina e da apporti fluviali. La salinità si mantiene su valori medio-bassi e in corrispondenza dei fiumi e porti canali. In ulteriore riduzione sia lo stato di ipossia che di anossia delle acque di fondo. Soltanto nella zona antistante Cesenatico a 6-10 km dalla costa si evidenzia una condizione ipossica molto localizzata. Nelle stazioni al largo si riscontra, oltre alla stratificazione salina, una marcata stratificazione termica; le acque di fondo risultano più calde di 3-4 °C rispetto quelle di superficie che si attestano tra 12.5 e 13.5 °C. In linea con l'andamento medio del periodo si presentano gli altri indicatori idrologici rilevati.

**Bollettino N 41 del 21 - 28 Novembre 2005**

Le condizioni perturbate di questo periodo, caratterizzate da frequenti mareggiate, non hanno consentito di completare monitoraggio a frequenza settimanale. Pertanto lo stato ambientale ha subito forti variazioni in quest'ultima decade di novembre passando da una condizione di eutrofia nella zona settentrionale della costa (verso il 21 di novembre) ad uno stato di basse concentrazioni di biomassa microalgale riscontrate verso la fine del mese. A seguito delle cospicue precipitazioni che si sono verificate nei bacini costieri e padano, gli apporti dei fiumi sono consistenti e si manifestano attualmente con una forte riduzione della trasparenza (attorno al metro) ed una generalizzata diminuzione della salinità. La temperatura risulta in diminuzione di circa 2 °C rispetto al valore medio del periodo. La colonna d'acqua risulta omogenea, continuamente rimescolata dal moto ondoso, tutti i parametri misurati presentano valori omogenei dalla superficie al fondo.

**Bollettino N 42 del 05 - 16 Dicembre 2005**

Dopo un periodo prolungato, caratterizzato da avverse condizioni meteorologiche e da frequenti mareggiate, si rileva l'assenza di fioriture microalgali con bassi livelli di clorofilla "a" compresi tra 2 e 4 mg/m<sup>3</sup>. Mentre nella zona meridionale della costa la struttura della colonna d'acqua risulta ben miscelata ed in generale i parametri ideologici si mostrano omogenei dalla superficie al fondo, nella zona settentrionale si osserva una marcata stratificazione causata dall'immissione di acque dolci dai bacini costieri e padano che determinano una riduzione della salinità nello strato superficiale ed un abbassamento della temperatura che si attesta, nelle stazioni costiere, attorno a 8°C. Le condizioni di ossigenazione, attorno alla saturazione, rientrano nella norma anche nelle zone prossime al fondale. La bassa trasparenza, compresa tra 1 e 2 m, rilevata in quasi tutte le stazioni, è essenzialmente causata dal materiale fine inorganico risospeso dalle mareggiate.

**Bollettino N 43 del 27 - 29 Dicembre 2005**

Buono lo stato qualitativo ambientale dell'ecosistema costiero, migliore nella parte meridionale della costa rispetto alla zona settentrionale influenzata dagli apporti del bacino padano dove si riscontrano incrementi dei livelli di biomassa microalgale. Il continuo passaggio di perturbazioni associate a frequente mare mosso e correnti marine con direzione nord, provocano un rapido ricambio delle acque ed una sostanziale omogeneità dei parametri idrologici tra la superficie ed il fondo. Lungo la fascia costiera la trasparenza dell'acqua è ancora bassa variando da 1 a 2 metri e la temperatura superficiale mostra valori di 2-3 °C inferiori alla media decennale del periodo attestandosi tra 5 e 7,5 °C.

**5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2005. Sintesi riassuntiva****Gennaio - Febbraio 2005**

La prima decade di gennaio è caratterizzata da una "buona" qualità dell'ecosistema marino costiero con indicatori di biomassa algale che presentano bassi valori lungo tutta l'area monitorata, buona trasparenza delle acque; le variabili idrologiche si mantengono omogenee e rientrano nella norma lungo tutta la colonna d'acqua. Questa condizione si mantiene fino a metà febbraio quando l'area monitorata registra aumenti di biomassa microalgale dovuti ad un'intensa fioritura microalgale sostenuta essenzialmente da Diatomee (*Skeletonema costatum*) che determinano inoltre una forte diminuzione della



trasparenza. Da segnalare le temperature di questo periodo registrate in superficie che mostrano una diminuzione di circa 3°C rispetto le medie del periodo.

### **Marzo - Aprile 2005**

Durante i primi quindici giorni di marzo perdurano le condizioni di eutrofia lungo la costa emiliano-romagnola che determinano uno stato ambientale dell'ecosistema costiero "Mediocre/Scadente". La fioritura ancora in atto di Diatomee continua ad essere alimentata da apporti di nutrienti provenienti dai bacini padani e costieri, determinando una colorazione verde/marrone delle acque superficiali.

Situazioni di instabilità meteo-marina hanno contribuito a metà marzo ad un miglioramento delle condizioni ambientali disperdendo le acque di superficie richiamando quelle dal fondo.

Da fine marzo fino a metà aprile si assiste ad un aumento di clorofilla "a" soprattutto nella zona A, situata più a nord lungo la costa; questo aumento è sinonimo di un incremento della biomassa fitoplanctonica dovuta ad apporti di acque dolci dai fiumi. Il continuo sversamento determina un abbassamento della salinità in superficie, elevati valori di torbidità anche a 10 Km dalla costa.

All'inizio di aprile la zona sud del delta del Po raggiunge valori di clorofilla prossimi alla condizione di eutrofia. Le acque si presentano stratificate con diversa salinità e temperatura tra la superficie ed il fondo, l'ossigeno si mantiene sempre su valori che rientrano nella norma.

L'ultimo monitoraggio di aprile attesta un miglioramento delle condizioni ambientali grazie a condizioni meteo-marine instabili che hanno contribuito all'ingressione in costa di acque oligotrofiche con salinità elevate e bassi valori di clorofilla.

### **Maggio - Giugno 2005**

La prima metà di maggio è caratterizzata da una situazione diversa tra la zona settentrionale della costa rispetto a quella meridionale. In questa ultima le acque superficiali presentano bassi livelli di biomassa microalgale, valori di salinità medio-alti e buona trasparenza. La zona più a nord invece, maggiormente influenzata dagli apporti di origine padana, si presenta con una situazione di marcata trofia con fioriture microalgali sostenute da Diatomee, valori bassi di salinità ed elevata torbidità dovuta anche a materiale detritico in sospensione.

Condizioni meteo-marine caratterizzate da mare mosso e da correnti sud-nord favoriscono a partire dall'ultima decade di maggio un progressivo miglioramento delle condizioni delle acque superficiali antistanti la costa dell'Emilia-Romagna; si riduce notevolmente la biomassa microalgale, aumentano la salinità e la trasparenza delle acque.

Durante tutto il mese di giugno permane una condizione "buona" dell'ecosistema marino, con assenza di processi eutrofici. Livelli di clorofilla "a" più alti si registrano solamente nella zona più a nord della costa dove si riscontrano, a fine mese, situazioni di ipossia nelle acque di fondo (Goro-Lido delle Nazioni).

### **Luglio - Agosto 2005**

Durante la prima quindicina di luglio si assiste ad una situazione differente in termini di qualità delle acque tra la zona settentrionale e quella centro-meridionale. La zona più a nord rimane interessata da fenomeni tendenti alla eutrofia che si estendono fino a 1000 m dalla costa. Si registrano anche situazioni di anossia delle acque di fondo confinate a 500 metri nella zona antistante Goro e Lido delle Nazioni; tale situazione si è risolta a fine luglio.

Nella zona centro-meridionale permane una condizione "Buona/Elevata" dell'ambiente marino.

Da segnalare, a fine luglio, nella zona compresa tra Cesenatico e Cervia, l'instaurarsi di un fenomeno eutrofico sostenuto dalla microalga (*Fibrocapsa japonica*) in un tratto limitato della battigia fino a 100-200 metri dalla costa, che determina una colorazione rosso-bruno delle acque ed una forte riduzione della trasparenza. Questo fenomeno si è manifestato, durante questo periodo, in maniera discontinua.

Anche durante il mese di agosto permangono situazioni di trofia nella zona più settentrionale, sono elevati però i valori di salinità e buona si rileva anche la trasparenza delle acque soprattutto là dove gli indicatori di biomassa sono minimi. Si è rilevato un solo episodio di ipossia delle acque di fondo in un'area compresa tra il delta del Po fino a Lido Adriano dai 6 ai 10 Km dalla costa durante il monitoraggio del 22-23 agosto, non determinando in ogni caso situazioni di rischio per la sopravvivenza degli organismi bentonici.

### **Settembre - Ottobre 2005**

Tutto il mese di settembre è caratterizzato da una condizione di eutrofizzazione che si estende in tutta l'area monitorata della costa. Valori di clorofilla "a" si registrano elevati anche nella zona più meridionale, con conseguente diminuzione della trasparenza. Gli elevati valori di clorofilla sono sostenuti prevalentemente da Diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros* e dalla dinoflagellata *Lingulodinium polyedrum* che determinano una colorazione rosso-marrone delle acque.

Continuano e si estendono le situazioni di ipossia anche nella zona meridionale della costa e nelle acque di fondo fino a 20 km al largo. Situazioni critiche di anossia si registrano nella zona settentrionale. Questo perdurare di una scarsa qualità ambientale determina gravi ripercussioni sugli organismi bentonici di fondo. Favorevoli condizioni

meteomarine verificatesi durante le prime settimane di ottobre hanno determinato una regressione del fenomeno eutrofico risolvendo anche i fenomeni di ipossia/anossia delle acque di fondo. Valori bassi di salinità, in questo periodo, sono dovuti a sversamenti di acque dolci dai bacini costieri.

A fine ottobre si registra un localizzato stato di ipossia a ridosso del delta del Po, mentre rimangono nella norma i valori di ossigeno sul fondo nelle altre zone.

### **Novembre - Dicembre 2005**

Le precipitazioni dei mesi precedenti hanno innescato e alimentato il fenomeno eutrofico che si presenta durante le prime settimane in tutta l'area costiera fino a 6 Km allargò, con valori elevati degli indici trofici e bassa salinità delle acque superficiali; il genere dominante in queste fioriture microalgali risulta essere *Skeletonema*, che conferisce alle acque una colorazione verde e determina una ridotta trasparenza delle acque. Situazioni di stabilità meteo-marina hanno determinato l'instaurarsi di termoclini evidenti e di diversità anche di salinità delle acque superficiali rispetto quelle di fondo.

Periodi prolungati di mare mosso e situazioni meteo-climatiche instabili determinano a dicembre una situazione completamente diversa rispetto al mese precedente: lo stato qualitativo dell'eco sistema marino si attesta su condizioni "Buone" che registrano lungo tutta la colonna d'acqua bassi livelli di biomassa microalgale e valori di ossigeno disciolto nella norma.

## 5.2 Aggregati mucillaginosi

Gli aggregati mucillaginosi nel 2005 non sono comparsi in nessun area dell'Adriatico. Sono mancate da un lato anomalie nella circolazione delle acque che in altre occasioni hanno ridotto l'idrodinamismo con conseguenti condizioni di ristagno, nel contempo non è comparsa la microalga flagellata *Gonyaulax fragilis* la cui presenza è da associare alla produzione di essudati mucosi. Nel 2004 il fenomeno del mucillagine è stato, al contrario, presente e diffuso in vaste aree dell'Adriatico comprese zone sino ad ora poco o mai interessate quali le Tremiti e la bassa Dalmazia. Non sono comparse neanche le periodiche fioriture di *Noctilica scintillans* in vaste aree dell'alto e medio Adriatico che solitamente si manifestano nel periodo primaverile.

## 5.3 Macroalghe

Proliferazioni macroalgali con spiaggiamenti delle stesse in occasione di mareggiate si sono verificati localmente durante la stagione calda con diverse specie appartenenti per lo più alla famiglia delle Ulvacee (*Ulva lactuca*, *Ulva fasciata*) e alla classe delle Rodoficee come *Polysiphonia* sp., *Ceramium* sp e, soprattutto, *Aglaothamnion tenuissimum*. Quest'ultima specie ha un aspetto globoso-sferico con un diametro di 5-7 cm di colore bruno-rossastro, non è ancorata ad alcun supporto. Tende ad aggregarsi nelle zone a maggior ristagno ed a spiaggiarsi in occasione di mareggiate anche di modesta entità.

## 5.4 Meduse

Si è ripresentata in forma invasiva nel periodo estivo la cubomedusa *Carybdea marsupialis*. Come di norma avviene anche nel 2005 la loro presenza è stata da più fonti segnalata in diverse aree della costa regionale ed ha presentato il massimo di densità numerica nel periodo luglio - ottobre. Questa specie ha potere urticante, anche se non di rilevante entità. Si è altresì presentata una discreta sciarmatura di *Cotylorhiza tuberculata* nei mesi estivi con il massimo di presenze nei mesi di agosto e settembre. Contrariamente alla *C. marsupialis* che ha abitudini costiere, la *C. tuberculata* è per lo più pelagica, difficilmente osservabile nelle acque strettamente costiere.



## 6 CONCLUSIONI

Le portate del fiume Po nel periodo estivo sono state scarse con valori generalmente inferiori a 500 mc/sec. La portata media annuale (807 mc/sec) è risultata inferiore a quella registrata lo scorso anno e di circa la metà più bassa rispetto al dato medio poliennale.

Anche il periodo invernale è stato caratterizzato da basse portate del Po che nei mesi invernali non hanno superato il limite di 1000 mc/sec.

Le condizioni di stato trofico riflettono in parte l'andamento degli apporti fluviali essendo connesse da un lato agli elementi eutrofizzanti veicolati dai bacini costiero e padano e dall'altro all'instaurarsi di condizioni meteo-marine stabili che favoriscono la crescita microalgale.

Come noto le acque costiere marine antistanti la costa emiliano-romagnola presentano un elevato grado di efficienza, rispetto agli altri mari italiani, nel trasformare in nuova biomassa microalgale, e quindi in nuova produttività primaria, gli elementi nutritivi.

Le fioriture invernali che periodicamente si sono verificate nel 2005 sono comparse verso la fine di febbraio, sostenute dalla Diatomea *Skeletonema costatum*, una microalga che si sviluppa preferibilmente in condizioni di medio/bassa salinità e basse temperature (attorno ai 6 °C). I livelli di eutrofia raggiunti superato di 2-3 volte la condizione di eutrofia e i fenomeni si sono manifestati con una colorazione verde-marrone delle acque, scarsa trasparenza (inferiore al metro) ed interessando un vasto areale (oltre 10 Km al largo). Questa fioritura microalgale si è mantenuta fino alla fine di marzo quando l'intervento di una forte libeccinata ha provocato il completo ricambio delle masse d'acqua determinando un sensibile miglioramento delle condizioni ambientali.

Ad iniziare dal mese di maggio è stata registrata una netta diversificazione delle condizioni ambientali lungo la fascia costiera. La modificazione della circolazione costiera influenzata in gran parte dai forzanti di deriva (venti di Scirocco che spirano da Sud- Est ), piuttosto che di gradiente, ha determinato la divisione della costa in 2-3 aree che si diversificano in funzione della concentrazione della biomassa microalgale. La prima zona che si estende dal delta Po a circa Ravenna presentava un livello di eutrofia maggiore in quanto interessata dagli apporti del bacino padano che risultavano incrementati in questo periodo; segue una zona centrale di transizione con un decremento della produttività primaria ed un'area meridionale caratterizzata da bassi livelli di Clorofilla "a". Questa situazione si è mantenuta inalterata per tutto il periodo estivo.

Infatti si sono riscontrati soltanto nella zona immediatamente a ridosso del delta Po incrementi di biomassa microalgale, sebbene sempre inferiori al limite della condizione di eutrofia, sostenuti dagli apporti, seppur limitati, sversati dal bacino padano. Nel predetto periodo le acque su tutta la costa, ma soprattutto quelle verso il largo, mostravano una elevata trasparenza, alta salinità ed in generale una buona ossigenazione anche degli strati prossimi al fondale.

Nella seconda decade di luglio nel tratto di mare che si estende da Località Zadina a Cervia si è sviluppato un intenso processo eutrofico determinato da una particolare microalga appartenente alla classe delle Raphidophyceae denominata *Fibrocapsa japonica*.

La fioritura microalgale si era manifestata con colorazione rosso-marrone delle acque raggiungendo intensità elevate di biomassa, con concentrazioni di cellule per litro pari a diverse decine di milioni soprattutto nella zona compresa tra la località Tagliata ed il porto di Cervia.

Una fioritura microalgale dello stesso tipo era stata riscontrata verso la fine di agosto nella zona di Cesenatico nel 1998, nell'area antistante Riccione nel 2000 e 2003 e nell'area tra Riccione e Ravenna nell'agosto del 2004. Anche in questi casi il loro andamento spaziale non superava i 200-400 m dalla battigia con acque a temperature elevate (26 - 28 °C).

Visto la localizzazione del "Red tide" gli elementi causali probabili dello sviluppo della fioritura sono imputabili oltre che a determinati microelementi specifici per l'alga in oggetto, all'azione sinergica di condizioni al contorno favorevoli quali mare calmo, alte temperature, irraggiamento, ed all'apporto di nutrienti (azoto-fosforo), anche in quantità limitate e non necessariamente concomitanti, veicolati dai fiumi costieri o dai porti canale adiacenti.

Il processo ipertrofico in atto non ha determinato condizioni di anossia sul fondale, anzi si è verificato uno stato di sovrasaturazione dell'ossigeno; con scarsi effetti sull'ecosistema

Da segnalare verso la fine di agosto una sensibile riduzione della temperatura superficiale che si attesta attorno ai 24°C risultando di circa 3°C inferiore rispetto alla media climatologica del periodo.

Nella prima decade di settembre si è accentuato ed esteso il processo di ipossia/anossia delle acque bentiche. Mentre la condizione anossica interessava la fascia costiera fino a circa 3 km dalla costa dal delta Po fino a Ravenna, lo stato di carenza di ossigeno investiva un'area ben più vasta stimata in circa 500 km<sup>2</sup>. Il processo di eutrofizzazione delle acque costiere nei lidi ferraresi è stato particolarmente intenso con fenomeni di "Red Tide" determinati dalla Dinoflagellata *Lingulodinium polyedrum* che ha provocato una estesa moria di organismi bentonici soprattutto di molluschi bivalvi. Verso la fine di

settembre un periodo prolungato di stabilità meteo marina associato ad un incremento di apporti fluviali hanno provocato una condizione generalizzata di eutrofizzazione sostenuta da Diatomee, più intenso nella parte settentrionale della costa, che ha conferito una colorazione marrone delle acque.

Gli aggregati mucilluginosi nel 2005 non sono comparsi in nessun area dell'Adriatico. Sono mancate da un lato anomalie nella circolazione delle acque che in altre occasioni hanno ridotto l'idrodinamismo con conseguenti condizioni di ristagno, nel contempo non è comparsa la microalga flagellata *Gonyaulax fragilis* la cui presenza è da associare alla produzione di essudati mucosi. Nel 2004 il fenomeno del mucillagine è stato, al contrario, presente e diffuso in vaste area dell'Adriatico comprese zone sino ad ora poco o mai interessate quali le Tremiti e la bassa Dalmazia. Non sono comparse neanche le fioriture di *Noctilica scintillans* in vaste aree dell'alto e medio Adriatico solitamente si manifestavano nel periodo primaverile.

Tra gli altri eventi degni di nota si ricorda la presenza nel periodo compreso tra luglio e settembre della medusa *Carybdea marsupialis*. Si tratta di una specie con potere urticante medio che predilige le acque strettamente costiere. La sua presenza è stata segnalata in diverse aree della costa emiliano-romagnola.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2005 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita delle microalghe per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa sia al largo.

Come già rilevato nelle indagini degli anni precedenti, durante il periodo estivo il rapporto N/P tende ad abbassarsi notevolmente configurando condizioni di azoto-limitazione particolarmente nella zona costiera.

A modulare il predetto rapporto contribuisce in maniera determinante la componente azotata che derivando in gran parte da fonti diffuse, veicolata quindi dalle precipitazioni e dagli apporti fluviali, si mantiene elevata in inverno ed autunno riducendosi di circa un ordine di grandezza nel periodo estivo.

Con riferimento infine al D.Lgs.152/99 e successive integrazioni (D. Lgs 258/00), è stato effettuato, sulla base dell'andamento dell'indice trofico TRIX, la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere. Dai risultati emerge che nella scala temporale il TRIX presenta una forte variabilità stagionale, attestandosi in autunno/inverno, nello stato ambientale "Scadente", in primavera in quello "Mediocre", mentre nel periodo estivo la situazione migliora nettamente e gran parte delle acque antistanti la costa emiliano-romagnola (da P. Garibaldi a Cattolica) si trovano in uno stato qualitativo ambientale "Buono/Elevato".

Lo stato ambientale migliora leggermente nelle aree collocate a 3 km dalla costa, particolarmente nella zona verso Sud, individuando pertanto per questa zona, un ruolo



predominante degli apporti dai bacini costieri rispetto a quelli padani nella determinazione dell'Indice TRIX.

Ai fini della classificazione dello stato qualitativo ambientale determinato dal predetto Indice Trofico rispetto agli anni 2002 e 2003 si registra un miglioramento, statisticamente significativo, dello stato dell'ecosistema marino; inoltre nel corso del 2005 emerge ancora un miglioramento dell'attribuzione dello stato qualitativo ambientale che pur rientrando nella condizione di stato trofico "MEDIOCRE", si attesta vicino al limite inferiore della classe riducendosi rispetto ai valori di TRIX di riscontrati nel 2004.

In sintesi il 2005 ha presentato indicatori di qualità trofica buoni, con un miglioramento rispetto al 2004 ma soprattutto in confronto al 2002. L'isolato caso di ipossia nelle acque di fondo di metà settembre risulta, in termini di estensione e permanenza, localizzato con limitati effetti sull'ecosistema costiero.