



**Università degli Studi di Udine**

Dottorato in

**ECONOMIA, ECOLOGIA E TUTELA DEI SISTEMI  
AGRICOLI E PAESISTICO-AMBIENTALI**

XXIV Ciclo di Dottorato

**STUDIO DEL FITOPLANKTON DELLA LAGUNA DI GRADO E MARANO  
PER LA VALUTAZIONE DELLO STATO DI QUALITA'  
DELLE ACQUE DI TRANSIZIONE**

Dottorando: Ilaria De Rosa

Relatore            Prof. Giorgio Honsell

Correlatore        Prof. Enrico Feoli

ANNO ACCADEMICO

2011-2012

Tesi di Dottorato di Ilaria De Rosa, discussa presso l'Università degli Studi di Udine

## INDICE

### CAPITOLO 1- CARATTERISTICHE DEGLI AMBIENTI DI TRANSIZIONE

<b>Introduzione e obiettivi della ricerca</b>	<b>pag. 1</b>
<b>1 Le zone umide</b>	<b>pag. 3</b>
<b>1.1 Ambienti di transizione italiani</b>	<b>pag. 6</b>
<b>1.2 Caratteristiche degli ambienti lagunari</b>	<b>pag. 7</b>
<b>1.3 Tipizzazione delle acque di transizione in Friuli Venezia Giulia</b>	<b>pag. 9</b>
<b>1.4 Fitoplancton negli ambienti di transizione</b>	<b>pag. 13</b>
<i>1.4.1 Caratteristiche generali del fitoplancton</i>	<b>pag. 13</b>
<i>1.4.2 Fitoplancton negli ambienti lagunari</i>	<b>pag. 14</b>

### CAPITOLO 2-AREA DI STUDIO

<b>2 La laguna di Grado e Marano</b>	<b>pag. 23</b>
<i>Tesi di dottorato di Ilaria De Rosa, discussa presso l'Università degli Studi di Udine</i>	
<b>2.1 Caratteristiche dell'area lagunare</b>	<b>pag. 23</b>
<b>2.2 Origine ed evoluzione della laguna di Grado e Marano</b>	<b>pag. 30</b>

### CAPITOLO 3- MATERIALI E METODI

<b>3.1 Modalità di campionamento e conteggio del fitoplancton</b>	<b>pag. 34</b>
<i>3.1.1 Prelievo del fitoplancton</i>	<b>pag. 37</b>
<i>3.1.2 Preparazione del campione e conteggio al microscopio ottico</i>	<b>pag. 38</b>
<b>3.2 Misurazione dei dati chimico-fisici e dei nutrienti</b>	<b>pag. 40</b>
<i>3.2.1 Misura delle variabili chimico-fisiche</i>	<b>pag. 41</b>
<i>3.2.2 Analisi dei nutrienti</i>	<b>pag. 42</b>
<b>3.3 Analisi dei dati del fitoplancton e dei parametri abiotici nelle undici stazioni iniziali (luglio 2008-agosto 2010)</b>	<b>pag. 44</b>
<i>3.3.1 Analisi univariata</i>	<b>pag. 44</b>
<i>3.3.2 Analisi multivariata</i>	<b>pag. 45</b>

<b>3.4 Analisi dei dati del fitoplancton e dei parametri abiotici nelle nuove stazioni (novembre 2009-agosto 2010)</b>	<b>pag. 55</b>
<i>3.4.1 Analisi univariata</i>	<b>pag. 55</b>
<i>3.4.2 Analisi multivariata</i>	<b>pag. 55</b>
<b>3.5 Analisi dei dati del fitoplancton con cadenza mensile</b>	<b>pag. 56</b>
<i>3.5.1 Analisi univariata</i>	<b>pag. 56</b>
<i>3.5.2 Analisi multivariata</i>	<b>pag. 56</b>
<b>3.6 Software utilizzati</b>	<b>pag. 57</b>

## CAPITOLO 4 – RISULTATI

<b>4.1 Analisi del fitoplancton e dei dati abiotici nelle undici stazioni Iniziali (luglio 2008-agosto 2010)</b>	<b>pag. 58</b>
<i>4.1.1 Analisi univariata</i>	<b>pag. 58</b>
<i>Analisi descrittiva del fitoplancton</i>	<b>pag. 58</b>
<i>Analisi della diversità della comunità fitoplanctonica</i>	<b>pag. 74</b>
<i>Analisi del profilo verticale della colonna d'acqua</i>	<b>pag. 77</b>
<i>4.1.2 Analisi multivariata del fitoplancton</i>	<b>pag. 94</b>
<i>Preparazione e trasformazione dei dati biotici e costruzione della matrice di similarità</i>	<b>pag. 94</b>
<i>Analisi della predittività del fitoplancton</i>	<b>pag. 94</b>
<i>Analisi della periodicità del fitoplancton</i>	<b>pag. 99</b>
<i>4.1.3 Analisi multivariata dei dati relativi ai parametri chimico-fisici</i>	<b>pag. 104</b>
<i>Preparazione e trasformazione dei dati abiotici e costruzione della matrice di similarità</i>	<b>pag. 104</b>
<i>Analisi della predittività dei parametri chimico-fisici</i>	<b>pag. 104</b>
<i>Analisi della periodicità delle variabili chimico fisiche</i>	<b>pag. 111</b>
<i>4.1.4 Valore predittivo dei dati biotici nei confronti dei dati chimico-fisici</i>	<b>pag. 114</b>
<b>4.2 Analisi dei dati del fitoplancton e dei dati abiotici nelle nuove stazioni (novembre 2009 -agosto 2010)</b>	<b>pag. 115</b>
<i>4.2.1 Analisi univariata</i>	<b>pag. 115</b>
<i>Analisi descrittiva del fitoplancton</i>	<b>pag. 115</b>

<i>Analisi della diversità della comunità fitoplanctonica</i>	<b>pag. 120</b>
<i>Analisi descrittiva dei parametri chimico-fisici e dei nutrienti</i>	<b>pag. 122</b>
<i>4.2.2 Analisi multivariata del fitoplancton</i>	<b>pag. 126</b>
<i>Trasformazione dei dati biotici e costruzione della matrice di similarità e classificazione gerarchica</i>	<b>pag. 126</b>
<b>4.3 Analisi dei dati del fitoplancton e dei dati abiotici con cadenza mensile</b>	<b>pag. 129</b>
<i>4.3.1 Analisi univariata</i>	<b>pag. 129</b>
<i>Analisi descrittiva del fitoplancton</i>	<b>pag. 129</b>
<i>Analisi della diversità della comunità fitoplanctonica</i>	<b>pag. 140</b>
<i>Descrizione dei principali parametri chimico-fisici e dei nutrienti</i>	<b>pag. 142</b>
<i>4.3.2 Analisi multivariata del fitoplancton dei campionamenti mensili</i>	<b>pag. 145</b>
<i>Preparazione e trasformazione dei dati</i>	<b>pag. 145</b>
<i>Matrice di somiglianza e classificazione gerarchica</i>	<b>pag. 145</b>

## **CAPITOLO 5- CONCLUSIONI E DISCUSSIONE**

<i>Tesi di dottorato di Ilaria De Rosa, discussa presso l'Università degli Studi di Udine</i>	
Conclusioni	<b>pag. 154</b>
Bibliografia	<b>pag. 162</b>
Allegati	<b>pag. 173</b>

# CAPITOLO 1-CARATTERISTICHE DEGLI AMBIENTI DI TRANSIZIONE

## **Introduzione e obiettivi della ricerca**

Lo scopo del presente lavoro di dottorato è lo studio della comunità fitoplanctonica della laguna di Grado e Marano che risulta essere una realtà scarsamente indagata.

Il lavoro della presente ricerca fa parte integrante del progetto multidisciplinare “Rilevamento dello stato di qualità delle acque di transizione delle lagune di Marano e Grado” che ha coinvolto diversi partners tra i quali l’Osservatorio Alto Adriatico per il monitoraggio ambientale e l’Università di Udine per lo studio del fitoplancton.

Con l’entrata in vigore della Direttiva quadro in materia acque 2000/60/CE, per la valutazione dello stato ecologico delle acque di transizione diviene prioritario la conoscenza delle comunità biotiche quali indicatori biologici, oltre alla rilevazione dei principali parametri chimico-fisici e idromorfologici.

Per le sue caratteristiche il fitoplancton è stato incluso tra gli elementi biologici di qualità, per la valutazione dello stato di salute degli ecosistemi acquatici di transizione. Il fitoplancton, infatti, ha un ruolo ecologico fondamentale negli ambienti acquatici essendo posto alla base dei flussi di materia ed energia che attraversano le reti trofiche. Risulta essere un ottimo indicatore dei cambiamenti dello stato trofico e degli impatti a breve termine come l’arricchimento in nutrienti che determina un incremento della biomassa, e della frequenza di blooms algali. Inoltre, il fitoplancton risponde rapidamente a variazioni dei parametri di natura chimico-fisica ed idrodinamica.

Le conoscenze pregresse sui popolamenti fitoplanctonici della laguna di Grado e Marano, sono molto limitate. Le prime informazioni provengono dagli studi condotti da Tolomio (1978) riguardanti le variazioni stagionali e stazionali del fitoplancton nella laguna di Marano; più recenti sono i lavori di Vadrucci *et al.*, 2008 e le ricerche di Facca e Sfriso, 2009.

In particolare nella presente ricerca si è cercato di delineare la struttura e la dinamica dei popolamenti fitoplanctonici, attraverso l’analisi di campioni di fitoplancton in

nove campagne trimestrali nel biennio 2008-2010.

Oltre allo studio del fitoplancton sono state analizzate le principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua con l'obiettivo di individuare le variazioni spaziotemporali delle masse d'acqua lagunari durante il periodo di studio.

Sull'intero dataset sono state applicate metodiche di analisi multivariata. Nel caso specifico, per studiare le differenze qualitative e quantitative del fitoplancton tra i diversi siti di campionamento e l'evoluzione temporale e spaziale della comunità fitoplanctonica sono state utilizzate le metodiche della cluster analysis e dell'analisi delle corrispondenze. Il confronto tra la componente biotica e le variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua, ha permesso inoltre di individuare i parametri che maggiormente influenzano la comunità fitoplanctonica.

## **1 Le zone umide**

Le zone umide sono tra gli ecosistemi più produttivi e con i più elevati valori di biodiversità, zone di assoluta importanza dal punto di vista ambientale naturalistico ed ecologico la cui importanza internazionale è stata sancita nel 1971 con la Convenzione di Ramsar, per la loro tutela e sostenibilità.

Per zone umide si intendono “le distese d’acqua lagunari, le torbiere, o di acque naturali o artificiali, permanenti o temporanee, dove l’acqua è corrente o stagnante, dolce salmastra o salata, comprese le distese d’acqua di mare la cui profondità nel momento di bassa marea non supera i sei metri”(Convenzione Ramsar, 1971).

Le cosiddette zone umide sono il risultato dell’evoluzione di una pianura alluvionale nel passaggio dalla terra al mare, appartengono alla fascia litorale e sono in continua evoluzione a seconda degli equilibri in atto, determinati dagli apporti terrigeni, dalle maree, dalle variazioni del reticolo idrografico dell’immediato retroterra, e più in generale, dal parametro clima, che regola nell’insieme il sistema (Brambati, 1969).

Le zone umide rivestono una notevole importanza per diversi aspetti:

- ❖ idrologico, in quanto svolgono la funzione di attenuazione e regolazione dei fenomeni di erosione e protezione della costa;
- ❖ chimico-fisico in quanto sono considerate trappole per i nutrienti. La ricca e diversificata vegetazione delle zone umide conferisce a questi ambienti la capacità di assimilare nutrienti;
- ❖ biologico, perché sono, a livello mondiale una delle tipologie di habitat più importanti per la conservazione della biodiversità.

Metà delle zone umide del mondo sono state perse e la maggior parte delle distruzioni sono avvenute negli ultimi 50 anni. Le cause principali sono da imputarsi all’agricoltura che ha influito negativamente sulla qualità delle acque a causa dell’utilizzo di fertilizzanti e reflui zootecnici, ai processi di industrializzazione, all’acquacoltura intensiva, ai processi di urbanizzazione. All’incessante sfruttamento a scopi economici di questi territori, che rischia di danneggiarli irreversibilmente, si è opposta in qualche modo la Convenzione di Ramsar del 1971 per la salvaguardia delle zone umide. La Convenzione riconosce che le zone umide costituiscono una

risorsa di grande valore economico, culturale, scientifico e ricreativo e ne raccomanda lo studio, la gestione ed il razionale utilizzo. A tale scopo sono state introdotte normative europee, mirate appunto alla salvaguardia della biodiversità ed alla conservazione di alcune specie animali e vegetali tra le quali troviamo la Direttiva Uccelli 79/409/CEE per la conservazione degli uccelli selvatici e la Direttiva Habitat 92/43/CEE per la conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. In base a quest'ultima, la conservazione della natura si realizza grazie ad un sistema integrato denominato Rete Natura 2000, che individua e tutela siti e zone di elevata valenza naturalistica quali le zone a protezione speciale (ZPS) e i siti di importanza comunitaria (SIC). Attualmente i siti Ramsar in Italia sono 50 con una superficie totale di 60.233 ettari (Tabella 1, 2).

Numero	DENOMINAZIONE	REGIONE
1	Isola Boscone	Lombardia
2	Lago di Mezzola - Pian di Spagna	Lombardia
3	Palude Brabbia	Lombardia
4	Paludi di Ostiglia	Lombardia
5	Torbiere d'Iseo	Lombardia
6	Valli del Mincio	Lombardia
7	Valle Averso	Veneto
8	Vinchetto di Cellarda	Veneto
9	Lago di Tovel	Trentino Alto Adige
10	Marano Lagunare - Foci dello Stella	Friuli Venezia Giulia
11	Valle Cavanata	Friuli Venezia Giulia
12	Ortazzo e Ortazzino	Emilia Romagna
13	Piallassa della Baiona	Emilia Romagna
14	Sacca di Bellocchio	Emilia Romagna
15	Salina di Cervia	Emilia Romagna
16	Valli Bertuzzi	Emilia Romagna
17	Valle di Gorino	Emilia Romagna
18	Valli residue di Comacchio	Emilia Romagna
19	Valle Santa	Emilia Romagna
20	Punte Alberete	Emilia Romagna
21	Valle Campotto e Bassarone	Emilia Romagna
22	Padule Daccia Botrona	Toscana
23	Lago di Burano	Toscana
24	Laguna di Orbetello	Toscana



25	Padule di Bolgheri	Toscana
26	Palude di Col Fiorito	Umbria
27	Lago di Fogliano	Lazio
28	Lago di Nazzano	Lazio
29	Lago di Sabaudia	Lazio
30	Lago dei Monaci	Lazio
31	Lago di Caprolace	Lazio
32	Lago di Barrea	Abruzzo
33	Le Cesine	Puglia
34	Saline di Margherita di Savoia	Puglia
35	Torre Guaceto	Puglia
36	Bacino dell'Angitola	Calabria
37	Il Biviere di Gela	Sicilia
38	Venicari	Sicilia
39	Stagno di S'Ena Arrubia	Sardegna
40	Peschiera di Corru - Stagno di S. Giovanni	Sardegna
41	Stagno di Cabras	Sardegna
42	Stagno di Mistras	Sardegna
43	Stagno di Molentargius	Sardegna
44	Stagno di Pauli Maiori	Sardegna
45	Stagno di Sale È Porcus	Sardegna
46	Stagno di Cagliari	Sardegna
47	Lago di San Giuliano	Basilicata
48	Pantano di Pignola	Basilicata
49	Medio Corso del fiume Sele - Serre Persano	Campania
50	Paludi di Variconi - Oasi di Castel Volturno	Campania

Tabella 1: distribuzione regionale dei Siti Ramsar in Italia (fonte: Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare).

Regione	Siti
Il totale dei siti è 50	
Lombardia	6
Veneto	2
Trentino Alto Adige	1
Friuli Venezia Giulia	2
Emilia Romagna	10
Toscana	4
Umbria	1
Lazio	5
Abruzzo	1
Puglia	3
Calabria	1
Sicilia	2
Sardegna	8
Basilicata	2
Campania	2

Tabella 2: siti Ramsar in Italia (fonte: Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare).

## **1.1 Ambienti di transizione italiani**

Si definiscono acque di transizione tutti i corpi idrici, ubicati lungo le coste marine, in cui si verifica l'incontro e il mescolamento delle acque dolci provenienti dal drenaggio continentale (acque fluviali e freatiche) con le acque salate marine (Marchetti, 1995).

L'articolo 2 della Direttiva Quadro Acque (WFD/2000/60) e l'articolo 74 del Decreto legislativo D.L. 152/2006 definiscono le acque di transizione come "corpi idrici superficiali in prossimità della foce di un fiume, che sono parzialmente di natura salina a causa della loro vicinanza alle acque costiere, ma sostanzialmente influenzati dai flussi di acqua dolce".

Successivamente nel D.M. 131/2008 viene fornita una definizione per individuare i confini delle acque di transizione, attribuendo a tale categoria "i corpi idrici di superficie maggiore di 0,5 Km<sup>2</sup>, conformi all'art.2 della Direttiva, delimitati verso monte (fiume) dalla zona ove arriva il cuneo salino (definito come la sezione dell'asta fluviale nella quale per tutta la colonna d'acqua il valore della salinità è superiore a 0.5 psu in bassa marea e condizioni di magra) e verso valle (mare) dalla linea di costa. Gli ecosistemi di transizione di tipo lentico si distribuiscono sul territorio nazionale in 10 regioni (Tabella 3) concentrandosi in termini di numero nella parte meridionale del territorio nazionale (il 75% dei corpi d'acqua censiti è distribuito lungo le coste di Sardegna, Sicilia e Puglia) e in termini di superficie prevalentemente nelle regioni settentrionali, dove sono collocati i sistemi lagunari italiani più importanti. Il 40% della superficie totale delle acque di transizione italiane si trova nel territorio della Regione Veneto; inoltre l'unico complesso lagunare della Regione Friuli Venezia Giulia, la Laguna di Grado e Marano, rappresenta da sola circa il 10% circa della superficie complessiva. La superficie degli ecosistemi lentici di transizione italiani varia da pochi ettari ad alcune centinaia di chilometri quadrati. Circa l'80% degli ambienti acquatici ha una superficie compresa tra 0.1 e 10 km<sup>2</sup>, il 15.2% ha superficie superiore e fra questi solo tre superano i 100 km<sup>2</sup> (e.g. Laguna di Venezia (VE) di 549 km<sup>2</sup>, Laguna di Grado e Marano (GO) di 160 km<sup>2</sup>, Valli di Comacchio (FE) di 115 km<sup>2</sup>, Il restante gruppo di

ecosistemi presenta una superficie inferiore a 0.1 km<sup>2</sup> (circa il 5%) (Basset *et al.*, 2005).

Regione	Ecosistemi acquatici di transizione	
	N.	Sup. totale (Km <sup>2</sup> )
Sardegna	80	158,44
Puglia	30	226,02
Sicilia	18	150,50
Emilia Romagna	13	208,40
Veneto	10	651,70
Lazio	7	15,75
Toscana	6	44,91
Campania	4	3,53
Marche	2	0,01
Friuli Venezia Giulia	1	160,00
totale	171	1.619,26

Tabella 3: distribuzione geografica degli ecosistemi di transizione lentici censiti in Italia.

## 1.2 Caratteristiche degli ambienti lagunari

Le lagune, definite come ecosistemi acquatici di transizione, sono bacini di acqua salmastra o iperalina, separati dal mare da cordoni sabbiosi che si formano in regime trasgressivo, in presenza di abbondanti apporti terrigeni e di un significativo trasporto litoraneo (Brambati, 1988).

Gli ambienti lagunari sono ecosistemi ad elevata variabilità, caratterizzati da un notevole dinamismo e in continua evoluzione. Bisogna quindi tutelarli, salvaguardarli, proteggerli, difenderli, conciliando le esigenze economiche e i problemi igienico-sanitari, più volte affrontati in passato, con le esigenze ambientali, assecondando, in alcuni casi, e contenendo, in altri, l'evoluzione di un patrimonio naturalistico così fragile, ma prezioso e sempre mantenendo la compatibilità sostenibile come priorità (D'Aiotti, 2005).

Questi ambienti presentano caratteristiche ecologiche peculiari e una notevole eterogeneità, rappresentata sia da variazioni intra-habitat dei parametri chimico-fisici

(salinità, nutrienti, idrodinamismo e geomorfologia) sia dalla variabilità tra gli habitat. L'instabilità è sicuramente la caratteristica principale di questi ambienti. Nelle lagune, il parametro che più di ogni altro influenza e condiziona questi ambienti, è la marea, che con il suo flusso e riflusso determina il trasporto trasversale rispetto alla costa, consentendo la formazione e il mantenimento dei canali e delle bocche lagunari, attraverso le quali avviene la comunicazione tra la laguna e il mare. La salinità e la temperatura possono subire variazioni significative in un arco temporale piuttosto breve a causa di fattori climatici quali il vento, la pioggia, l'evaporazione e l'insolazione.

La salinità in questi ambienti risulta variabile nello spazio e nel tempo, in quanto può variare in relazione agli apporti di acqua dolce e dall'entità dell'evaporazione. In questi ambienti si viene ad instaurare una situazione ambientale di transizione con trasformazioni da zone prettamente dulciaquicole a zone prettamente marine con progressivo mescolamento e presenza di gradienti di salinità e densità con conseguente ampia variabilità delle condizioni ambientali.

Nella maggior parte dei casi la salinità presenta un gradiente decrescente dal mare verso l'interno, salvo saccature anomale a più alta salinità, che testimoniano la scarsa circolazione idrica che si instaura al suo interno (Brambati, 1988).

E' importante inoltre ricordare che la salinità è uno dei fattori che regola la concentrazione dell'ossigeno nelle acque, che costituisce un parametro importante per la flora e la fauna. La temperatura dell'acqua è un parametro che presenta notevoli variazioni nell'arco dell'anno. Essa insieme alla salinità influenza direttamente la concentrazione dell'ossigeno disciolto.

Le acque di transizione, proprio per la grande variabilità dei parametri chimico-fisici, sono molto fragili e soggette facilmente a crisi distrofiche.

Nonostante questa fragilità, queste aree hanno la capacità di recupero quando il sistema è modificato da una perturbazione e sono in grado di tornare, al variare dei fattori perturbanti, alle condizioni iniziali (Odum, 1988).

Negli ultimi anni in Italia e in Europa si è compresa l'importanza di questi ambienti, recentemente inseriti a livello nazionale nella nuova normativa italiana sulle acque e

a livello europeo nella Water Framework Directive 2000/60/CE nelle quali è prevista un'azione di controllo della qualità ambientale e una regolazione delle attività umane su questi ambienti.

### 1.3 Tipizzazione delle acque di transizione in Friuli Venezia Giulia

In base alle caratteristiche geomorfologiche in Friuli Venezia Giulia si distinguono le lagune costiere (Figura 1) e le foci fluviali. Alla prima categoria fanno parte le lagune costiere di Grado e Marano, nel secondo gruppo si ritrovano i corsi d'acqua che sfociano nell'area lagunare (Stella, Cormor, Corno, Aussa, e Natissa) e i corsi d'acqua che sfociano direttamente in mare: Tagliamento, Isonzo, Timavo, Rosandra, Rio Ospo.

Per la tipizzazione delle acque di transizione regionali si sono inanzitutto delimitati i confini, che per le acque di transizione sono rappresentati a monte dai fiumi e a valle dalle acque costiere. Per le lagune di Grado e Marano i confini sono delineati, a monte, dal bordo lagunare permanentemente emerso e, a valle, dai cordoni litoranei e dalle sei bocche di porto (Lignano, S. Andrea, Porto Buso, Morgo, Grado, Primero) che collegano le lagune al mare.

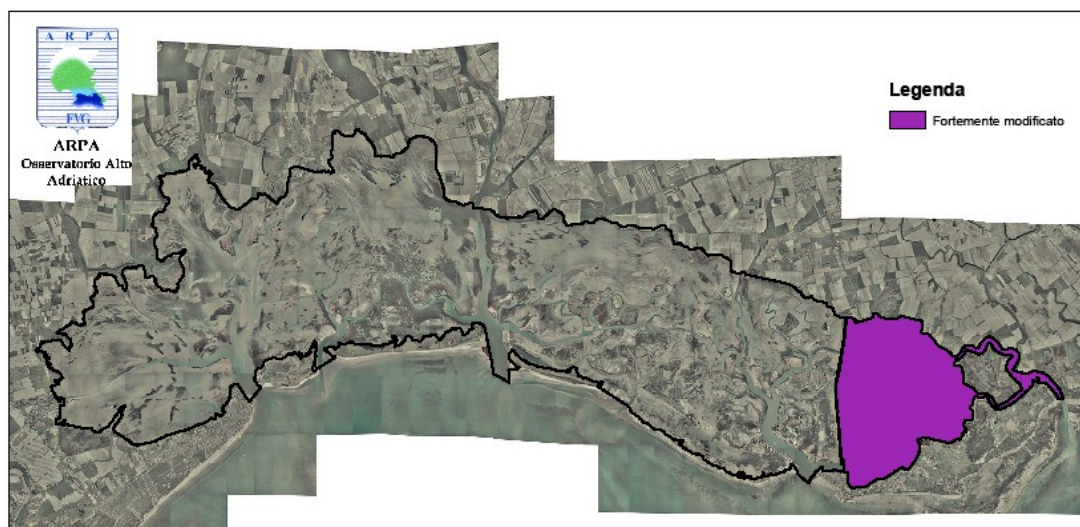


Figura 1: confini delle acque di transizione lagunari e corpo idrico fortemente modificato. (fonte: Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali).

Dopo l'individuazione dei confini, l'Arpa Friuli Venezia Giulia ha definito le diverse tipologie lagunari utilizzando i dati relativi ai monitoraggio pregressi, in base alle dimensioni della laguna, all'escursione di marea ed alla salinità. Una volta definite le tipologie e valutati gli impatti sulle acque lagunari, si è proceduto all'identificazione dei corpi idrici. Il processo di individuazione dei corpi idrici è stato realizzato considerando le seguenti informazioni: tipizzazione; monitoraggi pregressi, foci fluviali, limiti delle aree protette (in particolare le aree marine protette e le acque destinate alla vita dei molluschi).

In base ai valori medi di salinità raccolti nel corso delle attività di monitoraggio mensile in 26 stazioni, per il periodo 2000-2007, sono state distinte tre diverse tipologie (Figura 2 e Tabella 4).

- ❖ laguna mesoalina (5-20 psu): comprende la zona più prossima all'entroterra della laguna di Marano, dove l'apporto fluviale è più consistente, raggiunge infatti un valore medio di circa 80 m<sup>3</sup>/s (Marocco,1995);

- ❖ laguna polialina (20-30 psu): corrisponde ad una fascia intermedia tra l'entroterra ed il mare, che si sviluppa su entrambe le lagune, ma è più estesa nella laguna di Marano rispetto a quella di Grado;

- ❖ laguna eurialina (30-40 psu): include la zona più prossima al mare, ed è particolarmente estesa nella laguna di Grado, area in cui la salinità è mediamente sempre più elevata, a causa della scarsa influenza degli apporti fluviali, corrispondenti a circa 20 m<sup>3</sup>/s (Marocco,1995).

Pertanto, mentre nella laguna di Marano si rilevano tutti e tre i tipi, in quella di Grado sono presenti soltanto quello polialino ed eurialino.

Al termine del processo di tipizzazione definito dal sistema nazionale, l'area rappresentata dalle lagune di Marano e Grado, risulta suddivisa in 3 tipi:

- ❖ laguna costiera, microtidale, di grandi dimensioni, mesoalina;

- ❖ laguna costiera, microtidale, di grandi dimensioni, polialina;

- ❖ laguna costiera, microtidale, di grandi dimensioni, eurialina.

La laguna **mesoalina**, situata nella parte più interna della laguna di Marano, è stata suddivisa in 4 corpi idrici, il primo denominato TME1 è interessato dagli apporti del

fiume Zellina e dall'abitato di Marano Lagunare; nel secondo TME2 sfociano i fiumi Cormor e Turgnano; in TME3 è presente la Riserva Naturale Regionale delle Foci dello Stella, riconosciuta come zona Ramsar; TME4 subisce l'influenza in parte del fiume Stella e del porto turistico di Aprilia Marittima. Nel tipo **polialino** sono stati identificati 5 corpi idrici suddivisi in base all'influenza del fiume Natissa (TPO1), Aussa-Corno (TPO2, TPO3), ai limiti della Riserva Naturale Regionale Foci dello Stella (TPO4) e all'influenza di Aprilia Marittima e Lignano. Infine la laguna **eurialina** presenta 4 corpi idrici che partendo da est sono TEU1, TEU2 influenzati entrambi dalla bocca lagunare di Grado, ma suddivisi in quanto il secondo potrebbe essere più confinato del primo; TEU3 e TEU4 influenzati dalle bocche lagunari di Porto Buso, S. Andrea e Lignano.

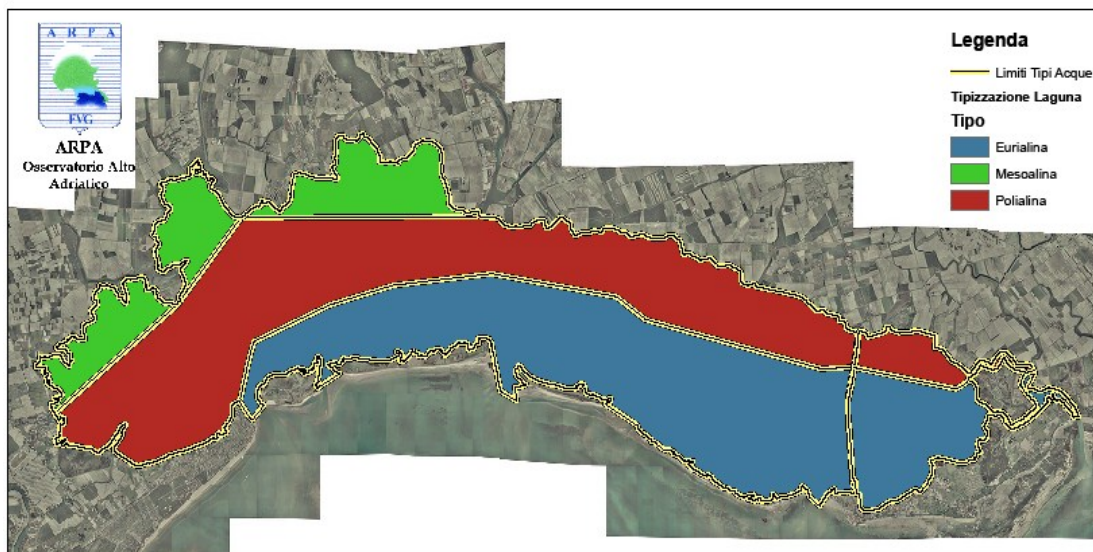


Figura 2: tipizzazione sulla base della salinità (fonte: Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali).

Tipo	Codice corpo idrico	Denominazione
Mesoalino	TME1	Secca Zellina - Marano
	TME2	Secca di Muzzana
	TME3	Foci dello Stella interno
	TME4	Secca Man di Spiesà
Polialino	TPO1	Ara Storta

	TPO2	Laguna Silisia - Fondale dela Gran Chiusa
	TPO3	Ciuciai de sora - Ficariol S.Piero interno
	TPO4	Foci dello Stella esterno
	TPO5	Acque - Tapo
Eurialino	TEU1	Ravaiarina - Gorgo
	TEU2	Fondale Nassion
	TEU3	Anfora - Casoni Maricchio
	TEU4	Ciuciai de soto - Ficariol S. Piero esterno

Tabella 4: elenco dei corpi idrici (acque di transizione) nella laguna di Grado-Marano (fonte: Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali).

In ottemperanza al Decreto 131/08 del MATTM sono stati individuati 17 corpi idrici (Figura 3). Inoltre sono stati definiti in via provvisoria, i corpi idrici fortemente modificati, che rappresentano una categoria a parte, e vengono definiti dall' art. 74, comma 2 del Decreto legislativo 152/2006, come corpi idrici superficiali la cui natura, a seguito di alterazioni fisiche dovute ad attività umana, è sostanzialmente modificata. Nelle lagune di Marano e di Grado, i corpi idrici fortemente modificati sono rappresentati dalla Riserva Naturale Regionale della Val Cavanata (FM1), dalle aree lagunari, delimitate dal ponte di Belvedere che collega la cittadina di Grado ad Aquileia, che hanno subito una consistente modificazione del regime idrologico a causa della costruzione del ponte e che comprendono alcune valli da pesca (FM2 e FM3) e da FM4 che è delimitato da valli da pesca e da terre emerse.

Per quanto riguarda l'individuazione delle foci fluviali, l'ARPA FVG ha svolto, a gennaio e febbraio 2009, una prima indagine, allo scopo di individuare i punti di risalita del cuneo salino sui corsi d'acqua che sfociano nelle lagune di Marano e Grado (Stella, Cormor, Corno, Aussa, Natissa) e sui fiumi Tagliamento ed Isonzo, che sfociano direttamente in mare. È stato considerato come limite delle acque di transizione la sezione dell'asta fluviale nella quale tutti i punti monitorati sulla colonna d'acqua avevano un valore di salinità superiore a 0,5 psu in bassa marea.





Figura 3: elenco dei Corpi Idrici (acque di transizione) nella Laguna di Marano-Grado (fonte: Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali).

Al termine del processo di tipizzazione la laguna di Marano e Grado è stata considerata una laguna costiera microtidale di grandi dimensioni, l'escursione di marea è, infatti, superiore ai 50 cm e la superficie è di circa 160 km<sup>2</sup>.

In base alla Delibera Regionale n. 1920 del 25 settembre 2008, sono state individuate, in via preliminare, le acque della laguna di Marano e Grado quali acque inquinate ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. Per tale motivo i corpi idrici individuati nel bacino dei tributari della laguna di Marano-Grado sono da considerarsi a rischio di raggiungere gli obiettivi previsti dal D.Lgs. 152/2006.

## 1.4 Fitoplancton degli ambienti di transizione

### 1.4.1 Caratteristiche generali del fitoplancton

Il termine *plancton* deriva dal termine greco “planctos”, che letteralmente significa “vagare” ed è stato utilizzato per la prima volta dal biologo Viktor Hensen nel 1887, il quale ha definito con questo termine “*tutte le particelle di natura organica che*

*galleggiano liberamente ed involontariamente in acque aperte*". Attualmente il termine plancton sta ad indicare il complesso di organismi, molti dei quali microscopici, adattati a vivere in sospensione sia in mare che in acqua dolce e soggetti a movimenti passivi indotti da correnti e venti (Reynolds, 1984).

Il plancton è distinto in zooplancton, composto da organismi animali e fitoplancton costituito da organismi vegetali e batteri (Ghirardelli, 1981).

La sistematica del fitoplancton è molto complessa. In passato sono stati proposti diversi sistemi di classificazione, in continua revisione ed aggiornamento anche grazie all'applicazione di metodi di studio biomolecolari (Reynolds & Irish, 1997).

I principali criteri di classificazione sono basati: sulla morfologia delle strutture locomotorie, (numero e tipo di struttura) sulla natura dei pigmenti fotosintetici e delle sostanze di riserva (la disposizione, la struttura degli organelli, la presenza di pigmenti accessori, la disposizione dei tilacoidi all'interno dei cromatofori hanno un altissimo valore sistematico).

#### *1.4.2 Fitoplancton negli ambienti lagunari*

Il fitoplancton è considerato il principale produttore primario degli ecosistemi acquatici, rappresentando la via attraverso la quale l'energia fluisce ai livelli trofici superiori. Il fitoplancton costituisce negli ambienti acquatici, l'equivalente dell'abbondante vegetazione terrestre che rappresenta il supporto fondamentale per la vita degli animali compreso l'uomo (Fiocca e Vadrucci, 2009).

Le lagune sono considerate zone di transizione ad alta variabilità e come tali soggette in qualsiasi momento all'influenza oltremodo significativa di un complesso di cause che determinano mutamenti profondi dell'ambiente, dei quali risentono le comunità biologiche che vi sono stabilite (Tolomio, 1976).

Negli ambienti lagunari, la composizione, il tipo di successione e il grado di organizzazione della comunità fitoplanctonica sono determinati principalmente dall'idrodinamismo e dai processi di ricircolo dei materiali, dalla disponibilità di luce e di nutrienti (Lucas *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2005).

Gli organismi fitoplanctonici in quanto autotrofi, necessitano di nutrienti inorganici

che devono essere assorbiti dal mezzo circostante. Il processo di assorbimento (indicato con il termine uptake) avviene contro gradiente di concentrazione (Cermeno *et al.*, 2006) e pertanto richiede un dispendio energetico ed è influenzato dalla forma, dimensione, sinking, concentrazione del substrato e proprietà fisiche.

Riguardo la modalità di assunzione dei nutrienti da parte degli organismi vegetali acquatici, si evidenzia come il fosforo venga assimilato dalle alghe solo come ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) mentre l'azoto possa essere assimilato sia come ione nitrato  $\text{NO}_3^-$  che come ammonio  $\text{NH}_4^+$ .

Per l'individuazione del fattore che limita gli episodi di proliferazione algale bisogna considerare quali siano i rapporti tra gli elementi che condizionano il loro sviluppo. In particolare la composizione media dell'azoto e del fosforo per gli organismi fototrofi è espressa dal rapporto di Redfield, che definisce le proporzioni molari di carbonio/azoto/fosforo come 106/16/1. La carenza di un solo elemento è sufficiente per limitare la crescita delle microalghe.

Gli organismi del fitoplancton hanno una struttura cellulare semplice e cicli vitali brevi nell'ordine di alcuni giorni; in condizioni ottimali si può osservare un turnover nei popolamenti fitoplanctonici anche superiore 6-8 volte al giorno (Platt e Filion, 1973).

Per queste caratteristiche fisiologiche e metaboliche, il fitoplancton è in grado di rispondere rapidamente a diversi fattori fisici (luce, temperatura e turbolenza), con un metabolismo fortemente accoppiato alla disponibilità di nutrienti inorganici principalmente azoto e fosforo (Fiocca e Vadrucci, 2009).

Oltre all'idrodinamismo, i fattori che maggiormente influiscono sulla distribuzione dei popolamenti fitoplanctonici sono la temperatura e la salinità. Le forme sia planctoniche che bentoniche nelle acque salmastre devono essere sostanzialmente eurialine ed euriterme, tali da resistere, con una adattabilità ben marcata, a sbalzi di salinità e temperatura. In questi ambienti non è possibile distinguere una microflora prettamente lagunare, in quanto le maree producono un notevole rinnovamento delle masse d'acqua non consentendo quindi un certo insediamento della comunità tipicamente salmastra. Il fitoplancton negli ambienti di transizione è infatti

prevalentemente costituito da specie marine che vegetano bene anche nella laguna, e da un piccolo numero di specie accidentali, strappate al loro biotopo naturale provenienti dai corsi d'acqua dolce (Tolomio, 1976).

Le specie che si instaurano in questi ambienti, oltre che saper sopportare ampie escursioni dei parametri ambientali, devono saper far fronte ad una continua variazione dei fattori stessi.

Il mescolamento di tali corpi idrici crea condizioni ambientali del tutto peculiari, in continua e ritmica evoluzione, che esercitano una marcata selezione degli organismi meno tolleranti (D'Ancona e Battaglia, 1962) a volte con spiccata, se pur temporanea diminuzione della diversità specifica che può subire incrementi anche notevoli grazie all'adattamento di molte entità di diversa provenienza, che coesistono in un mezzo a volte molto diverso dall'originario (Sacchi, 1995).

La laguna infatti è considerata un ambiente di selezione, in grado cioè di causare la regressione delle forme meno tolleranti con conseguente affermazione di quelle più adattabili (Tolomio *et al.*, 2006).

La densità del fitoplancton è generalmente elevata e le popolazioni sono spesso composte da elementi di piccole dimensioni; il rapporto produzione/biomassa risulta perciò elevato. La comunità è inoltre generalmente poco organizzata e caratterizzata da bassa diversità. Queste caratteristiche (piccole dimensioni cellulari, elevato rapporto produzione/biomassa, bassa diversità) sono proprie di popolazioni in fase di crescita accelerata, tipiche di acque arricchite e a vivace idrodinamismo (Tomasino, 1995).

Negli ambienti lagunari, i principali gruppi tassonomici che sono stati identificati in questo studio appartengono alle Bacillariophyceae, Dinophyceae, Cryptophytceae, Raphidophyceae, ed Euglenophyceae.

#### Bacillariophyceae (Diatomee)

Alghe unicellulari, talora riunite in colonie, presenti in tutti gli ambienti umidi e acquatici, in acque dolci e salate con la presenza di generi e specie diversi a seconda delle caratteristiche chimico-fisiche dell'ambiente colonizzato. Sono organismi eucarioti, autotrofi per la presenza di clorofilla *a*, *c1* e *c2*, unitamente a fucoxantina.

La particolarità che meglio distingue le Diatomee è la parete cellulare ricca di silice detta frustulo, composto da due valve, che penetrano l'una nell'altra come una scatola ed il suo coperchio.

□

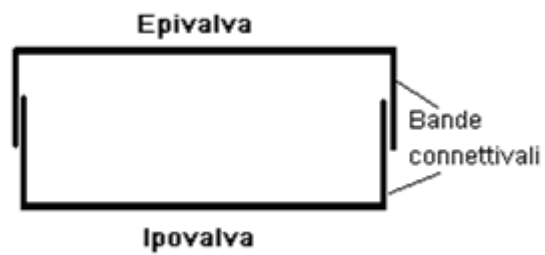


Figura 4: schema del frustulo (Dell'Uomo, 2004 modificato).

La forma e la disposizione delle ornamentazioni delle valve consentono di riconoscere due grandi gruppi di Diatomee:

❖ diatomee centriche (Ordine Centrales): con valve circolari, triangolari, quadrate o poligonali (Figura 5).

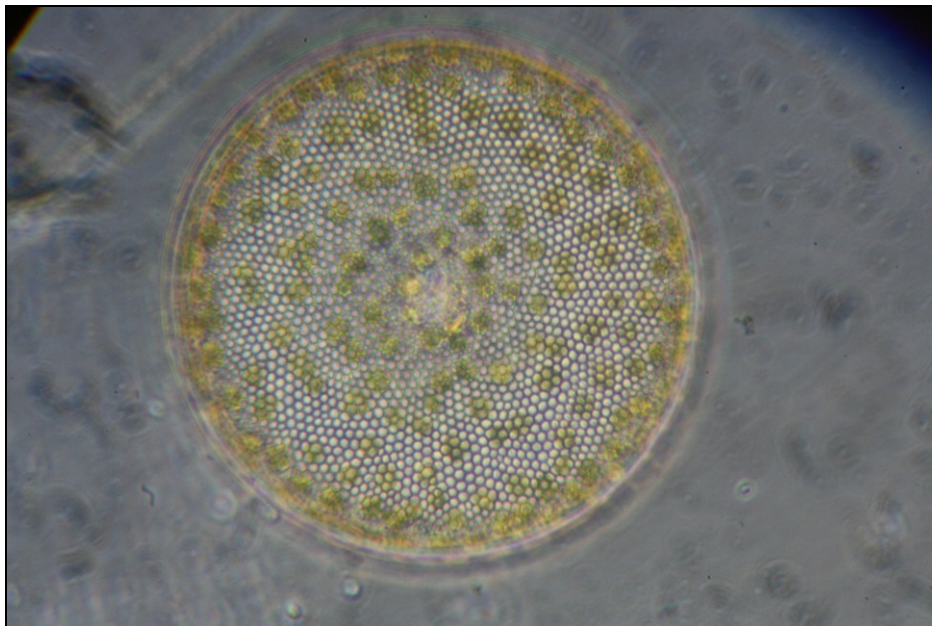


Figura 5: esempio diatomea centrica.

diatomee pennate (Ordine Pennales) con valve allungate, lanceolate od ellittiche (Figura 6).

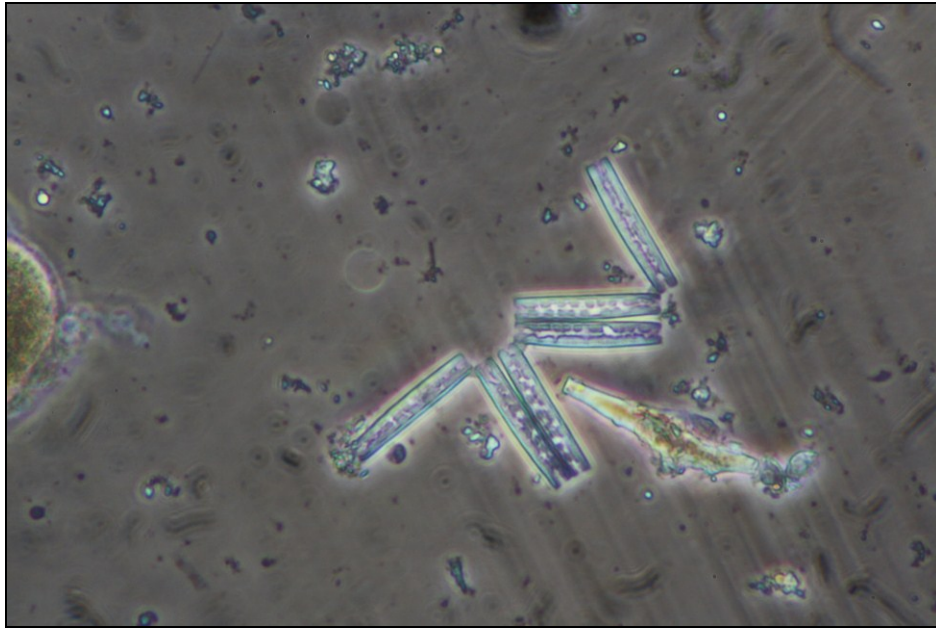


Figura 6: esempio di diatomee pennate.

Il movimento nelle specie bentoniche è il risultato di una secrezione controllata da svariati stimoli chimici, meccanici e fisici, ed è garantito da una secrezione collosa che scorre lungo il rafe, una stretta fessura che corre lungo l'asse longitudinale della valva e che si approfondisce fino ad arrivare a contatto con il citoplasma.

Durante la maggior parte della loro vita le diatomee si riproducono asessualmente per semplice scissione binaria. La cellula madre si divide in due, con ogni cellula figlia che eredita una delle valve che costituirà in entrambe la valva dorsale più grande (epivalva). Successivamente viene generata una nuova valva, leggermente più piccola (ipovalva) alloggiata entro l'epivalva. Ogni volta che ciò accade, la metà delle cellule figlie che eredita l'ipovalva subisce una riduzione di dimensioni fino a raggiungere una dimensione limite. A questo punto, mediante una riproduzione sessuata, con la produzione di gameti e la formazione di un'auxospora, si ristabilisce l'originaria dimensione. Alla morte della cellula, i frustuli si dissolvono, ma in

particolari circostanze rimangono intatti e si accumulano, dando origine a grandi depositi, detti diatomiti o farine fossili.

Le diatomee si possono suddividere, in base all'habitat, in due categorie: bentoniche e planctoniche. Le diatomee bentoniche vivono aderenti ai substrati; se si tratta di ciottoli e pietre si parla di diatomee epilitiche. In caso di substrati vegetali quali idrofite fanerogame, muschi o licheni le diatomee sono denominate epifitiche; se, infine, il substrato è costituito da depositi di limo, si parla di diatomee epipeliche.

### Euglenophyceae

Le Euglenophyceae (Figura 7) sono alghe unicellulari, dotate di due flagelli, uno lungo ed uno molto corto, che escono da un'invaginazione dalla parte anteriore della cellula. Presentano numerosi ed plastidi contenenti clorofilla *a* e *b*, insieme ad un pirenoide centrale. I prodotti di riserva vengono accumulati nel citoplasma sotto forma di olii insaturi e di paramylon (particolare carboidrato affine all'amido). E' presente un vacuolo contrattile ed uno stigma costituito da goccioline lipidiche,  $\alpha$  e  $\beta$  carotene, e xantofille nella parte anteriore della cellula. La riproduzione avviene per scissione longitudinale. La formazione di cisti, permette di superare periodi sfavorevoli.

Vivono prevalentemente in diversi ambienti d'acqua dolce, particolarmente in quelli ricchi di sostanza organica. Le forme marine più abbondanti appartengono ai generi *Eutreptia*, ed *Eutreptiella*.



Figura 7: esempio di euglenoficea.

## Dinophyceae

I dinoflagellati (Figura 8) sono alghe unicellulari flagellate, raramente coloniali.

La cellula si presenta distinta in epicono ed ipocono divisi da un solco trasversale o *cingulum*. All'esterno della cellula si osserva una teca costituita da placche, il cui numero e disposizione è caratteristico dei diversi generi. Perpendicolare al *cingulum* si osserva un solco longitudinale detto *sulcus*. Nei solchi sono posti i flagelli che emergono nel punto in cui *cingulum* e *sulcus* si incontrano. Il flagello longitudinale sorge dalla cellula, mentre il flagello trasversale ondulato rimane nel solco.

Sono parte importante del plancton nelle acque dolci e marine, la maggior parte delle specie è marina.

La cellula dei dinoflagellati è tipicamente delimitata da una membrana esterna al di sotto della quale si osserva uno strato di vescicole appiattite che solitamente contengono placche di cellulosa. La forma e la disposizione delle placche varia nei diversi generi e specie: le placche possono essere assenti in alcuni generi, e molto spesse in altri.

I dinoflagellati presentano numerosi plastidi contenenti clorofilla *a* e *c2* e pigmenti accessori gialli e bruni ( $\beta$  carotene e molte xantofille tra cui la più importante è la peridininina).



Il prodotto di assimilazione è l'amido ed in alcuni casi è costituito da oli insaturi, che vengono immagazzinati nel citoplasma. Le modalità principali di riproduzione si attuano mediante scissione longitudinale del protoplasto. La riproduzione sessuale è di tipo isogamo o anisogamo.

Alcuni dinoflagellati hanno la capacità di produrre potenti tossine che possono causare danni anche molto gravi alla salute di diversi animali, uomo compreso.

Si osservano dinoflagellati eterotrofi che vivono come saprofiti, parassiti o predatori.

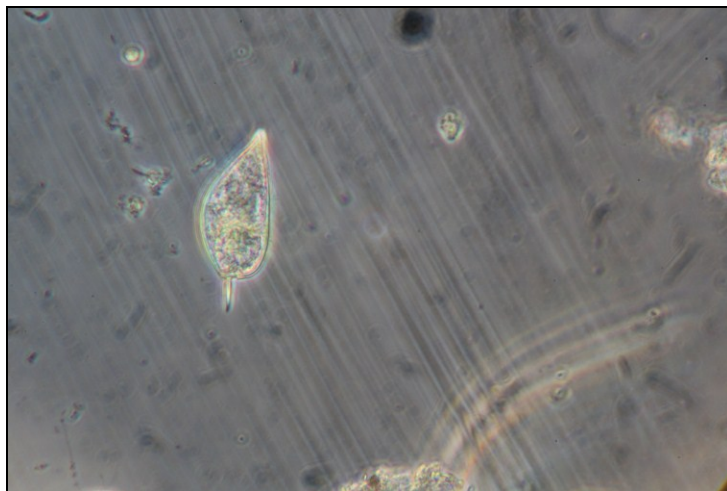


Figura 8: dinoflagellato *Prorocentrum micans*.

### Cryptophyceae

Sono alghe unicellulari (Figura 9), biflagellate. I flagelli sono inseriti all'apice o lateralmente alla base di una depressione. Le cellule contengono clorofilla *a* e *c<sub>2</sub>* e ficobiliproteine nei tilacoidi all'interno del cloroplasto che nella maggior parte delle specie è lobato con un pirenoide centrale. I cloroplasti sono blu, verde-blu, rossastri, bruni, verde oliva, giallo bruni perché ci sono molti pigmenti accessori che mascherano la clorofilla: oltre alle ficobiline,  $\alpha$  carotene, e molte xantofille (alloxantina, zeaxantina, crocoxantina ecc.). L'ampia variabilità di pigmenti provoca la comparsa di una vasta gamma di colorazioni, che vanno dal verde oliva al rosso bruno. La sostanza di riserva è amido che generalmente è fuori dal cloroplasto ma vicino al pirenoide. Alcune specie sono eterotrofe. I flagelli sono inseriti all'apice o

lateralmente alla base di una depressione. La parte esterna della cellula è detta periplasto ed è composta dalla membrana plasmatica e da una o più placche poste subito sotto ad essa. La forma ed il numero delle placche hanno importanza tassonomica.

La riproduzione vegetativa avviene per divisione longitudinale, mentre quella sessuale non è conosciuta all'interno di questa classe.



Figura 9: esempio di criptoficea.

## CAPITOLO 2-AREA DI STUDIO

### 2 La laguna di Grado e Marano

#### 2.1 Caratteristiche dell'area lagunare

La laguna di Grado-Marano (Figura 10), è situata lungo il tratto più settentrionale del Mare Adriatico, si estende per 160 km<sup>2</sup> (32 km di lunghezza e mediamente 5 km di larghezza) tra i delta dei fiumi Isonzo e Tagliamento.

La parte più orientale del sistema lagunare di Grado-Marano è occupata dalla laguna di Grado; essa si sviluppa su una superficie di circa 76 km<sup>2</sup>, ed è idraulicamente divisa, da est verso ovest, nei bacini di Primero (~1400 ha), Grado (~3440 ha), Morgo (~330 ha) e Buso (~3.550 ha), i quali sono ognuno dotati di una propria omonima bocca lagunare (Marocco, 2004).

Da un punto di vista morfologico la laguna di Grado è interessata da una maggiore differenziazione tra aree sempre sommerse dalle acque ed aree emerse, con diverse isole, anche di notevoli dimensioni, disseminate un po' dappertutto entro la laguna.

La laguna di Marano, è caratterizzata invece da un'area sommersa ben più estesa ed uniforme con isole lagunari piccole e marginali; inoltre in questa area occidentale esisite un maggior numero di sbocchi fluviali. I due bacini occidentali di S. Andrea (2.150 ha) e Lignano (5.056 ha) costituiscono la laguna vera e propria di Marano che si estende su un'area di 73,3 km<sup>2</sup>.



Figura 10: laguna di Grado e Marano.

I principali fiumi che sfociano in laguna, portando la maggior parte dell'acqua proveniente dall'alta pianura friulana e dal sistema delle risorgive, sono lo Stella, il Corno-Aussa, il Turgnano, il Cormor, lo Zallina, e lo Natissa.

Alcune stime riportate in letteratura danno indicazione dell'entità dell'apporto medio in laguna. Il contributo d'acqua dolce proveniente dall'entroterra è stato stimato in  $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ : Stella ( $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ), Zallina ( $1-2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), Corno ( $5-6 \text{ m}^3/\text{s}$ ), Aussa ( $7-8 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Bisogna inoltre sommare l'apporto delle 22 idrovore che recapitano un volume totale pari a 200 milioni  $\text{m}^3/\text{anno}$  (Mattassi *et al.*, 2004).

L'afflusso marino (Figura 11) avviene tramite sei bocche di porto lagunari (Lignano, San Andrea, Buso, Morgo, Grado e Primero) con una portata massima, stimata negli anni 50 dall'istituto idrografico delle acque pari a  $8.750 \text{ m}^3/\text{sec}$ .



Figura 11: afflusso marino nella laguna di Grado e Marano (fonte:ARPA FVG).

Le bocche di porto costituiscono i settori di comunicazione fra il mare e la laguna e in questi tratti le correnti di flusso e riflusso sono massime. Dall'ottocento ad oggi il numero e l'ampiezza delle bocche di porto sono notevolmente diminuite (Figura 12).

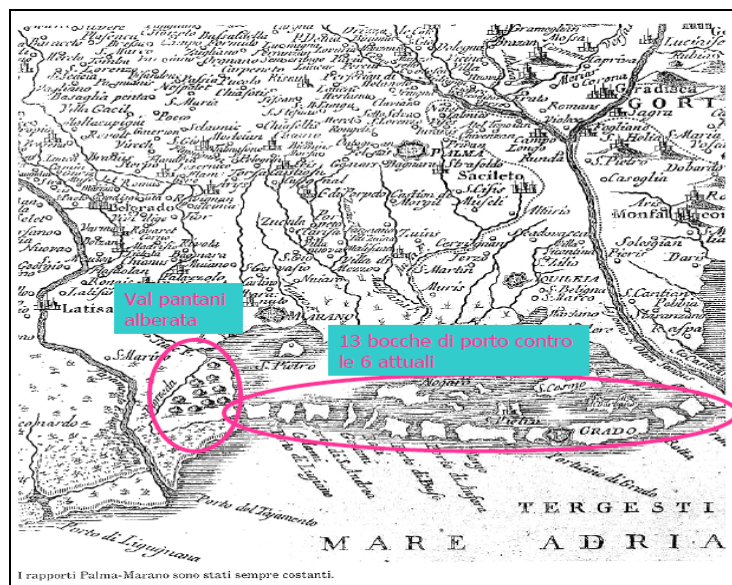


Figura 12: bocche di porto nella laguna di Grado e Marano (fonte: ARPA FVG).

L'idrologia lagunare attuale è caratterizzata da alcuni sostanziali interventi di modifica effettuati negli ultimi decenni atti a garantire gli accessi alle navi mercantili e ai natanti, soprattutto nella parte orientale della laguna di Marano (Regione Friuli Venezia Giulia, 2008).

Negli ultimi secoli sono stati eseguiti diversi interventi nella laguna di Grado tra le quali assumono notevole rilevanza la bonifica dei territori perilagunari, la costruzione di un'idrovia interna che taglia la laguna da Ovest verso Est, la cosiddetta "Litoranea Veneta", la fissazione, sbarramento e regolamentazione delle bocche lagunari, la creazione di idrovie e collegamenti viari tra Belvedere e Grado e tra quest'ultimo e Primero, i dragaggi effettuati lungo tutti i canali navigabili.

Negli ultimi trent'anni sono state altresì realizzate altre opere importanti tra le quali le dighe foranee di porto Buso e Grado, la creazione di un porto commerciale interno di Porto Nogaro, con approfondimento del canale di collegamento alla bocca di S. Andrea, la realizzazione di numerosi porti turistici per circa 6000 ormeggi. Inoltre dal 1998 si registra il sostanziale blocco delle attività di dragaggio dei canali, con progressivo interrimento di una parte del reticolo navigabile e dell'imbonimento delle secche prospicienti le foci fluviali interne. Questi interventi hanno profondamente mutato le condizioni originali del complesso lagunare (Mattassi *et al.*, 2004).

Le principali forze idrauliche che governano la laguna di Grado e Marano sono le maree aventi flussi semi-diurni con un intervallo medio di 65 cm (Gatto e Marocco, 1993) e il vento di "bora" proveniente da nord est.

La circolazione delle acque all'interno della laguna avviene grazie alle escursioni di marea che in alto Adriatico assumono ampie variazioni e risultano essere vitali per il rinnovo ed il mantenimento della laguna stessa. La distribuzione delle masse, durante la fase di flusso, avviene dalle bocche lagunari attraverso i canali principali e quelli secondari fino a raggiungere le aree più confinate dell'entroterra lagunare (Gatto e Marocco, 1992).

I canali principali hanno la funzione di trasporto dell'acqua fluviale o lagunare verso il mare e tendono ad avere un andamento rettilineo, quelli secondari, che affluiscono

a quelli principali, servono a drenare o disperdere le acque all'interno del bacino lagunare mentre quelli di terzo ordine sono canali di modesta entità che affluiscono o ai canali principali o più frequentemente a quelli secondari e che muoiono sulle piane di marea.

I canali principali hanno una direzione prevalentemente normale a quella delle isole perilagunari litoranee. Essi generalmente aumentano in larghezza e profondità a mano a mano che si procede dalla parte più interna della laguna verso le bocche lagunari. Alcuni canali principali attraversano la laguna congiungendo la bocca di porto con la foce di un fiume, altri tendono a ramificarsi fino ad esaurirsi nelle piane di marea.

Le acque provenienti da due bocche contigue si incontrano lungo linee che rappresentano gli spartiacque fra i due bacini limitrofi. Tali linee divisorie non devono essere considerate rigorosamente definite poichè esse oscillano entro una fascia più o meno estesa al variare dell'ampiezza della marea, delle condizioni meteorologiche ed in particolare dai venti, che spingono le masse d'acqua verso un bacino piuttosto che nell'altro.

Dal punto di vista del profilo morfologico, l'ambiente lagunare può essere diviso in 3 zone in funzione del livello marino: (Giorda, 1990)

- aree sopra il livello medio delle alte maree (isole, cordoni litorali, coste e barene)
- aree tra i livelli medi delle basse ed alte maree (piane di marea o velme)
- aree sotto il livello medio delle basse maree: canali principali, bocche lagunari e paludi

Si possono distinguere in strutture artificiali o naturali, e in base alla loro genesi in forme e depositi dovuti all'azione fluviale, lagunare o litorale.

Tra quelle naturali, che hanno avuto origine fluviale, si collocano le *isole* (Figura 13), rappresentate dai relitti morfologici della primitiva pianura alluvionale, costituite da sabbie con livelli di ghiaia fine che testimoniano l'origine di questi depositi. Al giorno d'oggi l'elevazione massima è di circa 3.0 m sopra il livello medio mare, ma la cartografia storica rivela che un tempo le isole si trovavano a quote più elevate, fino a 5.0 - 7.0 m sul l.m.m. (Marocco, 2004).



Figura 13: isola di Barbana.

Le strutture di origine litorale sono rappresentate dalle isole del cordone litorale costituite da una spiaggia intertidale ed emersa, da un sistema di dune e da un ambiente barenicolo. Queste strutture dividono l'ambiente lagunare dal mare aperto.

Tra quelle di origine lagunare, la principale entità morfologica tipica del sistema lagunare emerso è la *barena*, definita come area elevata (circa 35 cm sul l.m.m.) sulla quale si insediano le piante alofile. Queste formazioni spesso hanno una forma tondeggiante e una depressione centrale; verso l'interno della barena la pendenza è assai debole, mentre lungo la parte esterna può essere anche abbastanza accentuata fino al punto di consentire la formazione di canaletti dall'andamento a meandri, i cosiddetti *ghebbi*, solchi di erosione che talvolta lungo il bordo più pendente possono presentare delle cascatelle quando la marea si ritira.

Attualmente il numero e l'estensione delle barene è notevolmente diminuito rispetto a 30 anni fa. Nella zona centro occidentale della laguna di Marano, a settentrione di Lignano, Martigano e San Andrea, le aree barenicole sono ridotte ad alcuni lembi, come pure nella laguna di Grado tra la litoranea veneta e la foce del fiume Natissa (Regione Friuli Venezia Giulia, 2008).

Alla seconda zona appartengono i canali secondari e le piane di marea (*velma*)



(Figura 14), quest'ultime costituite da un'area intertidale pianeggiante o a debole pendenza, che si innalza a ridosso della fascia barenicola, e viene periodicamente sommersa dall'alta marea per poi riemergere durante la bassa marea. Quest'area è colonizzata da fanerogame marine, da angiosperme e alghe.



Figura 14: velma.

Tra le forme tipiche della zona subtidale si collocano le *paludi*, aree depresse costantemente sommerse che si trovano alla profondità di 1.0 – 2.0 m dal l.m.m., che derivano da antiche depressioni della vecchia piana alluvionale che non sarebbero state totalmente riempite dai sedimenti.

Procedendo verso il largo, alla foce dei canali principali troviamo le *bocche lagunari* che mettono in comunicazione la laguna con il mare aperto.

Per quanto riguarda le strutture artificiali bisogna senz'altro considerare il fatto che è molto difficile risalire a tutti gli interventi di origine antropica che sono stati eseguiti nella laguna di Grado negli ultimi secoli, ma nonostante questa difficoltà si può comunque affermare che l'influenza antropica sia stata fino all'800 di scarsa

rilevanza nel contesto dell'evoluzione fisica dell'ambiente. Solo negli ultimi tempi l'azione dell'uomo ha preso il sopravvento sul dinamismo naturale.

## **2.2 Origine ed evoluzione della laguna di Grado e Marano**

Durante il postglaciale, in concomitanza alla progressiva ingressione marina, i vecchi alvei fluviali si modificarono, l'attuale costa istriana rocciosa venne presto raggiunta dal mare in rapida ingressione, mentre la paleopianura veneto friulana modificò la propria linea di costa in periodi molto più lunghi a causa della sua bassa pendenza. In questo susseguirsi di modificazioni delle linee di costa, i tratti terminali dei fiumi che sfociavano in questa pianura deviarono più e più volte. Gli apparati deltizi del fiume Isonzo e del fiume Tagliamento con il passar dei secoli, cambiarono direzione, non contribuendo più al trasporto e conseguente sedimentazione dei materiali sabbiosi nell'area lagunare ed il mare piano piano invase anche la terraferma.

Si formarono zone paludose (in gran parte poi bonificate nei secoli successivi) finché si cominciò a delineare la topografia e la morfologia dell'attuale laguna.

Esiste una differenziazione in termini d'età fra le due lagune: più giovane, addirittura post romana quella orientale la laguna di Grado, relativamente più vecchia la laguna di Marano.

Si pensa che il bacino di Marano abbia avuto origine circa 5000 anni fa, raggiungendo però una configurazione molto simile a quella attuale appena 1600 anni fa.

Molto probabilmente tutto l'arco litorale da Ravenna a Monfalcone doveva essere caratterizzato da una grande laguna, di cui oggi restano solo dei relitti risparmiati dai grandi processi d'interrimento del Po, Adige-Brenta, Piave, Tagliamento e Isonzo, che hanno visto protendere rapidamente in mare le loro gettate deltizie soprattutto dopo il 1000 d.C. (Brambati, 1985).

La laguna di Grado è più recente rispetto a quella di Marano, infatti circa 4500 anni fa, mentre nella zona di Marano gli ambienti deltizi e lagunari erano già formati, l'area lagunare gradese era ancora una piana alluvionale solcata dai fiumi Torre,

Natisone e Isonzo, assumendo una forma simile a quella attuale solo circa 1.100 anni fa, come testimoniano i caratteri morfologici (Gatto e Marocco, 1992).

In seguito ad una migrazione verso Est dell'Isonzo l'area ad occidente di Grado cominciò ad assumere la configurazione tipica di una laguna. Ma solo recentemente, in seguito ad una ulteriore divagazione verso Est dell'Isonzo, avvenuta tra il IX ed il XVIII sec., il territorio si trasformò completamente in laguna.

Numerose costruzioni di epoca romana e paleocristiana ricoperte di sedimenti lagunari situate a circa 100 m al largo della città vecchia di Grado, e alcuni resti di strade, tra cui quella di Barbana e da numerosi reperti rinvenuti in mare (Chiesa di S. Gottardo su fondali di 5 metri) confermano la recente formazione del bacino di Grado (Brambati, 1985; Caressa *et al.*, 1995).

Nell'800 inoltre prese piede la vallicoltura che nel tempo ha condizionato la libera circolazione delle acque all'interno della laguna. Oggigiorno le valli sono riparate dall'azione erosiva delle correnti di marea in quanto i loro argini sono costruiti in pietra e hanno un'elevazione che va da 2.0 a 2.5 m sul l.m.m..

L'estensione delle valli da pesca è stata monitorata nel tempo in ogni bacino lagunare e ne risulta che la loro distribuzione non è omogenea nell'ambito della laguna. Nel 1952 erano occupati da valli 547.5 ha nel bacino di Primero, 317.2 ha nel bacino di Grado, 95.0 ha nel bacino di Morgo e 243.2 ha in quello di Porto Buso (Dorigo, 1965). Il censimento del comune di Grado effettuato nel 1989 evidenzia un cambiamento in questa distribuzione, in particolare al tempo si contavano 513.3 ha nel bacino di Primero, 202.6 ha nel bacino di Grado, 82.0 ha nel bacino di Morgo e 444.3 ha in quello di Porto Buso; le principali cause di questo mutamento sono la costruzione della Valle Noghera (220.0 ha) nel bacino di Porto Buso e la progressiva perdita di spazi vallivi nel bacino di Grado dovuta all'incremento urbanistico dell'abitato.

L'impatto antropico inoltre è da attribuirsi alle attività industriali di Porto Nogaro, situato 1 Km a Nord della foce dell'Alussa-Corno ed alla zona industriale di Torviscosa. Si è stimato che dal 1949 (quando è diventato operativo un impianto Cloro-Soda) sono stati scaricati nell'Aussa-Corno circa 20 Kg/giorno di Hg. La

quantità di Hg scaricato diminuì nel 1970 a 6-7 Kg/giorno fino al 1984 quando furono installati impianti di depurazione; in accordo con questa stima si è calcolato che vennero scaricati 186.000 Kg di Hg nel fiume e gran parte di questi raggiunsero la laguna. Anche in profondità nei sedimenti sono stati riscontrati alti livelli di Hg, dovuti ai solidi sospesi portati dall'Isonzo e ricondotti ad attività minerarie (Covelli *et al.*, 2001; 2008).

Per la notevole presenza di mercurio la laguna di Grado e Marano presenta un'area vincolata denominata Sito Inquinato di Interesse Nazionale (D.M. 468/2001) soggetto a bonifica (D.M. 471/1999).

Nonostante le normative che ne sanciscono la protezione, il sistema lagunare di Grado-Marano non è esente da problemi, i quali derivano soprattutto dall'inquinamento sia industriale che agricolo, dai reflui urbani immessi nelle acque, dai trasporti effettuati in laguna, dal turismo, dal diportismo nautico, dalla vallicoltura e dalla pesca.

La convenzione di Rasmar, nata nel 1971 (il cui scopo è proprio la protezione delle zone umide dallo sfruttamento eccessivo) protegge parte della laguna di Grado-Marano, la quale, inoltre, è considerata un Sito di Importanza Comunitaria (S.I.C.) e una Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.) rispettivamente secondo le direttive europee 92/43/CEE del 21 Maggio 1992 (Direttiva "Habitat") e 79/409/CEE del 02 Aprile 1972 (Direttiva "Uccelli").

E proprio per tutelare un ambiente naturale così delicato la regione Friuli Venezia Giulia ha istituito una serie di aree naturali protette fra cui le Riserve naturali della Valle Cavanata, della Foce dell'Isonzo (esterna al sito oggetto di studio), della Valle Canal Novo e delle Foci dello Stella. In particolare due aree sono dichiarate zone umide di importanza internazionale secondo i criteri Ramsar:

Marano Lagunare -Foci dello Stella (1400 ha)

Valle Cavanata (248 ha)

Sono state inoltre identificate quattro Riserve Naturali Regionali:

Foce dell'Isonzo -Isola della Cona (2.338 ha)

Valle Cavanata (341 ha)

Foci dello Stella (1.357 ha)

Valle Canal Novo (124 ha)

## CAPITOLO 3-MATERIALI E METODI

### 3.1 Modalità di campionamento e conteggio del fitoplancton

Per il rilevamento dello stato di qualità delle acque di transizione, è stato predisposto un piano di campionamento del fitoplancton che ha avuto inizio nel luglio 2008 ed è proseguito trimestralmente fino ad agosto 2010. Nella prima fase di campionamento (da luglio 2008 a novembre 2009) le indagini delle componenti biologiche e chimico-fisiche sono state condotte in 11 stazioni (Figura 15), aventi le seguenti caratteristiche:

- Stazione (5) TPO501 (laguna di Marano), posizionata nelle zone retrostanti Lignano Sabbiadoro e Aprilia Marittima.
- Stazione (17) TME201 (laguna di Marano), posizionata alla foce del Fiume Cormor.
- Stazione (20) TPO401 (laguna di Marano) posizionata nella zona della Bocca dei tre Canali.
- Stazione (31) TPO301 (laguna di Marano) posta nella zona centrale della laguna.
- Stazione (45) (laguna di Marano) alla destra della foce del fiume Ausa-Corno.
- Stazione (53) (laguna di Marano) all'interno del sito inquinato, nella zona retrostante l'Isola di S.Andrea.
- Stazione (59) TEU301 (laguna di Grado) posta alla sinistra del Canale di Porto Buso.
- Stazione (65) TPO201 (laguna di Grado) Fondale della Gran Chiusa.
- Stazione (71) (laguna di Grado) posizionata alla foce del fiume Natissa.
- Stazione (84) TEU101 (laguna di Grado) posizionata tra Ravaiarina e Gorgo.
- Stazione (97) FM301 (laguna di Grado) posizionata in prossimità dell'isola di Barbana.

A seguito dell'individuazione dei 17 corpi idrici lagunari (in riferimento al Decreto 56/2009), da novembre 2009 ad agosto 2010, sono state effettuate alcune modifiche

al piano di campionamento, e alle undici stazioni iniziali se ne sono aggiunte ulteriori dieci (figura 15) aventi le seguenti caratteristiche:

- Stazione (13) TME401 (laguna di Marano) posta nella Secca Man di Spiesà.
- Stazione (22) TME301 (laguna di Marano) posta nella parte interna delle foci del fiume Stella.
- Stazione (43) TME101 (laguna di Marano) posta nella Secca del fiume Zellina.
- Stazione (46 sp) posta in prossimità dello sbocco del fiume Tagliamento.
- Stazione (52) TEU401 (laguna di Marano) posta nella parte sinistra della foce del fiume Aussa Corno.
- Stazione (76) FM401 (laguna di Grado) situata in corrispondenza delle Isole della Gran Chiusa - Banco d'Orio.
- Stazione (78) TEU201 (laguna di Grado) posta nel Fondale Nassion.
- Stazione (86) TPO101 (laguna di Grado) posta nell'area denominata Ara Storta.
- Stazione (99) FM201 (laguna di Grado) posta nel Paludo della Carogna.
- Stazione (19 sp) posta in prossimità dello sbocco del fiume Isonzo.

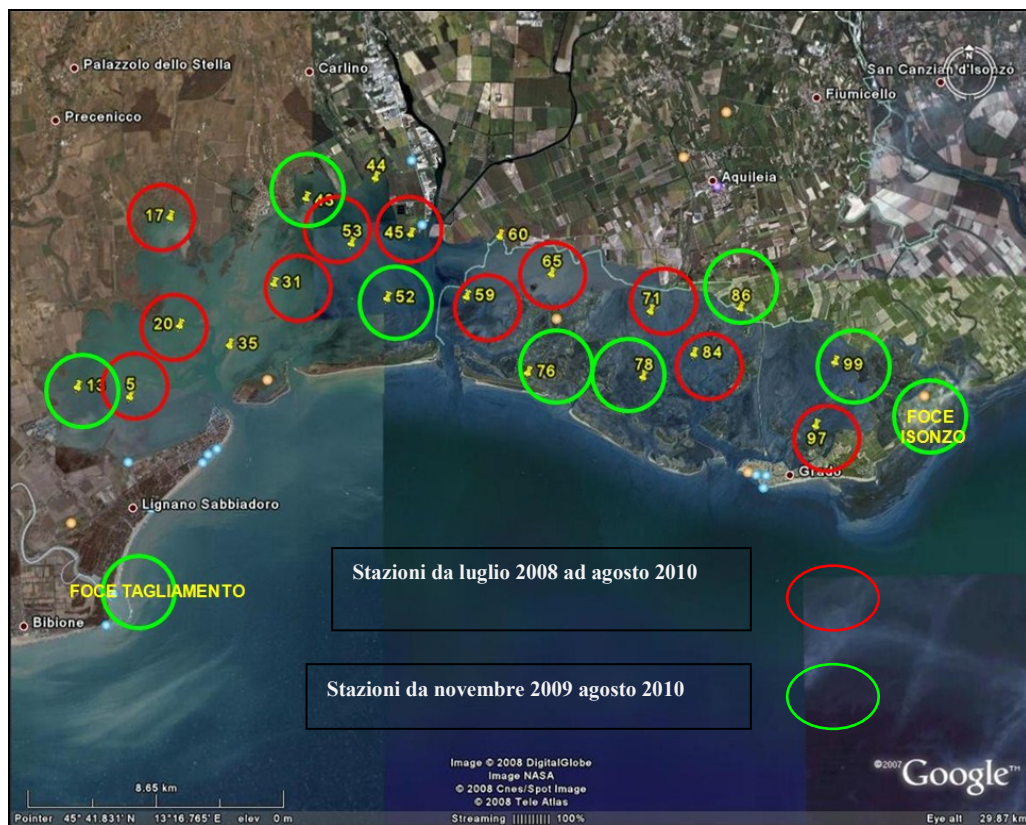


Figura 15: stazioni di campionamento della laguna di Grado e Marano (da luglio 2008 ad agosto 2010).

Infine, alla luce dei risultati ottenuti nella prima fase di campionamento sono stati predisposti campionamenti mensili in corrispondenza di sei stazioni (Figura 16) poste in aree ad elevato impatto antropico.

Laguna di Marano:

- Stazione (17) TME201 localizzata in prossimità dello sbocco fluviale del Cormor.
- Stazione (43) TME101 posta nella parte centrale della laguna, in vicinanza dello sbocco del fiume Zellina.
- Stazione 44 (Zellina) localizzata allo sbocco del fiume Zellina.
- Stazione foce Stella localizzata allo sbocco del fiume Stella.

Laguna di Grado:

- Stazione 71 localizzata allo sbocco del fiume Natissa.



- Stazione FM101 (Cavanata), ex valle da pesca.

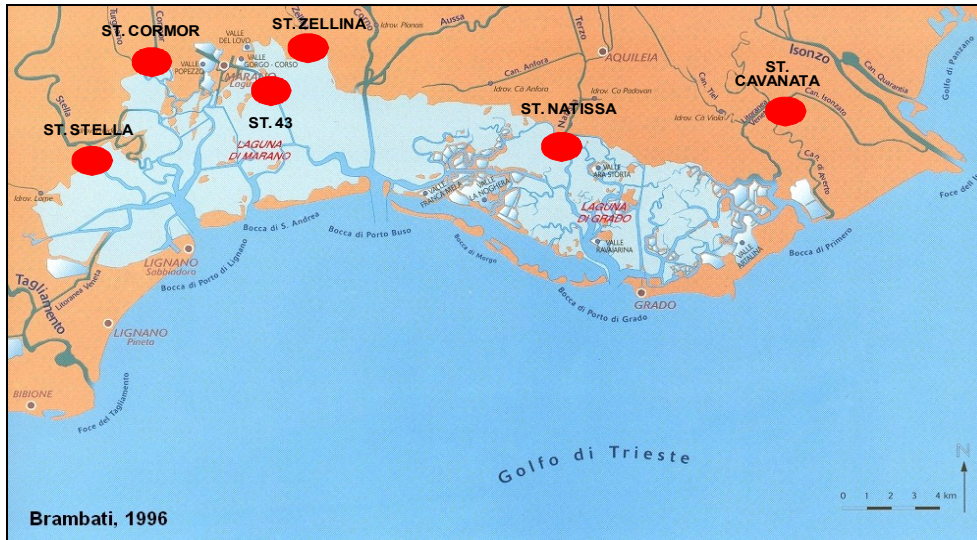


Figura 16: stazioni di campionamento dei prelievi mensili.

In ogni punto di campionamento sono stati effettuati il prelievo del fitoplancton, la misurazione delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua e l'analisi dei nutrienti.

Il raggiungimento dei punti di campionamento è stato effettuato mediante un sistema di navigazione satellitare (GPS).

Le uscite in laguna sono state effettuate con apposito mezzo nautico, idoneo alla navigazione su bassi fondali e attrezzato per le attività di monitoraggio. I campionamenti sono stati effettuati in alta marea sigiziale allo scopo di raccogliere i dati idrologici e i campioni d'acqua nelle piane di marea.

### 3.1.1 Prelievo del fitoplancton

In ciascuna stazione di campionamento è stato prelevato un campione di fitoplancton mediante l'utilizzo di una bottiglia Van Dorn orizzontale (figura 17).



Figura 17: bottiglia Van Dorn orizzontale.

Dopo il prelievo, il campione è stato posto in bottiglie di vetro da 500 ml e immediatamente fissato con soluzione Lugol (soluzione di iodio e potassio ioduro) per la conservazione del campione e il successivo conteggio al microscopio ottico invertito.

### *3.1.2 Preparazione del campione e conteggio al microscopio ottico*

L'analisi qualitativa e quantitativa del fitoplancton è stata eseguita secondo il metodo proposto da Utermöhl (1958).

Il metodo Utermöhl prevede l'agitazione omogenea del campione (almeno 100 volte o per circa 1 minuto) in modo da far risospendere tutte le cellule depositate durante la conservazione e la successiva sedimentazione in apposite camere di sedimentazione costituite da cilindri di plexiglass aventi un volume variabile (da 10 a 100 ml) (Figura 18).



Figura 18: camere di sedimentazione.

La durata della sedimentazione è stata di 3 ore per ogni centimetro di altezza del cilindro della camera, al fine di completare la sedimentazione di tutti gli organismi (Hasle, 1978; Zingone *et al.*, 1990).

L'identificazione delle specie è stata effettuata con un microscopio ottico rovesciato Leitz Diavert ad un ingrandimento di 400x. Per l'analisi del campione al microscopio ottico rovesciato, è stato adottato il metodo di conteggio più idoneo a seconda dell'abbondanza fitoplanctonica. Se la concentrazione delle cellule era elevata il conteggio è stato effettuato per campi casuali. Se le concentrazioni fitoplanctoniche erano minori il conteggio è stato effettuato per transetti. Allo scopo di ridurre l'errore dovuto a distribuzioni disomogenee delle cellule sul fondo della camera, sono stati esaminati almeno due transetti perpendicolari, o un numero sufficiente a raggiungere il minimo di 100 cellule contate. Infine se la concentrazione delle cellule era particolarmente esigua il conteggio è stato effettuato su metà della camera di conteggio. In ogni caso è stato contato un numero minimo di cellule pari a 100, per ottenere un errore del più o meno 20% ed una probabilità del 95% (Innamorati *et al.*, 1990).

A seconda del metodo utilizzato il calcolo della densità fitoplanctonica è il seguente secondo la formule:

### **Conteggio per campi casuali**

$$C = (N * 1000 * A) / (n * V * a)$$

C=Densità cellulare (cell/l)

N= totale delle cellule contate su tutti i campi

A=area totale della superficie di fondo della camera

n= numero dei campi su cui si è fatto il conteggio

V= volume in ml del campione messo a sedimentare

a=area del campo visivo in mm<sup>2</sup>

### **Conteggio per transetti**

$$C = (N * \pi * r * 1000) / (2 * h * v * n)$$

C=Densità cellulare (cell/l)

N=totale delle cellule contate su tutti i transetti

r=raggio della camera di sedimentazione

h=altezza del transetto

v=volume del campione sedimentato

n= numero dei transetti per il conteggio

### **Conteggio in metà camera di sedimentazione**

$$C = 2 * (N * 1000) / v$$

C=Densità cellulare (cell/l)

V= volume del campione messo a sedimentare (espresso in ml)

N=totale delle cellule contate in metà della camera

Per l'identificazione tassonomica si è fatto riferimento ai seguenti testi:

Hustedt (1985), Hartley (1996). Lange-Bertalot *et al.* (2000) Lange-Bertalot (2001) per le diatomee, Tomas et al (1993), Tomas (1996), Horner (2002) Bellinger (1992), Belcher & Swale (1976), Round et al. (2007), Therriault *et al.* (1999), John *et al.* (2002), Larink et Westheide (2006).

## 3.2 Misurazione dei dati chimico-fisici e dei nutrienti

### 3.2.1 Misura delle variabili chimico-fisiche

In ogni stazione, oltre al campione per l'analisi del fitoplancton, è stato raccolto un campione d'acqua per le analisi dei nutrienti. Contemporaneamente sono stati rilevati alcuni parametri meteomarinari (temperatura dell'aria, pressione barometrica, umidità relativa, direzione e velocità del vento, direzione e velocità della corrente) e chimico-fisici della colonna d'acqua (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, concentrazione clorofilla *a*). Le variabili chimico-fisiche sono state misurate, lungo l'intero profilo della colonna d'acqua mediante la sonda multiparametrica *Ocean Seven mod. 316* (Figura 19) equipaggiata con 7 sensori: Pressione, Temperatura, Conducibilità, Ossigeno disciolto, pH, potenziale REDOX ed elettrodo di riferimento.

-*Sensore di Temperatura* consiste in un termometro di platino a resistenza, con una sensibilità di 50 ms;

-*Sensore di Conducibilità*: è formato da una cella a flusso in cui sono disposti 7 anelli di platino posizionati in un tubo di quarzo. L'anello centrale è eccitato da un flusso di corrente alternata che va verso gli anelli più esterni. Nella coppia di anelli adiacenti, si viene a creare un voltaggio dovuto alla conducibilità elettrica della misura dell'acqua.

La cella è montata su un cilindro di plastica il quale garantisce l'isolamento termico riempito con olio di silicone una copertura in plastica permette una compensazione della pressione.

-*Sensore di Ossigeno* è di tipo polarografico e la cella è divisa in due parti, un catodo e un anodo. L'anodo è formato da un tubo di argento circondato da un involucro di vetro dove un filo di platino forma il catodo. L'anodo e il catodo sono inseriti in una cella ricoperta da una membrana gas permeabile. La cella contiene un elettrolita che permette il passaggio del flusso di corrente tra i due poli; il voltaggio che si sviluppa è proporzionale alla concentrazione di ossigeno rispetto al campione contenuto nel catodo. L'anodo agisce come cella di riferimento producendo un potenziale costante rispetto al catodo.

-*Sensore di pH*: è formato da un corpo di titanio che termina con una parte in vetro sensibile . Il range di pH va da 6.5 a 9, mentre il sensore di riferimento è costituito da un involucro contenente una soluzione, questa è a contatto con l'esterno tramite un minuscolo foro. Il potenziale che si crea tra il liquido e il gel darà la misura.

-*Sensore Redox*: misura il potenziale della coppia riduzione ossidazione presente in un mezzo. Esso consiste in un filo di platino la cui punta è formata da un corpo di vetro arrotondato.

-*Fluorimetro Sea Tech Inc*: fluorimetro per le misure in situ in acqua. Il sistema di filtri è stato selezionato per le misure di clorofilla *a* (eccitazione-425 nm e emissione 685 nm).



Figura 19: sonda multiparametrica idronaut *Ocean Seven mod.316*.

### 3.2.2 *Analisi dei nutrienti*

In tutte le stazioni di campionamento sono stati prelevati campioni d'acqua per le analisi chimiche. Le analisi sono state effettuate nei laboratori dell'Arpa FVG.

I principali nutrienti analizzati sono indicati in Tabella 5.

Parametri	Descrizione	Unità di misura
$\text{NH}_4^+$	Ammonio	$\mu\text{moli/L}$
$\text{NO}_2^-$	Nitrito	$\mu\text{moli/L}$
$\text{NO}_3^-$	Nitrato	$\mu\text{moli/L}$
$\text{PO}_4^{3-}$	Ortofosfato	$\mu\text{moli/L}$

Tabella 5: principali nutrienti analizzati.

La determinazione dei nutrienti, che comprendono i composti dell'azoto ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  ed  $\text{NO}_2^-$ ), gli ortofosfati ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) è stata condotta secondo i metodi proposti da Grasshoff *et al.* (1983).

### **3.3 Analisi dei dati del fitoplancton e dei parametri abiotici nelle undici stazioni iniziali (luglio 2008-agosto 2010)**

Nella presente ricerca i dati biotici e i dati abiotici sono stati analizzati mediante tecniche di analisi univariata e multivariata.

Le analisi sono presentate separando i campionamenti svolti da luglio 2008 ad agosto 2010, da quelli effettuati da novembre 2009 ad agosto 2010. Nel prima fase di campionamento sono state prese in considerazione 11 stazioni, mentre nel secondo periodo alle stazioni iniziali se ne sono aggiunte ulteriori dieci. Infine la terza analisi si è occupata dei campionamenti mensili in corrispondenza dei principali sbocchi fluviali e in due stazioni poste in aree ad elevato impatto antropico.

#### *3.3.1 Analisi univariata*

Al fine di analizzare la composizione qualitativa e quantitativa della comunità fitoplanctonica, l'intero set di dati del fitoplancton è stato raggruppato in cinque categorie principali: diatomee, dinoflagellati, criptoficee, euglenoficee, e altro fitoplancton.

I dati derivanti dalla determinazione degli organismi campionati in ogni campagna di rilievo sono stati analizzati al fine di individuare le specie caratteristiche di ciascun sito di campionamento e le concentrazioni algali registrate nelle diverse stazioni per ogni singola campagna.

Sono state altresì analizzate le variazioni dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua e i principali nutrienti rilevati durante i singoli campionamenti.

Per la misura della diversità specifica, è stato impiegato l'indice di Shannon ( $H'$  di Shannon), largamente utilizzata negli studi di ecologia. L'indice è dato dalla seguente formula:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Dove  $p_i$  è la frequenza della specie  $i$ -esima.



Questo indice è stato proposto inizialmente da Boltzmann per il calcolo dell'entropia in termodinamica, ed è stato introdotto da Shannon e Weaver (1949) nella teoria dell'informazione e quindi ripreso da MacArthur (1957) e da Margalef (1958) in ecologia. L'indice varia da un minimo  $H'_{\min}=0$  quando è presente una sola specie, a un valore massimo  $H'_{\max}=\log_2 S$  (dove S è il numero delle specie presenti) quando le specie sono equamente rappresentate in termini di individui. La diversità descritta da questo indice è dipendente sia dalla numerosità delle specie che dalla distribuzione delle abbondanze.

### *3.3.2 Analisi multivariata*

I dati biotici relativi alla componente fitoplanctonica e quelli abiotici riguardanti le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sono stati analizzati mediante le tecniche multivariate di seguito illustrate.

L'analisi dei dati si è articolata in tre parti:

1) Preparazione del database e scelta della trasformazione dei dati biologici più appropriata nei confronti della predittività rispetto ai dati chimico-fisici.

*A) Prettamento statistico dei dati:*

#### **Dati biotici**

I dati derivanti dalla determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono stati importati su fogli di calcolo dell'applicativo Excel. E' stata costruita la matrice A nella quale le righe contenevano i valori di abbondanza dei singoli taxa, e le colonne le date dei campionamenti effettuati, disposti in ordine cronologico.

#### **Dati abiotici**

Per l'analisi statistica dei parametri chimico-fisici è stata considerata la media dei dati chimico-fisici rilevati nei primi 40 cm di profondità della colonna d'acqua.

Le variabili chimico-fisiche (temperatura, salinità, percentuale di saturazione di ossigeno disciolto, e pH) e concentrazione dei nutrienti sono stati importati su fogli di calcolo dell'applicativo Excel. Le variabili sono state standardizzate e normalizzate.

E' stata costruita la matrice B nella quale le righe contenevano i valori medi dei parametri chimico-fisici e dei nutrienti, e le colonne le date dei campionamenti effettuati, disposti in ordine cronologico.

### *B) Costruzione delle matrici di somiglianza*

#### **Matrice di somiglianza dei dati biotici (A1)**

L'analisi multivariata dei dati è generalmente suddivisa nelle tecniche di classificazione e ordinamento, entrambe generalmente basate sulla costruzione di matrici triangolari di similarità e/o distanza (Sommerfield & Clarke, 1997).

La similarità tra oggetti (o variabili) è stata valutata a coppie di elementi tramite delle funzioni o indici di similarità (o somiglianza o distanza). Le funzioni di similarità valutano quanto due entità si assomigliano ed assumono valori crescenti in rapporto alla somiglianza (un valore di indice zero indica somiglianza nulla) inversamente quindi agli indici di distanza (un valore di indice zero indica uguaglianza) (Feoli & Ganis, 2005).

Esistono differenti metodi per determinare il grado di similarità tra le variabili e gli oggetti. Nel caso specifico è stata calcolata la matrice di somiglianza utilizzando l'indice di Jaccard (Podani, 2007), che può assumere valori compresi tra 0 e 1, la cui formula è la seguente:

$$S_{Jaccard} = \frac{a}{a + b + c}$$

dove a indica il numero di presenze in comune tra gli elementi 1 e 2; b indica il numero delle presenze dell'elemento 1 quando l'elemento 2 è assente; c indica il numero di presenze dell'elemento 2 quando l'elemento 1 è assente.

L'indice di Jaccard rapporta il numero di presenze comuni al numero totale di presenze riscontrate in almeno uno dei due elementi. In termini insiemistici esso è facilmente interpretabile come il rapporto tra l'intersezione e la riunione di due insiemi. Questi sono o i due insiemi di caratteri che descrivono i due oggetti o i due insiemi di oggetti in cui sono state osservate le due variabili. L'indice di Jaccard

corrisponde all'indice *similarity ratio*, applicato ai dati binari.

$$S_{SR(a,b)} = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ia} x_{ib}}{\sum_{i=1}^m x_{ia}^2 + \sum_{i=1}^m x_{ib}^2 - \sum_{i=1}^m x_{ia} x_{ib}}$$

La similarita' tra gli elementi di una matrice valutata con le funzioni appena descritte e' sempre interpretabile come vicinanza degli elementi stessi nello spazio multidimensionale. Calcolare la funzione tra tutte le unita' di studio prese a coppie equivale a valutare tutte le posizioni reciproche tra gli elementi in termini di vicinanza o di distanza. Questi valori possono essere convenientemente tabulati in una matrice (*S*) quadrata simmetrica di somiglianza, nella quale ogni valore *s<sub>ij</sub>* rappresenta il valore della funzione di similarita' tra le unita' *i* e *j*. La simmetria della matrice e' dovuta al fatto che la somiglianza, distanza o correlazione tra le unita' *i* e *j* e' la stessa che intercorre tra le unita' *j* e *i*. Se *n* sono le unita' da classificare, la funzione di similarita' viene calcolata un numero di volte  $p=n(n+1)/2$  corrispondente al numero di combinazioni a due tra tutte le unita', cioe' al numero di confronti possibili, compresi quelli con se' stesse. Esso costituisce il numero degli elementi della matrice triangolare alta o bassa della matrice simmetrica. Sulla diagonale della matrice simmetrica si leggono i valori della funzione applicata alle unita' con se' stesse e pertanto costituiscono sempre valori minimi di distanza o valori massimi di somiglianza o correlazione. Se la matrice simmetrica e' una matrice di distanza, gli elementi sulla diagonale hanno tutti valore 0; se, invece, e' una matrice di somiglianza, gli elementi sulla diagonale assumono tutti valore 1 per funzioni di somiglianza relativa, o maggiore di uno per funzioni non normalizzate o con valore massimo dell'indice >1.

Nel caso specifico sono state calcolate le matrici di somiglianza considerando i dati del fitoplancton quantitativi, i dati trasformati in radice quadrata e i dati in forma binaria.

### **Matrice di somiglianza dei dati chimico-fisici (B1)**

E' stata calcolata la matrice di somiglianza utilizzando l'indice di Jaccard.

C) *Confronto tra la matrice A1) e la matrice B1) per misurare la predittività dei dati biologici nei confronti dei dati chimico-fisici.*

Per valutare il livello di similarità e quindi il grado di correlazione tra i dati biologici e quelli abiotici è stato condotto il *test di Mantel*. Questo test, di recentissima introduzione in campo ecologico, è stato sviluppato in origine per lo studio della distribuzione spaziale dell'occorrenza dei casi di tumore (Mantel, 1967). Questo test si basa sul confronto di due matrici di similarità o di distanza. L'ipotesi nulla è l'indipendenza tra le matrici esaminate.

Il livello di probabilità associato al valore della statistica di Mantel si calcola sulla base di una procedura iterativa che prevede la permutazione casuale delle righe e delle colonne di una delle due matrici e il ricalcolo della statistica di Mantel per un numero sufficientemente alto di volte. Il valore della statistica ottenuto per le matrici originali viene confrontato con la distribuzione empirica di quelli ottenuti ripetendo il calcolo su matrici permutate aleatoriamente: la percentuale delle permutazioni in cui si è ottenuto un valore inferiore a quello originale corrisponde al livello di probabilità di quest'ultimo. Dal punto di vista pratico si rigetterà l'ipotesi nulla di indipendenza fra le matrici se almeno il 95% o il 99% dei valori ottenuti per le matrici permutate è inferiore o superiore a quello originale.

Lo scopo del test era di determinare quale delle tre matrici di dati biotici (dati binari, dati quantitativi e trasformati in radice quadrata) fosse maggiormente predittiva nei confronti dei dati abiotici.

Per i dati di abbondanza del fitoplancton (quantitativi) il test ha dato un valore di correlazione tra matrici pari a 0,1035 e un valore di probabilità pari a 0.

Per i dati binari (dati di presenza/assenza delle specie) il test ha dato un valore di correlazione tra matrici pari a 0,2010 e un valore di probabilità pari a 0.

Per i dati trasformati in radice quadrata il test ha dato un valore di correlazione tra matrici pari a 0,1584 e un valore di probabilità pari a 0.

I valori di correlazione tra matrici hanno indicato che i dati del fitoplancton basati soltanto sulla composizione floristica, erano maggiormente correlati di quelli quantitativi rispetto ai dati abiotici standardizzati e normalizzati. Inoltre i valori di probabilità del test di Mantel permettevano di rigettare l'ipotesi nulla di indipendenza in tutti i casi. Per questo motivo si è scelto di utilizzare i dati biotici in forma binaria nelle analisi statistiche.

## 2) Analisi della predittività e valore indicatore del fitoplancton

### A) *Classificazione gerarchica sulla base dei dati biologici e abiotici.*

La classificazione gerarchica comprende quelle tecniche numeriche che hanno lo scopo di riunire in gruppi gli oggetti o le variabili basandosi sulla loro somiglianza o correlazione in modo tale che gli elementi di un gruppo siano il più possibile simili tra loro e il più possibile differenziati dagli elementi degli altri gruppi.

Quando il numero degli oggetti o delle variabili da confrontare è alto, risulta difficile stabilire le relazioni di correlazione o associazione tra le variabili e di somiglianza o di distanza tra gli oggetti osservando semplicemente le matrici simmetriche di correlazione o di similarità'. Per illustrare in modo sintetico tali relazioni è stato utilizzato, come rappresentazione grafica, il dendrogramma

Per ottenere la suddivisione delle stazioni in gruppi (dendrogramma) alla matrice triangolare di similarità si è applicato l'algoritmo di classificazione gerarchica del legame completo. Questo algoritmo a differenza di altri, crea gruppi omogenei a cui appartiene un numero non troppo variabile di oggetti, è quindi ideale per individuare le discontinuità più rilevanti all'interno di un insieme di dati (Scardi, 2001).

Nel metodo del legame completo un elemento o un gruppo di elementi viene fuso con un altro elemento o gruppo di elementi se la somiglianza minima tra l'elemento o gruppo di elementi con tutti gli elementi dell'altro gruppo è la più elevata. La somiglianza tra due gruppi è quella esistente tra i loro due membri più lontani. Per questo fatto il metodo tende a produrre gruppi compatti di forma ipersferica che si uniscono tra loro con valori relativamente bassi di somiglianza (Feoli & Ganis, 2005).

B) *Misura della separazione tra le classi mediante il test di evenness.*

Il problema che si pone dopo aver ottenuto un dendrogramma e l'individuazione e la definizione dei *gruppi* che comporta anche la ricerca delle caratteristiche che contraddistinguono una classe dall'altra. Il successo di una classificazione consiste nella sua capacità di definire classi ben separate, cioè classi ben definibili. Tanto più le classi risultano definibili, tanto più la classificazione risulta utile.

La bontà di una classificazione dipende dalla sua capacità di ridurre la "fuzziness" cioè l'incertezza dell'assegnazione degli elementi alle classi considerate. Se gli  $N$  elementi che considero hanno lo stesso grado di appartenenza ad un certo numero  $k$  di classi allora la classificazione nelle  $k$  classi è talmente incerta da poter dire che l'insieme degli  $N$  oggetti non è classificabile nelle  $K$  classi e che quindi  $N$  costituisce almeno per gli  $M$  caratteri considerati un insieme omogeneo (entropia massima, mutua entropia zero). Se invece gli  $N$  oggetti si ripartiscono nelle  $k$  classi con gradi di appartenenza differenti ed ogni elemento ha un grado di appartenenza molto più elevato rispetto agli altri gradi di appartenenza per una sola classe delle  $k$  classi allora la classificazione ha un basso contenuto di fuzziness (incertezza) e quindi risulterà significativa. Il grado di significatività si può calcolare con il metodo delle permutazioni, cioè permutando a caso i valori di somiglianza della matrice  $S$  (matrice di  $N \times N$ ) nelle classi e vedendo quante volte la equitabilità (*evenness*) degli autovalori della matrice  $C$  (matrice di  $k \times k$ ) calcolate dopo le permutazioni è più grande di quella calcolata per la matrice  $C$  ottenuta dalla  $S$  originaria (Feoli & Ganis, 2005).

Infine è stato determinato il grado di appartenenza di ogni oggetto ad ogni gruppo individuato calcolando la media dei valori di somiglianza di un oggetto con ciascuno degli oggetti appartenenti ad un dato gruppo, escludendo il valore della diagonale.

Analizzando i gradi di appartenenza di ogni oggetto a ciascuno dei gruppi, che definisce quanto un oggetto è legato al gruppo al quale è stato destinato, è stata effettuata una riallocazione spostando gli oggetti, dove necessario, nel gruppo rispetto al quale risultava massimo questo valore. Tutte le elaborazioni effettuate si sono basate sui gruppi ottenuti dopo la riallocazione.

*C) Misura del valore predittivo dei dati biotici nei confronti dei dati chimico-fisici*

Per misurare la separazione tra le classi ottenuta con la matrice dei dati biologici con l'utilizzo della matrice di somiglianza dei dati abiotici e viceversa è stato impiegato il test di evenness. In questo modo si è voluto misurare il valore predittivo dei dati chimico-fisici nei confronti dei biologici e viceversa.

3) Analisi della periodicità del fitoplancton e dei parametri chimico fisici

*A) Costruzione di tabelle di contingenza*

Tabelle di contingenza per il fitoplancton

Per analizzare la successione stagionale della comunità fitoplanctonica presente nella laguna di Grado e Marano prima di tutto è stata creata la tabella di contingenza considerando la frequenza di ogni campionamento stagionale all'interno dei clusters ottenuti dalla precedente analisi dopo riallocazione. Si è considerata l'intera area di studio e i due distinti bacini di Grado e Marano.

Costruzione di tabelle di contingenza per i dati chimico-fisici

La medesima tabella di contingenza è stata creata per i parametri chimico-fisici considerando la frequenza di ogni campionamento stagionale all'interno dei clusters ottenuti dalla precedente analisi dopo riallocazione, e come per il fitoplancton si è considerata l'intera area di studio e i due bacini distinti (Grado e Marano).

*B) Analisi delle corrispondenze (COA)*

Nel presente lavoro, è stata utilizzata l'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze, o semplicemente Analisi delle Corrispondenze che è una tecnica di ordinamento simultaneo degli elementi di riga e di colonna di una matrice contenente valori di frequenza (tabella di contingenza). E' una tecnica di ordinamento di grande interesse in ecologia (Benzecri *et al.*, 1973).

La COA può essere considerata una variante dell'analisi delle componenti principali dalla quale si differenzia per il modo con cui i dati originali sono trasformati e per il modo con cui sono calcolati gli autovettori degli oggetti. Inoltre, a differenza dell'analisi delle componenti principali, che tratta principalmente dati continui, la COA è particolarmente indicata per dati discreti di frequenza o d'incidenza. Se

applicata correttamente a dati di questo tipo, la COA dà una misura della correlazione tra le variabili e gli oggetti perché le loro coordinate sono ottenute in maniera tale da massimizzare la loro correlazione.

Il metodo decompone il chi-quadrato totale di una tabella di contingenza estraendo gli autovalori e gli autovettori dalla matrice dei prodotti scalari calcolati sulle righe o sulle colonne della tabella di contingenza dopo che i dati di frequenza sono stati trasformati in maniera opportuna (Feoli e Ganis, 2011).

Quanto più alto è il chi-quadrato totale, tanto più netta è la separazione tra gli elementi nella tabella e tanto maggiore è il legame esistente tra le righe e le colonne.

I metodi di Ordinamento hanno lo scopo di ottenere assi ortogonali (indipendenti) da una matrice di dati in modo tale da poter rappresentare in uno spazio a dimensioni ridotte la posizione sia degli oggetti che delle variabili che li descrivono. Questi metodi sono in grado di estrarre gli assi in ordine decrescente di varianza totale spiegata. Il primo asse spiega una certa quota di varianza, e sintetizza le variabili più correlate tra loro, il secondo asse è una combinazione di un altro gruppo di variabili originali correlate tra loro e non correlate con le variabili sintetizzate dagli altri assi e così via per i rimanenti assi. Nel caso specifico gli assi sono stati ottenuti calcolando gli autovalori e gli autovettori delle matrici simmetriche di somiglianza. Il teorema che sta alla base dei metodi di ordinamento è il *teorema della decomposizione singolare* della matrice dei dati di cui il *teorema della decomposizione spettrale* di matrici reali simmetriche è un caso particolare. Il teorema della decomposizione spettrale dimostra che una matrice simmetrica  $S_{m \times m}$  può essere decomposta nelle seguenti tre matrici:

$$S = T \Lambda T' \quad (1)$$

dove  $\Lambda$  è la matrice diagonale dei  $p$  autovalori positivi che definiscono il rango della matrice,  $T$  è la matrice ortogonale (tale cioè che  $T' T = I$ ) degli autovettori di dimensioni  $m \times p$ ,  $T'$  è la matrice trasposta di  $T$ . Nella matrice  $\Lambda$  i  $p$  autovalori positivi sono disposti in ordine decrescente.

La matrice  $\Lambda$  può essere calcolata risolvendo l'equazione caratteristica degli



autovalori, cioè ponendo a zero il determinante della matrice  $(S - \lambda I)$ ,

$$|S - \lambda I| = 0 \quad (2)$$

Nell'equazione caratteristica  $\lambda$  è l'autovalore, cioè lo scalare incognito che si va a calcolare e  $I$  è la matrice identica in cui gli elementi sulla diagonale sono tutti uni e i restanti elementi sono tutti zeri. Una volta calcolati gli autovalori positivi estraendo le radici del polinomio che si ottiene dall'equazione (1),  $T$  viene calcolata risolvendo  $p$  volte il seguente sistema di equazioni inserendo di volta in volta l'autovalore decrescente  $i$ -esimo:

$$(S - \lambda_i I)T_i = 0$$

Il teorema della decomposizione singolare (SVD, Singular Value Decomposition) di una matrice numerica generica  $X$  di  $m$  righe e  $n$  colonne, di rango  $p$ , dimostra che la matrice può essere decomposta nel modo seguente:

$$X = U \Lambda V' \quad (3)$$

dove  $U$  è una matrice ortogonale di dimensioni  $m \times p$  (cioè tale che  $U'U = I_p$ , matrice identica),  $V$  è una matrice ortogonale di dimensioni  $n \times p$  (tale che  $V'V = VV' = I_p$ ) e  $\Lambda$  è la matrice diagonale degli autovalori positivi ( $p \times p$ ). Moltiplicando a destra per  $X'$  si ottiene:

$X'X = (U \Lambda V')' U \Lambda V$  e poiché nella trasposizione del prodotto di matrici si cambia l'ordine, si ottiene

$$X'X = (V' \Lambda U') U \Lambda V'$$

ed essendo  $U'U = I_p$  ne segue che

$$X'X = V' \Lambda V' \quad (4)$$

Analogamente moltiplicando a sinistra per  $X'$  i termini dell'equazione (2) si ottiene:

$$XX' = U \Lambda^2 U'$$

E poichè  $X'X$  e  $XX'$  sono matrici simmetriche in quanto prodotti scalari ( $S_{n \times n}$  o  $S_{m \times m}$ ) rispettivamente delle colonne e delle righe, si può applicare il teorema della decomposizione spettrale. Da ciò segue che gli autovalori delle matrici simmetriche dei prodotti scalari di righe e di colonne sono uguali. Ciò permette di ottenere

“modelli di ordinamento” (chiamati BILOT) che danno simultaneamente la posizione delle variabili e degli oggetti nello spazio a dimensioni ridotte rappresentato dagli autovettori di  $S_{n \times n}$  o  $S_{m \times m}$ .

Lo scopo principale dell'estrazione degli autovalori ed autovettori dalla matrice simmetrica è quello di ottenere gli assi (*autovettori*) perpendicolari tra loro e ruotati rispetto al sistema originario di coordinate lungo le direzioni di massima dispersione. Il calcolo matematico risulta alquanto complesso e presuppone un'approfondita conoscenza dell'algebra lineare, oggi esistono numerosi programmi di calcolo che sono in grado di svolgere i calcoli implicati nel metodo.

Anche se le soluzioni sono tante quante sono le dimensioni della matrice, nell'analisi multivariata sono considerati solo gli autovalori positivi che definiscono il numero di dimensioni dello spazio, cioè il suo *rango*, e sono scartati quelli negativi e nulli. Più spesso l'autovalore è espresso in percentuale di varianza spiegata cosicché la percentuale cumulativa di varianza, oltre a dare un'idea della dimensionalità dello spazio, indica quanto lo spazio ridotto, determinato dai primi due o tre assi, sia rappresentativo dello spazio multidimensionale: quanto più il valore di percentuale di varianza cumulata dai primi assi è elevato, tanto meglio lo spazio ridotto sintetizza lo spazio originale. Se il primo autovalore è molto più grande del secondo, si può dedurre che la struttura di correlazione o di somiglianza tra le variabili non è molto complessa perciò uno o pochi assi potrebbero essere sufficienti a descriverla.

Poiché non è strettamente necessario calcolare tutti gli autovalori e gli autovettori, spesso ci si limita ad estrarre solo i primi 2 o 3, i quali, peraltro, sono in generale largamente sufficienti ai fini dell'analisi. Nel caso specifico sono stati estratti i primi due.

Il grafico che si ottiene riporta i punti-variabili e i punti-oggetti su un sistema di assi cartesiani costruito con le prime due variabili canoniche, viene interpretato nella seguente maniera:

- la mutua distanza tra i punti-oggetti misura la differenza tra i vettori degli oggetti;

- la mutua distanza tra i punti-variabili misura la differenza tra i vettori delle variabili;
- l'origine degli assi rappresenta sia il vettore medio degli oggetti che di quello delle variabili, ciascuno ponderato per i rispettivi totali;
- la distanza tra un punto-oggetto ed un punto-variabile e' una misura di quanto uno caratterizzi l'altro e quindi della loro correlazione;
- le coordinate dei punti si possono interpretare come misure proporzionali alle correlazioni tra questi e gli assi.

### **3.4 Analisi dei dati del fitoplancton e dei parametri abiotici nelle nuove stazioni (novembre 2009-agosto 2010)**

#### *3.4.1 Analisi univariata*

I dati derivanti dalla determinazione degli organismi campionati in ogni campagna di rilievo sono stati analizzati al fine di individuare le specie caratteristiche di ciascun sito di campionamento e le concentrazioni algali registrate nelle diverse stazioni per ogni singola campagna.

Sono state altresì analizzate le variazioni dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua e i principali nutrienti rilevati durante i campionamenti.

Come per i precedenti campionamenti la diversità della comunità fitoplanctonica è stata analizzata utilizzando l'indice di Shannon.

#### *3.4.2 Analisi multivariata*

Visto il limitato periodo di campionamento, l'analisi si è concentrata esclusivamente sull'esame delle differenze qualitative del fitoplancton tra le nuove stazioni inserite nel piano di monitoraggio.

L'analisi si è articolata in tre fasi:

##### 1) Pretrattamento dei dati.

I dati derivanti dalla determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono stati importati su fogli di calcolo dell'applicativo Excel, e sono stati trasformati in dati binari di presenza/assenza dei singoli taxa.

- 2) Costruzione della matrice di somiglianza con l'utilizzo dell'indice di Jaccard.
  - 3) Si è applicato l'algoritmo di classificazione gerarchica del legame completo.
- E' stato quindi individuato il grado di appartenenza di ogni oggetto ad ogni gruppo individuato calcolando la media dei valori di somiglianza di un oggetto con ciascuno degli oggetti appartenenti ad un dato gruppo, escludendo il valore della diagonale ed è stata effettuata la riallocazione.

### **3.5 Analisi dei dati del fitoplancton con cadenza mensile**

#### *3.5.1 Analisi univariata*

Per la caratterizzazione della comunità sono state considerate l'abbondanza e il numero di specie rilevate in ogni campagna di rilievo.

Sono state analizzate le variazioni dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua e dei nutrienti nelle diverse campagne di misura. Per la caratterizzazione del fitoplancton nei diversi cluster è stata utilizzata la media delle variabili chimico-fisiche.

La diversità della comunità fitoplanctonica è stata analizzata utilizzando l'indice di Shannon.

#### *3.5.2 Analisi multivariata*

L'analisi si è articolata in tre fasi:

- 1) Pretrattamento dei dati.

I dati derivanti dalla determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono stati importati su fogli di calcolo dell'applicativo Excel. E' stata costruita la matrice D nella quale le righe contenevano i valori di abbondanza dei singoli taxa, e colonne le date dei campionamenti effettuati, disposti in ordine cronologico.

I dati sono stati trasformati in dati binari di presenza/assenza dei singoli taxa.

- 2) Costruzione della matrice di somiglianza per i dati del fitoplancton utilizzando l'indice di Jaccard.

- 3) Si è adottato l'algoritmo di classificazione gerarchica del legame completo in quanto maggiormente utile a definire i sottogruppi di somiglianza.

E' stato quindi individuato il grado di appartenenza di ogni oggetto ad ogni gruppo

individuato calcolando la media dei valori di somiglianza di un oggetto con ciascuno degli oggetti appartenenti ad un dato gruppo, escludendo il valore della diagonale. Infine è stata effettuata la riallocazione.

### **3.6 Software utilizzati**

Per il calcolo dell'indice di Shannon è stato utilizzato il programma STADIV, mentre le analisi multivariate sono state sviluppate sfruttando i programmi di statistica Matedit e PRIMER-5 software PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.

Si tratta di un software non commerciale che estrae informazioni da matrici di dati. L'acronimo deriva dai termini inglesi *MATrix* e *EDITing*, MATEDIT (Burba *et al.*, 2008) è un applicativo matematico che si rivela utile per:

- trattare i dati immagazzinati in matrici, attraverso l'algebra di matrici;
- rappresentare lo spazio multidimensionale (Analisi Multicriteriale).

È adatto per importare (ed esportare) dati da e verso gli applicativi Open Office ed Excel.

È stato progettato per strutturare matrici o tabelle di dati al fine di trovare relazioni tra oggetti e variabili, classificarli e raggrupparli. Esegue la *cluster analysis* gerarchica tramite tre criteri: legame singolo, legame medio e legame completo, ed estrae gli autovalori e gli autovettori da matrici simmetriche (quadrate). Esegue inoltre una serie di operazioni semplici all'interno delle matrici (somma, sottrazione, moltiplicazione) e moltiplicazioni tra matrici. È possibile inoltre ottenere dendrogrammi e altri grafici di dispersione (*scattergram*) entro cui è possibile selezionare sottogruppi di dati.

Questo applicativo, che ben si adatta all'analisi dei dati ecologici ed ambientali, alla creazione di diversi scenari ambientali, può essere considerato un sistema di supporto ai processi decisionali (DSS) (Burba *et al.*, 2008).

## CAPITOLO 4-RISULTATI

### **4.1 Analisi del fitoplancton e dei dati abiotici nelle undici stazioni iniziali (luglio 2008-agosto 2010)**

#### *4.1.1 Analisi univariata*

Di seguito verrà analizzata la composizione della comunità fitoplanctonica in ogni campagna di rilievo. In allegato (Tabelle 1-10) è indicata la composizione quali-quantitativa del fitoplancton in ciascuna stazione. Verrà altresì analizzato l'indice di diversità della comunità, il profilo verticale della colonna d'acqua e la concentrazione dei nutrienti.

#### *Analisi descrittiva del fitoplancton*

##### *Campagna di luglio 2008*

L'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche nella campagna di luglio 2008 è compreso tra un minimo di 292.114 cellule/l nella stazione 84 ed un massimo di 7.328.702 cellule/l nella stazione 17. In questo campionamento i microflagellati (microalghe flagellate con dimensioni minori a 5  $\mu\text{m}$ ) hanno raggiunto una frequenza percentuale pari al 44% dell'intera comunità fitoplanctonica, la restante parte è rappresentata dalle diatomee 29%, criptoficee 14%, euglenoficee 9%, e in misura minore dai dinoflagellati 4% (Grafico 1).

La distribuzione spaziale dei microflagellati appare omogenea nelle diverse stazioni campionate, le maggiori concentrazioni pari rispettivamente a  $2 \cdot 10^6$  e  $500 \cdot 10^3$  cellule/l si registrano nella laguna di Marano, in corrispondenza dei principali sbocchi fluviali: stazione 17 (sbocco fiume Cormor) e stazione 45 (sbocco fiume Aussa Corno). Nella laguna di Grado le quantità rilevate risultano maggiori di  $200 \cdot 10^3$  unità con un picco alla stazione 71 (sbocco fiume Natissa) pari a  $400 \cdot 10^3$  cellule/l.

Questa campagna è caratterizzata da un bloom di diatomee alla stazione 17 ( $1,7 \cdot 10^6$  cellule/l), elevate quantità si riscontrano nella stazione 20 ( $300 \cdot 10^3$  cellule/l) e nella

stazione 71 ( $800 \cdot 10^3$ ). Nei rimanenti bacini le concentrazioni sono comprese tra  $100 \cdot 10^3$  e  $280 \cdot 10^3$  cellule/l; solo in corrispondenza della stazione 84 la quantità è inferiore alle  $9 \cdot 10^3$  cellule/l. Le entità comuni ai diversi sottobacini lagunari appartengono ai generi *Cylindrotheca*, *Nitzschia*, e *Cocconeis*. Tra le diatomee centriche assume notevole importanza dal punto di vista quantitativo il genere *Coscinodiscus*, presente nella stazione 17 e 20. Nella maggior parte delle stazioni risultano abbondanti le diatomee pennate di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ , che rappresentano il 60% dell'intera comunità diatomica.

Le specie marine (*Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragilissimus*, e *Proboscia alata*) sono state raccolte solo in corrispondenza della stazione 45; in quest'ultima stazione sono state identificate alcune cellule del genere *Pseudo-nitzschia*, comprendente specie potenzialmente tossiche, ritrovate in piccole concentrazioni anche nella laguna di Marano in corrispondenza della stazione 5 e nella laguna di Grado nelle stazioni 59, 84, e 97.

Le criptoficee rappresentano la terza componente della comunità con una percentuale di presenza pari al 14%. Questo gruppo tassonomico è presente esclusivamente nelle stazioni 17 ( $1 \cdot 10^6$  cellule/l) e 20 ( $800 \cdot 10^3$  cellule/l).

La stazione 17 è inoltre caratterizzata da una presenza significativa di euglenoficee ( $1 \cdot 10^6$  cellule/l), che nei rimanenti sottobacini sono limitatamente presenti nelle stazioni 20 e 45 in ridotte concentrazioni.

Il contributo dei dinoflagellati è piuttosto modesto. Una certa abbondanza compresa tra  $32 \cdot 10^3$  e  $47 \cdot 10^3$  cellule/l si riscontra nelle stazioni 17, 45 e 59 nelle quali risulta dominante la specie *Gymnodinium sp.*, mentre nei rimanenti sottobacini i dinoflagellati sono presenti in minime quantità (stazione 84:  $0,5 \cdot 10^3$  cellule/l e stazione 97:  $5,4 \cdot 10^3$  cellule/l).

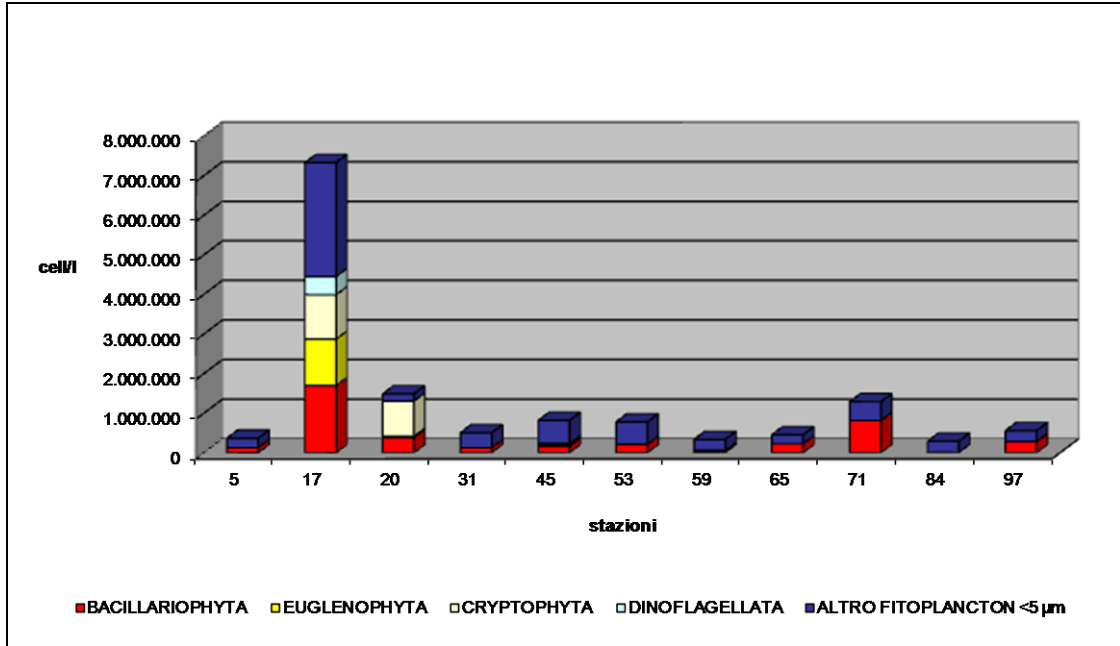


Grafico 1: fitoplancton nella campagna luglio 2008.

### *Campagna di novembre 2008*

L'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche nella campagna di novembre 2008 è compreso tra un minimo di 1.800 cellule/l (rinvenuto nella stazione 59) ed un massimo di 5.193.876 cellule/l (rinvenuto nella stazione 17). Le euglenoficee sono la componente principale della comunità con una frequenza percentuale pari all'87%, la rimanente parte è costituita dalle criptoficee 6%, dai microflagellati 6%, e in minor misura dalle diatomee e dai dinoflagellati 1% (Grafico 2).

In questo campionamento si assiste ad un bloom monospecifico di euglenoficee nella stazione 17 ( $5 \cdot 10^6$  cellule/l), elevate quantità si riscontrano nella stazione 45 ( $135 \cdot 10^3$  cellule/l) e nella stazione 31 ( $90 \cdot 10^3$  cellule/l). Nelle rimanenti stazioni di Marano le concentrazioni sono comprese tra  $16 \cdot 10^3$  e  $22 \cdot 10^3$  cellule/l, mentre nella laguna di Grado la presenza delle euglenoficee interessa solo la stazione 84 ( $8 \cdot 10^3$  cellule/l).

La concentrazione dei microflagellati presenta un forte decremento rispetto al precedente campionamento. Nella laguna di Marano tale gruppo è presente in tre



stazioni (5, 31 e 45) con una concentrazione media pari a  $127 \cdot 10^3$  cellule/l, mentre a Grado si ritrova solo nella stazione 84 ( $24 \cdot 10^3$  cellule/l).

Le criptoficee sono presenti solo nella laguna di Marano, dove raggiungono la massima concentrazione pari a  $300 \cdot 10^3$  cellule/l in corrispondenza della stazione 45, mentre nelle rimanenti stazioni del medesimo bacino la quantità rilevata è nettamente inferiore.

In questa campagna la distribuzione delle diatomee appare omogenea in tutta l'area di studio, le abbondanze sono estremamente scarse, comprese tra  $1,7 \cdot 10^3$  e  $7,5 \cdot 10^3$  cellule/l. Il 50% della comunità è costituita da diatomee pennate di difficile identificazione tassonomica con dimensioni minori di  $10 \mu\text{m}$ . Tra le specie che hanno un'ampia diffusione spaziale si evidenziano le diatomee pennate *Cylindrotheca*, *Nitzschia*, e *Cocconeis*. Scarsa invece è la presenza delle specie marine: *Cerataulina pelagica*, *Guinardia sp.*, e *Proboscia alata*, presenti in modesta quantità, in modo puntiforme.

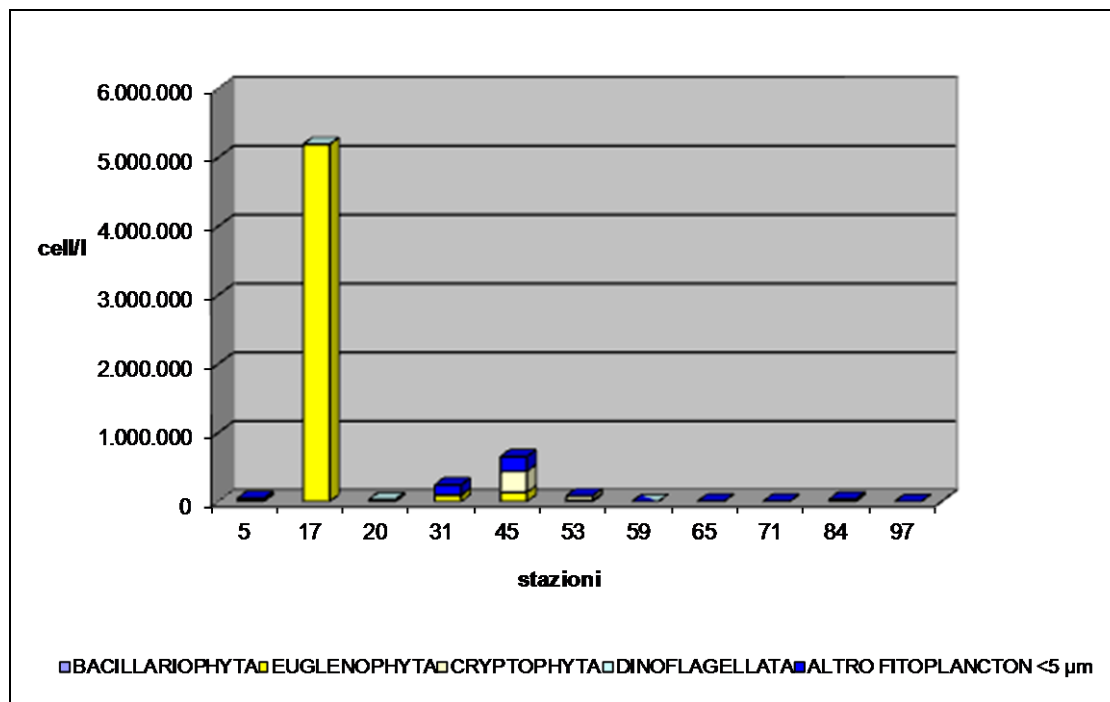


Grafico 2: fitoplancton nella campagna di novembre 2008.

### *Campagna di febbraio 2009*

Nella campagna di febbraio 2009 il range di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche è compreso tra un minimo di 2.400 cellule/l (stazione 45) e un massimo di 1.481.142 cellule/l (stazione 31). La comunità è dominata dalle criptoficee 57%; importante risulta inoltre il contributo delle euglenoficee (25%) e delle diatomee (18%), mentre i dinoflagellati e i microflagellati non sono presenti (Grafico 3).

L'analisi quantitativa delle criptoficee mette in evidenza una certa variabilità tra le diverse stazioni campionate. Questo gruppo tassonomico si riscontra in tutti i sottobacini della laguna di Marano, e raggiunge la massima concentrazione nella stazione 31 ( $800 \cdot 10^3$  cellule/l), nei rimanenti siti le abbondanze sono comprese tra  $100 \cdot 10^3$  e  $200 \cdot 10^3$  cellule/l, mentre nella laguna di Grado sono presenti solo in corrispondenza della stazione 97 ( $54 \cdot 10^3$  cellule/l).

In questo campionamento la stazione 31, posta nella parte centrale della laguna di Marano, è caratterizzata inoltre da concentrazioni di euglenoficee pari a  $2 \cdot 10^3$  cellule/l, leggermente inferiore risulta la quantità alla stazione 17. Nella laguna di Grado sono presenti solo in corrispondenza della stazione 97 ( $20 \cdot 10^3$  cellule/l).

Le diatomee sono presenti in tutte le stazioni campionate con concentrazioni diverse a seconda del sottobacino considerato. Le maggiori concentrazioni si hanno nella laguna di Marano in corrispondenza della stazione 31 ( $300 \cdot 10^3$  cellule/l), nelle rimanenti stazioni la concentrazione media è pari a  $13 \cdot 10^3$  cellule/l, mentre a Grado la media è lievemente inferiore, pari a  $11 \cdot 10^3$  cellule/l.

Le diatomee pennate di dimensioni minori di  $10 \mu\text{m}$  sono presenti in tutta l'area di studio e costituiscono una quota importante dell'intera comunità. *Amphora sp.*, *Cocconeis sp.*, *Cylindrotheca closterium* e *Nitzschia sp.*, sono le diatomee maggiormente diffuse. Scarsamente presenti risultano essere le specie marine; da segnalare la presenza in minime concentrazioni di *Skeletonema sp.* nella quasi totalità delle stazioni della laguna di Marano, e nella stazione 59 e 65 (laguna di Grado). Infine in corrispondenza della stazione 97 sono state rinvenute poche cellule/l di *Proboscia alata*.

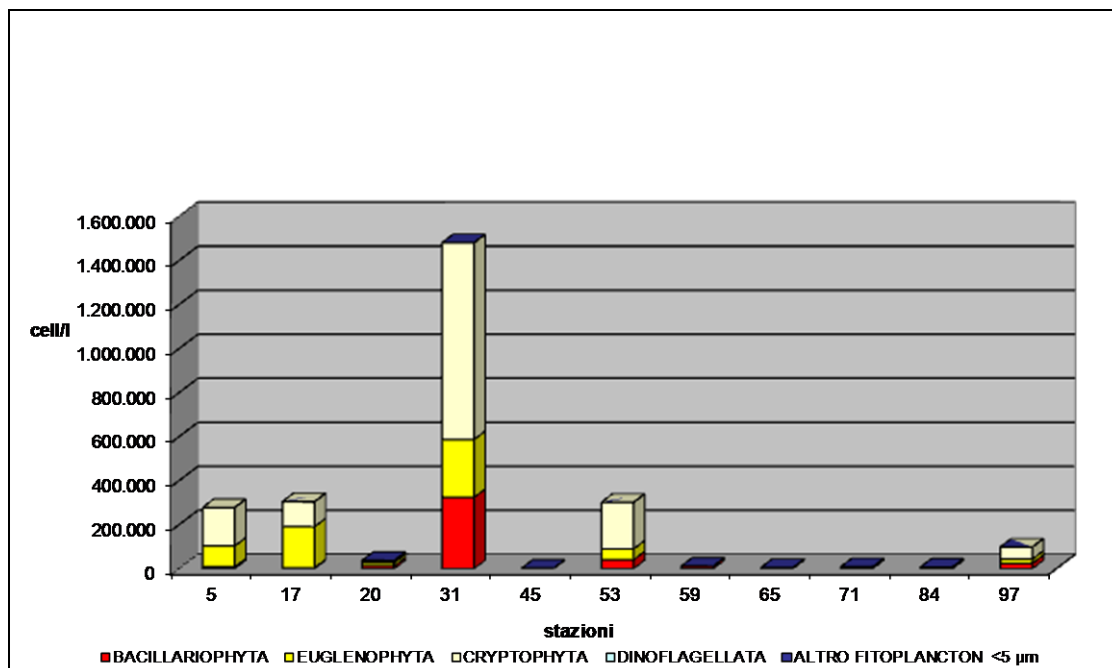


Grafico 3: fitoplancton nella campagna di febbraio 2009.

### *Campagna di maggio 2009*

Nella campagna di maggio 2009 le abbondanze fitoplanctoniche sono comprese tra un minimo di 8.840 cellule/l (rinvenuto nella stazione 71) ed un massimo di 2.073.540 cellule/l (rinvenuto nella stazione 17). Le diatomee costituiscono la componente principale della comunità con una percentuale di presenza pari al 67%, la restante parte è rappresentata dalle euglenoficee 30%, dinoflagellati 3%, le criptoficee e i microflagellati sono assenti (Grafico 4).

L'analisi quantitativa delle diatomee mette in evidenza una certa variabilità tra le diverse stazioni campionate. Oltre al picco alla stazione 17 ( $1 \cdot 10^6$  cellule/l), le maggiori concentrazioni si riscontrano nella laguna di Marano in corrispondenza delle stazioni 5 e 20 ( $500 \cdot 10^3$  cellule/l) mentre nella laguna di Grado la quantità è nettamente inferiore con una media pari a  $6,8 \cdot 10^3$  cellule/l.

I generi *Amphora*, *Cylindrotheca*, *Nitzschia*, *Cocconeis*, e *Pleurosigma* sono presenti nella maggior parte delle stazioni campionate. Tra le diatomee pennate assume notevole importanza *Cylindrotheca closterium* che raggiunge abbondanze superiori a  $400 \cdot 10^3$  cellule/l alla stazione 17.

Le diatomee pennate di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$  rappresentano il 34% dell'intera comunità diatomica e sono presenti in tutta l'area di studio, importante è la quantità rilevata nelle stazioni 17 e 20 (rispettivamente  $138 \cdot 10^3$  e  $378 \cdot 10^3$  cellule/l). Le specie marine sono scarsamente presenti; solo in corrispondenza della stazione 84 (laguna di Grado) sono state rinvenute poche cellule/l di *Dactyliosolen fragilissimus*, e nella stazione 31 troviamo *Chaetoceros sp.* e *Melosira sp.*

Le euglenoficee rappresentano la seconda componente della comunità fitoplanctonica con una percentuale di presenza pari al 30%. Questo raggruppamento tassonomico risulta presente solamente nella stazione 17 con una concentrazione pari a  $900 \cdot 10^3$  cellule/l.

Come nelle precedenti campagne sempre presente in concentrazioni basse è la classe dei dinoflagellati. Le specie più rappresentative sono *Gymnodinium sp.* (con elevate concentrazioni nella stazione 17), *Prorocentrum micans*, e tra le specie in grado di produrre tossine sono state identificati *Prorocentrum minimum*, *Dinophysis sp.* e *Alexandrium sp.*, presenti in minime quantità soprattutto nella laguna di Grado.

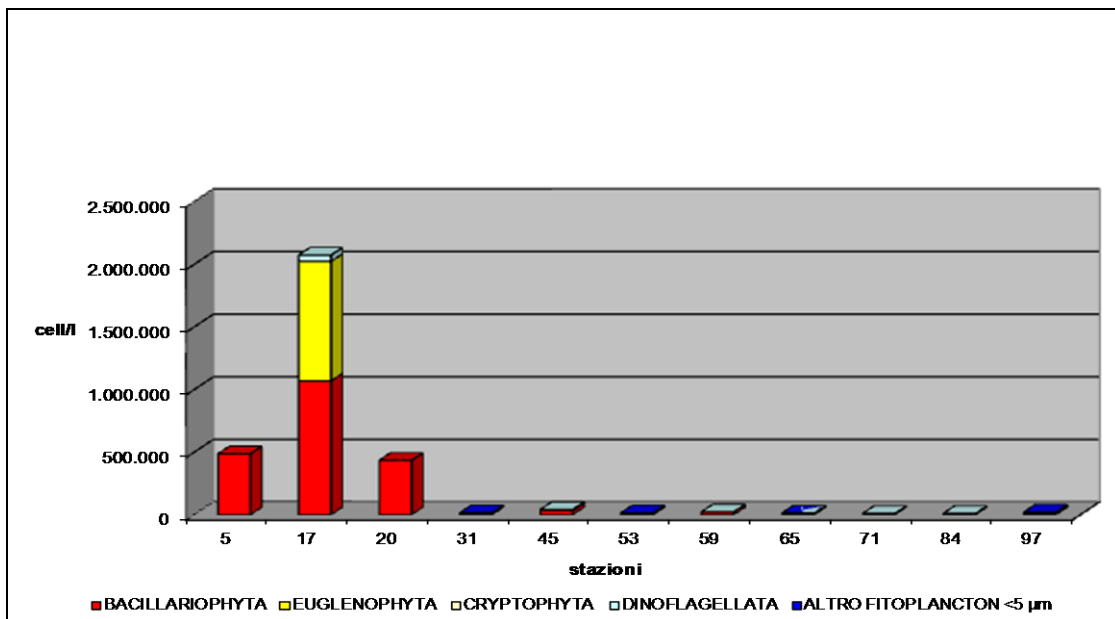


Grafico 4: fitoplancton nella campagna di maggio 2009.

### *Campagna di agosto 2009*

L'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche nella campagna di agosto 2009 è compreso tra un minimo di 14.520 cellule/l (rinvenuto nella stazione 59) ed un massimo di 21.393.667 cellule/l (rinvenuto nella stazione 17). In questo campionamento le diatomee hanno raggiunto una frequenza percentuale pari al 96% dell'intera comunità fitoplanctonica, modesto è stato il contributo delle altre componenti algali; non si è riscontrata inoltre la presenza dei microflagellati (Grafico 5).

Per quanto riguarda le diatomee, si osservano come nella precedente campagna estiva (luglio 2008) notevoli differenze quantitative tra le diverse stazioni. La quantità massima pari a  $21 \cdot 10^6$  cellule/l si registra alla stazione 17 posta in prossimità degli sbocco fluviale del Cormor. Oltre al picco algale alla stazione 17, le maggiori quantità si hanno in corrispondenza della stazione 84 (laguna di Grado) con concentrazioni pari a  $771 \cdot 10^3$  cellule/l e alla stazione 71 (sbocco del fiume Natissa) con concentrazioni pari a  $584 \cdot 10^3$  cellule/l. Nei rimanenti punti di campionamento la quantità media rilevata è pari a  $60 \cdot 10^3$  cellule/l. Tra le diatomee pennate assume notevole importanza *Cylindrotheca closterium* che raggiunge abbondanze superiori a  $21 \cdot 10^6$  cellule/l nella stazione 17 ed è presente in concentrazioni elevate alla stazione 71 ( $98 \cdot 10^3$  cellule/l). Tra le diatomee ad ampia diffusione spaziale, troviamo *Nitzschia*, *Cocconeis*, e *Licmophora*. In tutte le stazioni sono presenti diatomee pennate di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ , che rappresentano il 27% dell'intera comunità diatomica.

E' da rilevare inoltre la presenza di *Pseudo-nitzschia sp.*, alga potenzialmente tossica rinvenuta nelle stazioni 45 e 65.

Tra le specie marine sono da segnalare, *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Proboscia alata*, *Skeletonema sp.*, *Chaetoceros sp.*, e *Guinardia sp.*, riscontrate solo in corrispondenza della stazione 45.

Il contributo delle criptofite è piuttosto modesto con una percentuale di presenza pari al 3%. Le maggiori abbondanze sono state riscontrate nelle stazioni poste in prossimità degli sbocchi fluviali, (stazione 17 con concentrazioni maggiori di  $5 \cdot 10^3$

cellule/l, e stazione 71 con concentrazioni superiori a  $300 \cdot 10^3$  cellule/l). Oltre alle criptoficee, nella stazione 17 si osserva una certa abbondanza di euglenoficee ( $130 \cdot 10^3$  cellule/l), che nei rimanenti sottobacini sono scarsamente presenti.

I dinoflagellati non hanno un ruolo determinante nella composizione della comunità, e sono presenti in minima quantità nella maggior parte delle stazioni, con le abbondanze maggiori nelle stazioni 45 e 71.

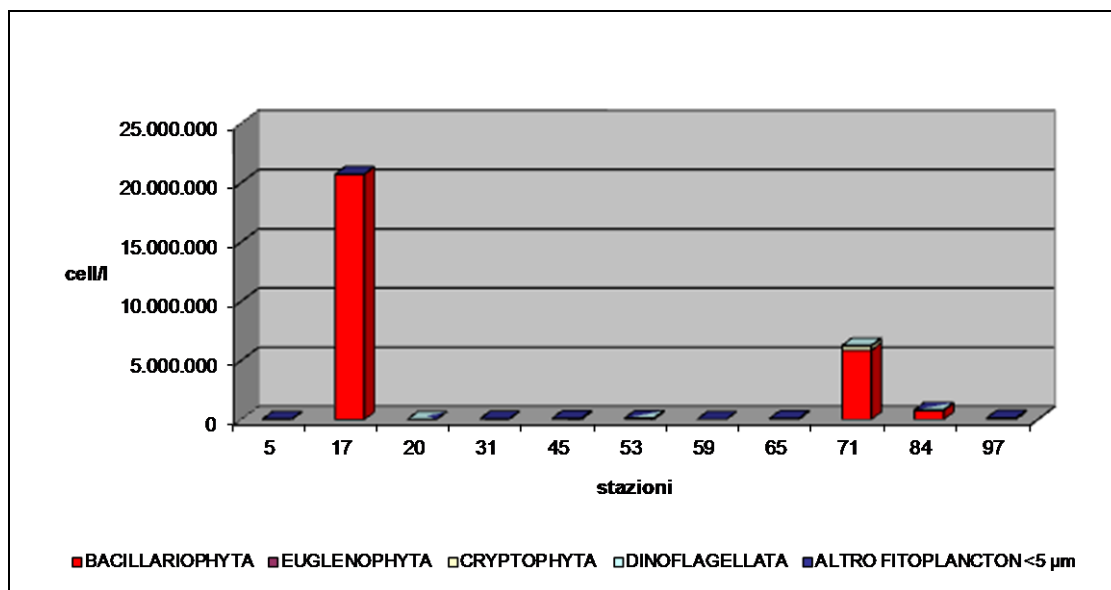


Grafico 5: fitoplancton nella campagna di agosto 2009.

### *Campagna di novembre 2009*

L'intervallo di variazione delle abbondanze è compreso tra un minimo di 8.760 cellule/l (rinvenuto nella stazione 5) e un massimo di 93.040 cellule/l (rinvenuto nella stazione 97).

Il campionamento di novembre 2009 evidenzia una notevole calo delle abbondanze fitoplanctoniche, rispetto alla campagna autunnale precedente (novembre 2008). Si deve inoltre sottolineare l'insolita e maggiore concentrazione riscontrata nella laguna di Grado rispetto a quella di Marano. La comunità fitoplanctonica è dominata dalle criptoficee (58%), seguono le diatomee 30% e i microflagellati (10%). Irrilevante è invece il contributo dei dinoflagellati e delle euglenoficee (Grafico 6).

Le criptofitee sono presenti in tutte le stazioni della laguna di Grado, le maggiori concentrazioni si hanno nelle stazioni 65 ( $181 \cdot 10^3$  cellule/l) e 71 ( $98 \cdot 10^3$  cellule/l). Per quanto riguarda la laguna di Marano la massima quantità rilevata pari a  $98 \cdot 10^3$  cellule/l si osserva alla stazione 53; nelle rimanenti stazioni 17, e 45 la quantità non supera le  $30 \cdot 10^3$  cellule/l.

Le diatomee rappresentano la seconda componente più abbondante della comunità. La distribuzione delle diatomee appare uniforme in tutta l'area di studio con una concentrazione media pari a  $19 \cdot 10^3$  nella laguna di Grado e  $10 \cdot 10^3$  cellule/l in quella di Marano. Solo in corrispondenza della stazione 17 si osserva un'incremento della quantità rilevata pari a  $107 \cdot 10^3$  cellule/l. Le diatomee osservate nella maggior parte delle stazioni appartengono ai generi *Cocconeis*, e *Cylindrotheca*, importante risulta la presenza delle diatomee pennate minori di 10  $\mu$ m.

E' da segnalare inoltre, per la possibile produzione di tossine, la presenza, seppur minima del genere *Pseudo-nitzschia* nelle stazioni 53, 59 e 97.

Rispetto alle campagne precedenti risulta maggiore lo sviluppo di specie marine. In particolare le stazioni 53 (laguna di Marano) e 97 (laguna di Grado) sono caratterizzate dalla presenza di *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros sp.*, *Guinardia striata*, e *Leptocylindrus danicus*. Nella laguna di Grado (stazione 59 e 65) sono state inoltre identificate, *Dactylosolen fragilissimus*, *Guinardia striata*, e *Guinardia flaccida*, presenti anche nelle stazioni 20, 31 e 45 della laguna di Marano. Nelle stazioni 5, 20, 53 e 97 si è riscontrata la presenza di poche cellule/l del genere *Skeletonema*.

I microflagellati rappresentano il 10% della comunità, e sono presenti esclusivamente nella stazione 71 con concentrazioni pari a  $88 \cdot 10^3$  cellule/l.

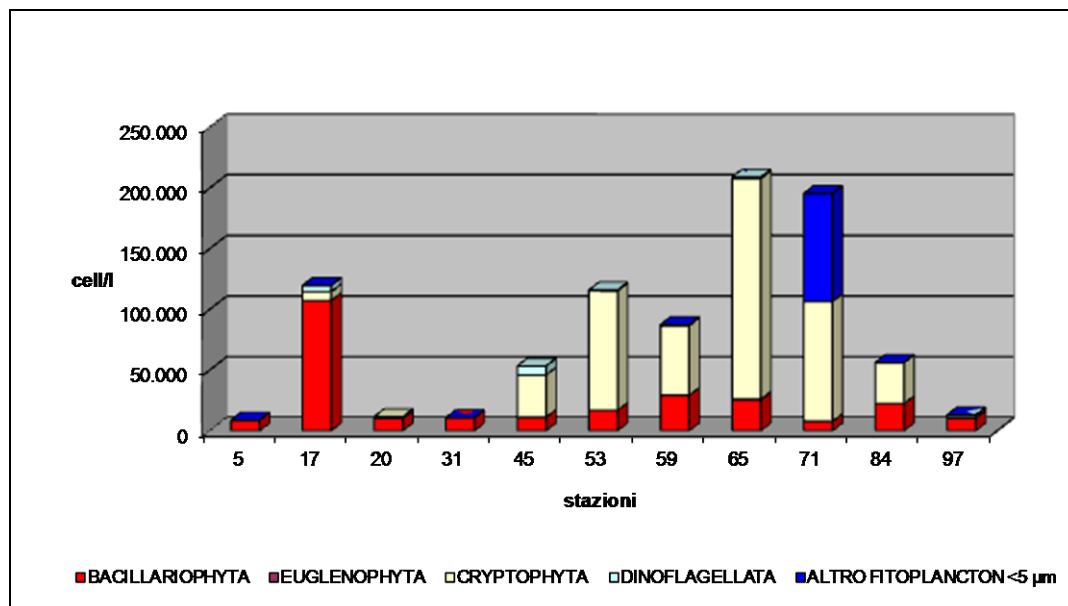


Grafico 6: fitoplancton nella campagna di novembre 2009.

#### *Campagna di febbraio 2010*

L'intervallo di variazione delle abbondanze è compreso tra un minimo di 6.560 cellule/l (rinvenuto nella stazione 65) e un massimo di 5.944.148 cellule/l (rinvenuto nella stazione 17).

A causa della modifica del piano di campionamento è esclusa dall'analisi del fitoplancton la stazione 45.

Le euglenoficee sono la componente principale della comunità, con una percentuale pari al 71%, la rimanente parte è costituita dai microflagellati 23%, e in minor misura dalle criptoficee 4%, e dalle diatomee 2%, mentre il contributo dei dinoflagellati è irrilevante (Grafico 7).

In questo campionamento si assiste ad un bloom di euglenoficee ( $5 \cdot 10^6$  cellule/l) nella stazione 17, mentre nelle rimanenti stazioni le concentrazioni risultano minime; solo in corrispondenza delle stazioni 20 e 59 le quantità rilevate sono comprese tra  $16$  e  $20 \cdot 10^3$  cellule/l.

L'analisi quantitativa dei microflagellati mette in evidenza differenze importanti tra le diverse stazioni. Le maggiori concentrazioni si hanno in corrispondenza delle stazioni 97 ( $454 \cdot 10^3$  cellule/l) e 59 ( $849 \cdot 10^3$  cellule/l) nelle quali i microflagellati



rappresentano il 90% dell'intera comunità, mentre risultano assenti nelle rimanenti stazioni del medesimo bacino. Nella laguna di Marano non si osservano nella stazione 17, mentre nei rimanenti sottobacini la concentrazione è compresa tra 100 e  $246 \cdot 10^3$  cellule/l.

Le criptoficee sono presenti in tutte le stazioni campionate. Le maggiori abbondanze si osservano nella laguna di Marano in corrispondenza delle stazioni 17 ( $79 \cdot 10^3$ ) e 53 ( $98 \cdot 10^3$ ), mentre nelle rimanenti stazioni di campionamento sono scarsamente presenti.

Le diatomee risultano distribuite in modo uniforme nell'area di studio, i valori medi risultano pari a  $8 \cdot 10^3$  e  $12 \cdot 10^3$  cellule/l rispettivamente nella laguna di Marano e di Grado; solo nella stazione 17 la concentrazione è maggiore ( $79 \cdot 10^3$ ).

Tra le diatomee che manifestano un'ampia diffusione spaziale si evidenziano i generi *Cocconeis* e *Cylindrotheca*, ed è importante la presenza delle diatomee pennate minori di 10  $\mu\text{m}$ . Vista l'elevata salinità rilevata in questa campagna, soprattutto nella laguna di Grado (compresa tra 30 e 34 psu) si sono riscontrate, anche se in minima quantità specie marine appartenenti ai generi *Skeletonema* e *Chaetoceros* nella maggior parte delle stazioni.

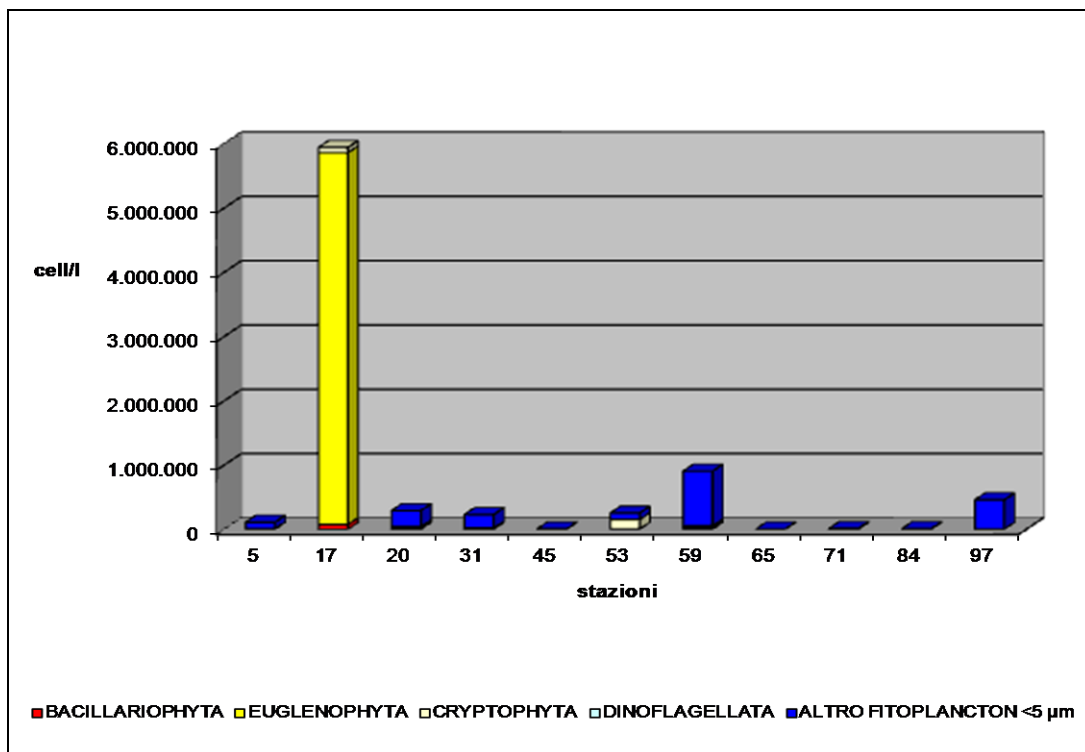


Grafico 7: fitoplancton nella campagna di febbraio 2010.

### *Campagna di maggio 2010*

Nella campagna di maggio 2010 le abbondanze fitoplanctoniche sono comprese tra un minimo di 5.200 cellule/l (rinvenuto nella stazione 5) ed un massimo di 1.195.847 cellule/l (rinvenuto nella stazione 17). I microflagellati sono la componente principale della comunità con una percentuale pari al 49,7%, la restante parte è rappresentata dalle criptoficee 25%, diatomee 25%, e dai dinoflagellati 0,3%; è da evidenziare inoltre la completa assenza delle euglenoficee (Grafico 8).

A causa della modifica del piano di campionamento sono escluse dall'analisi del fitoplacton le stazioni 45 e 53, e a causa della notevole quantità di sedimento non è stato possibile analizzare il campione raccolto alla stazione 97.

L'analisi quantitativa dei microflagellati mette in evidenza una certa variabilità tra le diverse stazioni. Le concentrazioni più elevate si riscontrano nella laguna di Marano in corrispondenza dello sbocco fluviale del Cormor (stazione 17) con abbondanze pari a  $493 \cdot 10^3$  cellule/l; nei rimanenti sottobacini una certa abbondanza si registra

solo in corrispondenza della stazione 20 ( $98 \cdot 10^3$  cellule/l). Nella laguna di Grado i microflagellati sono presenti in tutte le stazioni, il valore massimo si rileva nella stazione 71 ( $139 \cdot 10^3$  cellule/l), mentre nei rimanenti sottobacini i valori medi sono pari a  $14 \cdot 10^3$  cellule/l.

Le diatomee rappresentano la seconda componente maggiormente abbondante della comunità. In questa campagna si riscontrano presenze significative solo in corrispondenza della stazione 17 ( $300 \cdot 10^3$  cellule/l), e della stazione 59 ( $28 \cdot 10^3$  cellule/l). Nelle altre stazioni la quantità è minore di  $6 \cdot 10^3$  cellule/l. Dal punto di vista qualitativo le diatomee sono costituite per l'85% da diatomee pennate di dimensioni inferiori a 10  $\mu\text{m}$ ; tra le pennate solo il genere *Cocconeis* è stato rinvenuto in tutte le stazioni campionate, mentre *Navicula sp.*, *Cylindrotheca closterium*, *Pleurosigma sp.*, *Diatoma sp.*, sono presenti in modo puntiforme.

Poco rilevante risulta la presenza di specie marine: solo in corrispondenza della stazione 97 si osservano poche cellule/l appartenenti al genere *Chaetoceros*.

Le criptoficee, rappresentano una frazione importante della comunità fitoplanctonica con una percentuale di presenza pari al 25%. Una certa abbondanza pari a  $364 \cdot 10^3$  cellule/l si riscontra solo in corrispondenza della stazione 17, nelle rimanenti stazioni la concentrazione è minima.

Il contributo dei dinoflagellati è modesto, la distribuzione risulta omogenea con concentrazioni medie inferiori a  $2 \cdot 10^3$  cellule/l.

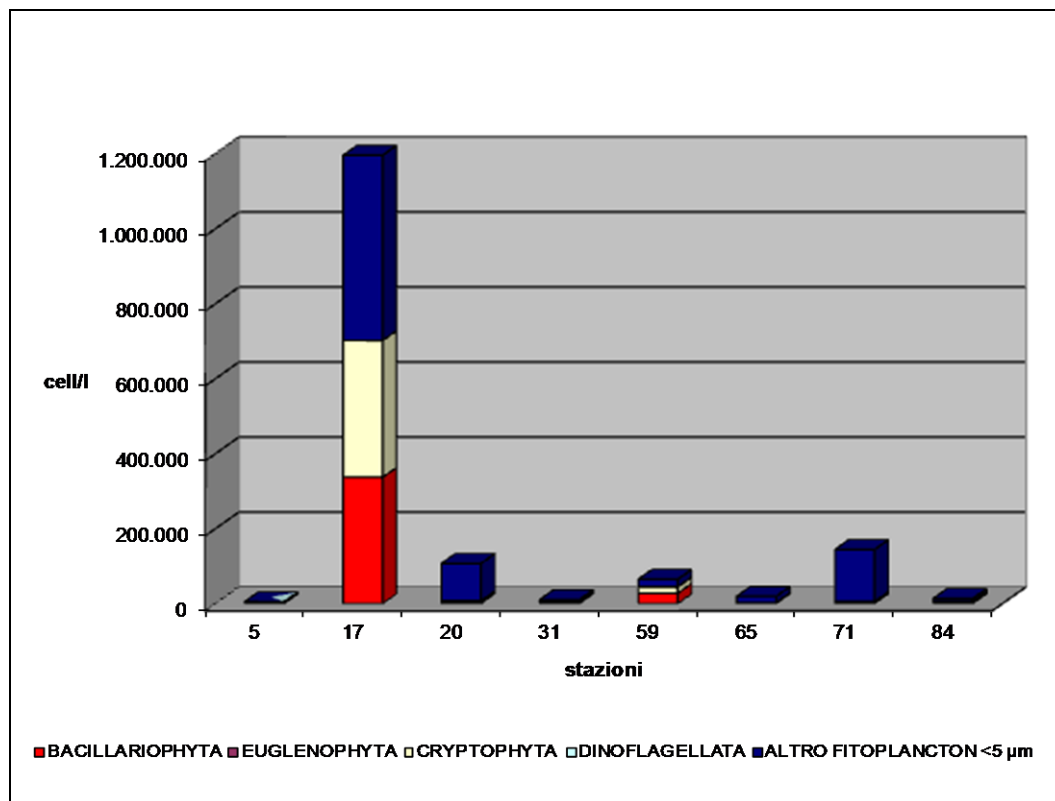


Grafico 8: fitoplancton nella campagna di maggio 2010.

### *Campagna di agosto 2010*

L'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche nella campagna di agosto 2010 è risultato compreso tra un minimo di 5.520 cellule/l (rinvenuto nella stazione 5) ed un massimo di 3.628.695 cellule/l (rinvenuto nella stazione 17). Le diatomee sono risultate essere la componente principale della comunità fitoplanctonica con una frequenza percentuale del 66%; importante inoltre è il contributo dei microflagellati (24%), seguito dalle criptoficee (9%), mentre sono irrilevanti i dinoflagellati, ed assenti le euglenoficee (Grafico 9).

A causa della modifica del piano di campionamento sono escluse dall'analisi del fitoplancton le stazioni 45 e 53, e a causa della notevole quantità di sedimento non è stato possibile analizzare i campioni raccolti nelle stazioni 20 e 65.

Rispetto alle precedenti campagne estive le abbondanze fitoplanctoniche hanno subito un forte calo nella maggior parte delle stazioni di campionamento; solo in

corrispondenza dei principali sbocchi fluviali (stazioni 17 e 71) si osservano concentrazioni rispettivamente di  $3,6 \cdot 10^6$  e  $1,1 \cdot 10^6$  cellule/l, mentre nelle altre stazioni le abbondanze sono nettamente inferiori (comprese tra  $5 \cdot 10^3$  e  $54 \cdot 10^3$  cellule/l).

Le diatomee, sono presenti in elevate concentrazioni solo nella stazione 17 ( $3 \cdot 10^6$  cellule/l) mentre nei rimanenti sottobacini la concentrazione si mantiene al di sotto di  $10 \cdot 10^3$  cellule/l.

Tra le diatomee ad ampia diffusione spaziale si evidenziano: *Cylindrotheca closterium*, *Cocconeis sp.*, *Licmophora sp.*, *Pleurosigma sp.*, e il genere *Nitzschia*; importante risulta inoltre la presenza delle diatomee pennate di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ .

Tra le diatomee pennate assume particolare importanza *Cylindrotheca closterium* che oltre ad essere una delle specie più diffuse, si ritrova abbondante in corrispondenza della stazione 17, soprattutto nei mesi estivi.

Tra le specie marine sono da segnalare *Cerataulina pelagica* e *Guinardia flaccida*, riscontrate soprattutto nella laguna di Grado.

A differenza dei precedenti campionamenti, si evidenzia la completa assenza dei microflagellati nella laguna di Marano, mentre nei rimanenti sottobacini la concentrazione è compresa tra  $17 \cdot 10^3$  e  $46 \cdot 10^3$  cellule/l, con un netto aumento nella stazione 71 ( $1 \cdot 10^6$  cellule/l).

Le criptofite sono state riscontrate solo nella laguna di Marano in corrispondenza della stazione 17 con concentrazioni superiori a  $4 \cdot 10^3$  cellule/l.

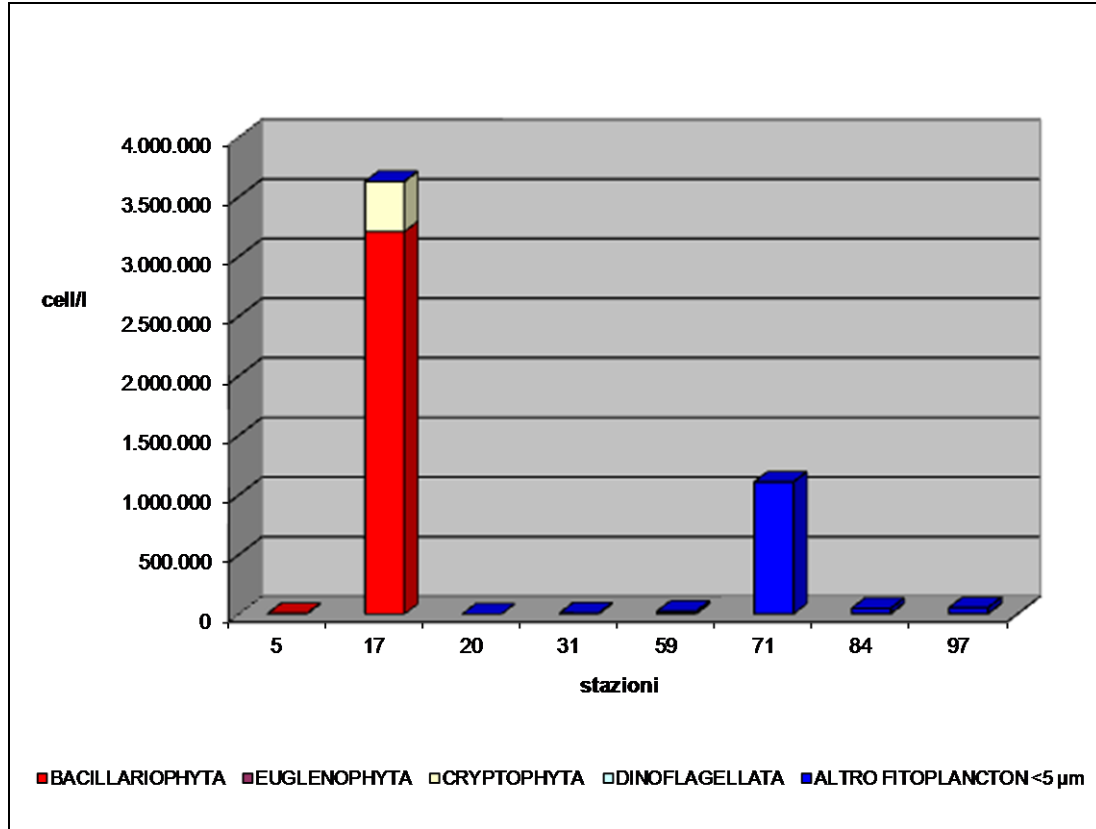


Grafico 9: fitoplancton nella campagna di agosto 2010.

### *Analisi della diversità della comunità fitoplanctonica*

La diversità ( $H'$  di Shannon) calcolata nel biennio di campionamento (Grafico 10) ha presentato valori estremamente eterogenei tra le stazioni campionate. L'indice di diversità di Shannon più elevato pari a 2,35 si è osservato nella stazione 45 nel campionamento di agosto 2009, mentre il valore minimo pari a 0,15 è stato osservato nella stazione 17 nel campionamento di febbraio 2010. Quest'ultima stazione ha presentato bassi valori di diversità nella maggior parte dei campionamenti e ciò è imputabile ai bloom algali che la caratterizzano. Le minori variazioni dell'indice di diversità tra le diverse stazioni, si sono osservate nel campionamento di maggio 2009 nel quale, i valori erano compresi tra 1,50 e 2,10. Durante il periodo di studio si è osservato, come questo indice tenda a decrescere nel periodo primaverile estivo, in particolare in corrispondenza delle stazioni 65, 71, 84 e 97 della laguna di Grado, nella quale si rilevano sempre i valori più bassi. Nel periodo autunno invernale la

diversità è maggiore, ad eccezione del campionamento di febbraio 2010 dove si è avuto un netto decremento dell'indice di Shannon, nella maggior parte delle stazioni.

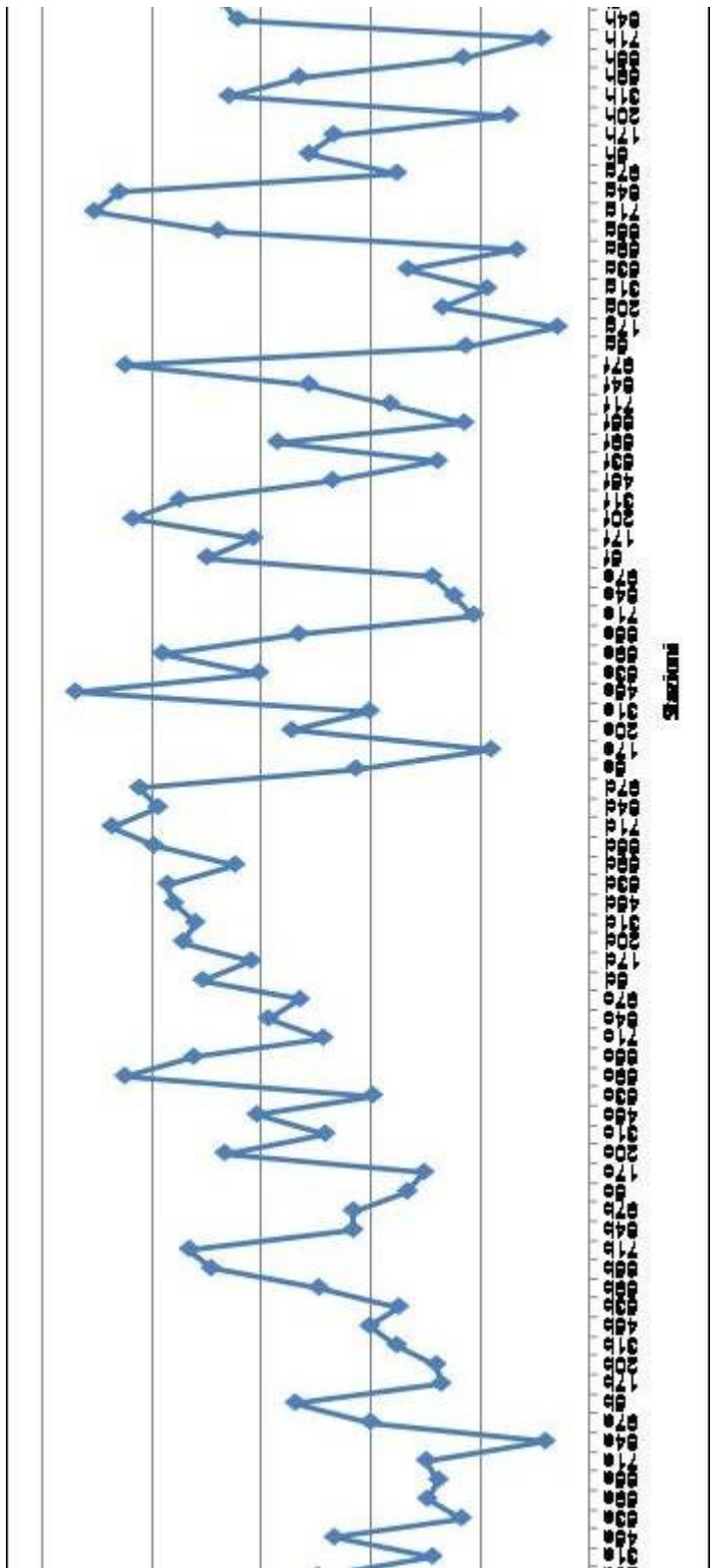


Grafico 10:andamento dell'indice di Shannon nel biennio 2008-2010.



### *Analisi del profilo verticale della colonna d'acqua*

Di seguito vengono presentate le variazioni delle principali variabili, ovvero temperatura, salinità, % di ossigeno alla saturazione, clorofilla *a*, misurati nei primi 40 cm di profondità, in ciascuna campagna di misura (allegati: Tabelle 25-33). In questo paragrafo verranno inoltre analizzate le variazioni dei principali nutrienti per ciascuna campagna di misura (allegati: Tabelle 34-42).

### *Campagna luglio 2008*

#### Temperatura

Nella campagna di luglio 2008 i valori di temperatura sono compresi tra un minimo di 26,8 °C (stazione 45) e un massimo di 29,3 °C (stazione 71).

In questo campionamento sono state osservate variazioni spaziali di questo parametro. Nella laguna di Marano i valori minimi (rispettivamente pari a 27,2 e 26,8 °C), sono stati registrati in corrispondenza delle stazioni 31 e 45; nelle rimanenti stazioni del medesimo bacino le temperature sono comprese tra 27,4 e 28,5 °C. Nella laguna di Grado la temperatura minima pari a 27,6 °C è stata osservata in corrispondenza della stazione 97, nelle rimanenti stazioni le temperature sono comprese tra 27,7 e 29,3 °C.

Nella maggior parte delle stazioni i valori termici delle acque superficiali sono più elevati rispetto a quelli di fondo, ad eccezione delle stazioni 17 e 53 dove invece si è verificata una seppur minima inversione termica.

#### Salinità

I valori della salinità sono compresi tra un minimo di 16,4 psu (stazione 17) e un massimo di 33,5 psu (stazione 97). Dall'analisi dei dati si evidenzia una certa variabilità in termini spaziali del parametro salinità. Le stazioni poste nella laguna di Marano presentano un'intervallo compreso tra 16,4 e 31,0 psu, mentre a Grado tale variazione è compresa tra 28,5 e 33,5 psu; la maggiore salinità riscontrata nella laguna di Grado è da imputarsi al minor apporto di acqua dolce che interessa questo comparto lagunare.

Bisogna infine ricordare che nei giorni precedenti al campionamento le condizioni meteorologiche erano stabili e le portate fluviali si presentavano inferiori alla media, ciò giustifica l'elevata salinità riscontrata nella maggior parte dei sottobacini lagunari.

#### Ossigeno disciolto

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto espresso come percentuale di saturazione, i valori rilevati sono compresi tra un minimo pari a 89,7% (stazione 20) e un massimo pari a 182,8% (stazione 17). In questa campagna il valore di ossigeno disciolto alla stazione 17 è quello massimo rilevato durante il periodo di studio, cui corrisponde un'elevata produttività biologica in questo settore della laguna. Altri valori elevati sono stati registrati in corrispondenza delle stazioni poste in prossimità degli sbocchi fluviali Aussa Corno e Natissa (stazioni 45 e 71), mentre nei rimanenti sottobacini i valori si mantengono appena al di sopra della sovrasaturazione.

In tutte le stazioni campionate i valori di fondo dell'ossigeno disciolto sono risultati essere maggiori rispetto a quelli superficiali.

#### Clorofilla *a*

I valori di clorofilla *a*, misurati in loco tramite fluorimetro associato alla sonda, si mantengono piuttosto bassi, nella quasi totalità delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/l; solo in corrispondenza della stazione 17 si ha un picco di concentrazione con valori medi, nei primi 40 cm di altezza della colonna d'acqua, pari a 12,7 µg/l.

#### *Campagna novembre 2008*

##### Temperatura

Nella campagna di novembre 2008 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 6,8 °C (stazione 31) e un massimo di 10,9 °C (stazione 45).

I valori medi più elevati si sono registrati in corrispondenza delle stazioni poste in prossimità dei principali sbocchi fluviali: stazione 17 (sbocco fluviale Cormor), stazione 45, (sbocco fluviale Aussa Corno) e stazione 71 (sbocco fluviale Natissa), mentre i valori minimi si sono osservati in corrispondenza delle stazioni poste nella

parte centrale delle due lagune (stazione 31 e stazione 65). Un gradiente termico inverso dalla superficie al fondo di circa 3 °C si evidenzia nelle stazioni: 5, 17, 20, 45, 53, 59 ed è associabile sia all'influenza degli apporti fluviali con temperature inferiori rispetto alle acque lagunari che al raffreddamento delle acque lagunari superficiali rispetto a quelle di provenienza marina.

#### Salinità

I valori della salinità sono compresi tra un minimo di 11,4 psu (stazione 17) e un massimo di 29,6 psu (stazione 31). In questa campagna si evidenzia una certa variabilità in termini spaziali del parametro salinità. La laguna di Marano è caratterizzata da valori di salinità minori, in quanto notevolmente influenzata dagli apporti di acqua dolce del fiume Cormor e Aussa Corno. L'intervallo risulta compreso tra 11,4 e 29,6 psu mentre nelle stazioni di Grado tale variazione è compresa tra 24,4 e 28,1 psu.

I valori medi più elevati si sono riscontrati in corrispondenza della stazione 59 (antistante la bocca di Porto Buso) e della stazione 31 (posta nella parte centrale della laguna di Marano).

#### Ossigeno disciolto

I valori di saturazione dell'ossigeno sono compresi tra 93,4% (stazione 31) e 108,0% (stazione 71). Il range di variazione dell'ossigeno appare alquanto ristretto, i valori seguono un andamento simile con minime differenze tra le diverse stazioni.

In tutta l'area di studio l'ossigeno disciolto assume valori maggiori del 90% di saturazione; le concentrazioni più elevate si riscontrano in corrispondenza della stazione 71, (posta allo sbocco del fiume Natissa) e della stazione 45 (posta in prossimità dello sbocco fluviale del fiume Aussa Corno). Si evidenzia inoltre la tendenza alla decrescita della concentrazione dell'ossigeno nella laguna di Marano nell'area più orientale (stazioni: 5, 20 e 17).

### Clorofilla *a*

La distribuzione della clorofilla *a* è compresa tra un minimo di 0,4 µg/l (stazione 97) e un massimo di 14,3 µg/l (stazione 17).

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella quasi totalità delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/l. Le concentrazioni di clorofilla *a* risultano superiori rispetto al valore medio, nelle stazioni 45 e 53, e in corrispondenza della 17, dove si rileva un picco di concentrazione con valori medi, pari a 11,1 µg/l analogamente a quanto si osserva per le abbondanze fitoplanctoniche.

### *Campagna di febbraio 2009*

#### Temperatura

Nella campagna di febbraio 2009 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 8,3 °C (stazione 17) e un massimo di 9,3 °C (stazione 45).

Non sono state osservate, come nella campagna precedente, differenze significative del parametro temperatura tra le due lagune. I valori più elevati si sono registrati in corrispondenza degli sbocchi fluviali Aussa Corno (stazione 45) e Natissa (stazione 71). Nelle rimanenti stazioni i valori medi di temperatura registrati nei primi 40 cm di profondità sono simili con un minimo incremento nella laguna di Grado; solo in corrispondenza della stazione 17 (sbocco Cormor) si nota una diminuzione termica.

Un gradiente termico inverso dalla superficie al fondo di circa 1 °C si osserva nella stazione 17, ed è associabile all'influenza degli apporti fluviali con temperature inferiori rispetto alle acque lagunari.

#### Salinità

I valori della salinità sono compresi tra un minimo di 8,7 psu (stazione 17) e un massimo di 26,8 psu (stazione 97). Dall'analisi dei dati si osserva una certa variabilità in termini spaziali del parametro salinità; nella laguna di Marano e in particolare nelle aree poste in prossimità dello sbocco fluviale del Cormor (stazioni 5, 20 e 17) si assiste ad una notevole diminuzione della salinità con valori medi inferiori a 17,0 psu, mentre nelle rimanenti stazioni la concentrazione salina si

mantiene al di sopra dei 23,0 psu, raggiungendo i valori massimi nella laguna di Grado (stazioni 84 e 97).

Rispetto alla campagna precedente i valori di salinità sono nettamente inferiori a causa soprattutto delle abbondanti precipitazioni che si sono verificate nei giorni precedenti al campionamento che hanno probabilmente influito sulla diluizione delle masse d'acqua lagunari.

#### Ossigeno disciolto

I valori di saturazione dell'ossigeno sono compresi tra 83,4% (stazione 17) e 102,8% (stazione 97). L'andamento dei valori dell'ossigeno nelle diverse stazioni è simile a quello rilevato nella campagna precedente. La percentuale di saturazione dell'ossigeno si mantiene al di sopra del 90% nella maggior parte delle stazioni, solo nella laguna di Marano in corrispondenza delle stazioni 17 e 20 si osserva, un lieve decremento. Le concentrazioni più elevate si sono registrate in corrispondenza della stazione 71, (posta allo sbocco del fiume Natissa) analogamente al campionamento precedente.

#### Clorofilla a

Nella campagna di febbraio 2009 i valori di clorofilla risultano compresi tra un minimo pari a 0,4 µg/l (stazione 59) e un massimo pari a 2,5 µg/l (stazione 31). Nella maggior parte delle stazioni i valori si mantengono al di sotto di 1,0 µg/l; solo in corrispondenza delle stazioni 17 e 20 subiscono un'incremento fino a raggiungere il valore massimo pari a 2,5 µg/l nella stazione 31. Tali valori sono in accordo con le abbondanze fitoplanctoniche riscontrate nelle medesime stazioni.

#### *Campagna di maggio 2009*

##### Temperatura

Nella campagna di maggio 2009 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 22,0 °C (stazione 45) e un massimo di 28,2 °C (stazione 65).

Esistono notevoli differenze di temperatura tra le diverse stazioni campionate; i valori medi di temperatura registrati nella laguna di Grado risultano maggiori di 25,0 °C, mentre nella laguna di Marano la media è nettamente inferiore, di poco superiore ai 22,0 °C. La temperatura minima è stata osservata in corrispondenza dello sbocco fluviale Aussa Corno (stazione 45), valori tra i più bassi si registrano inoltre in corrispondenza dello sbocco del Cormor (stazione 17). Da sottolineare le elevate temperature medie riscontrate nelle stazioni 65 e 71 rispettivamente pari a 28,1 e 27,5 °C paragonabili a quelle rilevate nei campionamenti estivi.

#### Salinità

L'intervallo di variazione della salinità è compreso tra un minimo di 19,5 psu (stazione 17) e un massimo di 31,2 psu (stazione 84).

Le stazioni poste nella laguna di Marano presentano un range compreso tra 19,5 e 24,6 psu mentre a Grado tale variazione è tra 27,9 e 31,2 psu. Rispetto ai precedenti campionamenti la laguna di Marano presenta una salinità media nettamente superiore, inoltre in prossimità dello sbocco del fiume Cormor non si osserva un forte decremento della concentrazione salina, come nei precedenti campionamenti.

#### Ossigeno disciolto

In questo campionamento la concentrazione di ossigeno disciolto presenta ampie fluttuazioni nelle diverse stazioni campionate con valori compresi tra un minimo pari a 97,1% (stazione 65) e un massimo pari a 143,6% (stazione 53).

In questa campagna nella maggior parte delle stazioni i valori di ossigeno disciolto si sono mantenuti al di sopra della saturazione, solo in corrispondenza delle stazioni 5 e 65 risultano lievemente inferiori al 100%.

Nella laguna di Marano i valori medi più elevati si sono avuti in corrispondenza delle stazioni 53 e 17, mentre il minimo è stato rilevato nella stazione 5. Nelle stazioni della laguna di Grado i valori medi risultano maggiori del 120% ad eccezione delle stazioni sopramenzionate 5 e 65.

In tutte le stazioni campionate i valori di fondo di ossigeno disciolto sono risultati essere maggiori rispetto a quelli registrati superficiali.

#### Clorofilla *a*

La variazione della clorofilla *a* è compresa tra un minimo di 0,4 µg/L (stazione 59) e un massimo di 5,9 µg/L (stazione 17).

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella maggior parte delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/L. Le maggiori concentrazioni si sono registrate in corrispondenza delle stazioni 5, 20, e 17; in quest'ultimo sito di campionamento si ha un netto incremento della clorofilla *a* con concentrazioni medie superficiali pari a 5,6 µg/L, in accordo con le elevate concentrazioni fitoplanctoniche rilevate in questo settore della laguna.

#### *Campagna di agosto 2009*

##### Temperatura

Nella campagna di agosto 2009 le temperature rilevate si sono mantenute entro un range molto simile al campionamento di luglio 2008, con valori compresi tra un minimo di 26,4 °C (stazione 45) e un massimo di 28,5 °C (stazione 71).

Come nel precedente campionamento estivo si sono registrate variazioni spaziali del parametro temperatura. Nella laguna di Marano i valori minimi di temperatura sono stati rilevati nelle stazioni poste in prossimità dei principali sbocchi fluviali: Cormor (stazione 17) e Aussa Corno (stazione 45), nelle rimanenti stazioni la temperatura media è maggiore di 27,0 °C. Nella laguna di Grado la temperatura media supera i 28,0 °C, solo nella stazione 97 risulta inferiore e pari a 27,2 °C.

Come nel campionamento di luglio 2008, nella maggior parte delle stazioni i valori termici delle acque superficiali sono risultati essere più elevati rispetto a quelli di fondo, ad eccezione delle stazioni 17, 31, e 59 dove invece si è verificata una seppur minima inversione termica.

### Salinità

I valori di salinità risultano compresi tra un minimo di 16,9 psu (stazione 17) e un massimo di 34,0 psu (stazione 45). Le stazioni poste nella laguna di Marano presentano un'intervallo compreso tra 16,9 e 34,0 psu mentre a Grado tale variazione è compresa tra 26,3 e 33,8 psu. In questo campionamento tutte le stazioni presentano una salinità media nettamente superiore rispetto alle altre campagne di misura, inoltre nella stazione 17, non si osserva una netta diminuzione del parametro salinità, a causa delle scarse precipitazioni che caratterizzano il mese di agosto 2009 e di conseguenza ai minimi apporti di acqua dolce in laguna.

### Ossigeno disciolto

Nella campagna di agosto 2009 l'ossigeno disciolto espresso come percentuale di saturazione, presenta un range compreso tra un minimo pari a 93,8 % (stazione 65) e un massimo pari a 126,0 % (stazione 20). In questa campagna i valori medi di ossigeno si sono mantenuti al di sopra della saturazione, solo in corrispondenza della stazione 65 risultano lievemente inferiori.

I valori più elevati si sono registrati nelle stazioni poste in corrispondenza dei principali sbocchi fluviali: stazione 45 e 71. Rispetto al campionamento di luglio 2008, nella stazione 17 si assiste ad un forte calo della concentrazione di ossigeno, che si mantiene comunque al di sopra della sovrasaturazione.

### Clorofilla *a*

La distribuzione della clorofilla *a* presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 0,5 µg/l (stazione 20) e un massimo di 5,9 µg/l (stazione 17).

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella quasi totalità delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/l. In corrispondenza delle stazioni 17, 65 e 71 le concentrazioni risultano maggiori, analogamente a quanto si osserva per le abbondanze fitoplanctoniche.



### *Campagna di novembre 2009*

#### Temperatura

I valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 12,8 °C (stazione 17) e un massimo di 13,7 °C (stazione 20).

Rispetto alla precedente campagna autunnale, le temperature registrate sono nettamente superiori. Non sussistono notevoli variazioni di temperatura nei diversi sottobacini lagunari, l'andamento è simile in tutte le stazioni, con una variazione pari a 0,9 °C rispetto ai 4,0 °C del mese di novembre 2008. I valori medi più elevati si sono registrati in corrispondenza della stazione posta in prossimità dello sbocco fluviale Aussa Corno (stazione 45), e nelle stazioni 84 e 97 della laguna di Grado. Come nella precedente campagna i valori minimi di temperatura sono stati registrati nelle stazioni poste nella parte centrale delle due lagune (stazione 31 e stazione 65), inoltre un gradiente termico inverso dalla superficie al fondo si osserva nelle stazioni: 5, 17, 20, 45, 53, ed è associabile sia all'influenza degli apporti fluviali con temperature inferiori rispetto alle acque lagunari che al raffreddamento delle acque lagunari superficiali rispetto a quelle di provenienza marina.

#### Salinità

I valori di salinità sono compresi tra un minimo di 15,2 psu (stazione 17) e un massimo di 32,7 psu (stazione 84). Le stazioni poste nella laguna di Marano presentano un'intervallo compreso tra 15,2 e 30,3 psu mentre a Grado i valori di salinità sono maggiori di 29,0 psu.

I valori medi più elevati si sono riscontrati in corrispondenza della stazione 59 (antistante la bocca di Porto Buso) e nelle stazioni 84 e 97 della laguna di Grado.

#### Ossigeno disciolto

Nella campagna di novembre 2009 i valori di saturazione dell'ossigeno sono compresi tra 68,4% (stazione 17) e 83,4% (stazione 71).

Rispetto alla precedente campagna autunnale le concentrazioni sono nettamente inferiori in tutte le stazioni, al di sotto della saturazione.

I valori seguono un andamento simile con minime differenze tra le stazioni, fa eccezione la stazione 17 posta in prossimità dello sbocco fluviale del Cormor, dove si osserva un netto decremento dell'ossigeno che raggiunge il valore minimo in questa campagna, e la stazione 71 con il valore massimo pari a 83,4%.

#### Clorofilla *a*

La clorofilla *a* presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 0,5 µg/l (stazione 5) e un massimo di 1,1 µg/l (stazione 17). L'andamento è molto simile in tutte le stazioni, con minime differenze tra la laguna di Grado e Marano. Non si osserva in corrispondenza della stazione 17, come nelle precedenti campagne, un picco di concentrazione della clorofilla *a*, a conferma delle minori abbondanze fitoplanctoniche riscontrate.

#### *Campagna di febbraio 2010*

##### Temperatura

Nella campagna di febbraio 2010 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 5,0 °C (stazione 65) e un massimo di 7,5 °C (stazione 17).

Nella maggior parte delle stazioni le temperature rilevate sono nettamente inferiori rispetto alla campagna invernale precedente (febbraio 2009). Nella laguna di Marano le temperature medie sono maggiori rispetto a quelle di Grado. I valori più elevati si sono registrati nell'area più orientale della laguna di Marano in particolare allo sbocco fluviale del Cormor (stazione 17), e in corrispondenza delle stazioni 5 e 20 con valori compresi tra 6,6 e 7,5 °C, mentre le stazioni di Grado le temperature variano tra 5,4 e 6,4 °C.

##### Salinità

I valori di salinità presentano un'intervallo compreso tra un minimo di 16,0 psu (stazione 5) e un massimo di 34,8 psu (stazione 84). Nelle aree poste in prossimità dello sbocco fluviale del Cormor (stazioni 5 e 17) si assiste ad una diminuzione della salinità con valori medi compresi tra 16,0 e 20,0 psu, nelle rimanenti stazioni la

concentrazione salina si mantiene al di sopra dei 27,0 psu, raggiungendo i valori massimi nella laguna di Grado (stazioni 84 e 97).

In questa campagna le concentrazioni saline si mantengono elevate nella maggior parte delle stazioni, inoltre la diminuzione della salinità alla stazione 17 non è così evidente come nel precedente campionamento invernale, ciò è dovuto alle scarse precipitazioni che si sono registrate nel mese di febbraio 2010.

#### Ossigeno disciolto

I valori di saturazione dell'ossigeno sono compresi tra 94,2% (stazione 20) e 126,1% (stazione 17). Non si evidenziano differenze significative della concentrazione di ossigeno nelle diverse stazioni. La percentuale di saturazione dell'ossigeno si mantiene al di sopra del 100% nella maggior parte delle stazioni, solo nella laguna di Marano in corrispondenza della stazione 17 si evidenzia un netto incremento fino a raggiungere valori pari a 126,1%.

#### Clorofilla *a*

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella maggior parte delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/l; solo in corrispondenza della stazione 17 si osserva un netto incremento della clorofilla *a* con concentrazioni medie pari a 18,20 µg/l.

#### *Campagna maggio 2010*

##### Temperatura

Nella campagna di maggio 2010 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 16,3 °C (stazione 17) e un massimo di 20,4 °C (stazione 97).

In tutte le stazioni le temperature registrate sono nettamente inferiori rispetto alla precedente campagna primaverile (maggio 2009).

Nella laguna di Marano le temperature medie sono minori rispetto a quelle di Grado. Il range di variazione nella laguna di Marano è compreso tra 16,3 e 17,5 °C, mentre a Grado tra 17,5 e 20,4 °C.

In questa campagna non si osserva la presenza di due differenti regimi termici, in tutte le stazioni i valori medi superficiali sono simili a quelli di fondo.

### Salinità

I valori della salinità sono compresi tra un minimo di 3,8 psu (stazione 17) e un massimo di 25,1 psu (stazione 84). Dall'analisi dei dati si evidenzia una certa variabilità in termini spaziali del parametro salinità. La laguna di Marano è caratterizzata dai più bassi valori di salinità compresi tra 3,8 e 21,3 psu, mentre nelle stazioni di Grado tale variazione è compresa tra 21,2 e 25,1 psu. I valori di salinità sono nettamente inferiori rispetto alla campagna di maggio 2009 nella quale il range era compreso tra 19,5 e 31,2 psu.

Tale riduzione di salinità potrebbe essere conseguente alle abbondanti precipitazioni, verificatesi nei giorni precedenti al campionamento che hanno portato ad una diluizione delle masse d'acqua lagunari.

### Ossigeno disciolto

In questo campionamento il range di variazione della concentrazione di ossigeno disciolto è compreso tra un minimo di 76,2% (stazione 17) e un massimo di 102,8% (stazione 84).

Nelle stazioni 59, 71, 84 e 97 della laguna di Grado i valori medi registrati risultano lievemente inferiori al 100%, il valore minimo pari a 83,2% si registra in corrispondenza della stazione 65. Nella laguna di Marano le concentrazioni di ossigeno sono comprese tra 76,9% e l'89,4%.

In questa campagna non si è osservato un incremento dell'ossigeno come atteso. I valori registrati alla stazione 17 (76,2%) potrebbero indicare un fenomeno legato allo scarso ricambio idrico che ha interessato le acque dolci che si immettono nel bacino lagunare.

### Clorofilla *a*

L'intervallo di variazione della clorofilla *a* è compreso tra un minimo di 0,6 µg/l (stazione 71) e un massimo di 1,8 µg/l (stazione 17).

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella quasi totalità delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/l, solo in corrispondenza delle stazioni 17 e 20 la concentrazione risulta maggiore, analogamente a quanto si osserva per le abbondanze fitoplanctoniche.

### *Campagna agosto 2010*

#### Temperatura

Nella campagna di agosto 2010 i valori di temperatura rilevati si sono mantenuti entro un range compreso tra un minimo di 25,9 °C (stazione 17) e un massimo di 28,0 °C (stazione 71).

Rispetto alle campagne estive precedenti in questo campionamento si verifica, in entrambi i bacini, una diminuzione delle temperature rilevate. Nella laguna di Grado la temperatura media è maggiore di 27,0 °C, mentre a Marano i valori medi risultano inferiori.

Nella laguna di Grado i valori termici delle acque superficiali sono più elevati rispetto a quelli di fondo, mentre nella laguna di Marano si è verificata un'inversione termica nella maggior parte delle stazioni.

#### Salinità

I valori di salinità risultano compresi tra un minimo di 13,4 psu (stazione 17) e un massimo di 31,6 psu (stazione 97). Come nelle precedenti campagne estive le stazioni poste nella laguna di Grado presentano una concentrazione salina elevata compresa tra 26,8 e 31,6 psu, mentre le stazioni di Marano, a causa dei maggiori apporti fluviali si verifica una netta diminuzione della concentrazione salina.

### Ossigeno disciolto

Il range di variazione dell'ossigeno disciolto è compreso tra un minimo pari a 79,1% (stazione 65) e un massimo pari a 108,8% (stazione 20).

Nella campagna di agosto 2010 si osserva una diminuzione del tenore di ossigeno rispetto ai precedenti rilievi estivi nei quali le concentrazioni si sono mantenute al di sopra della saturazione nella maggior parte delle stazioni.

In questa campagna le maggiori concentrazioni si sono registrate nella laguna di Grado, mentre a Marano le concentrazioni seguono un andamento irregolare, mantenendosi al di sotto delle sottosaturazione con valori minimi pari a 84,7% in corrispondenza della stazione 17.

### Clorofilla *a*

La distribuzione della clorofilla *a* presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 0,5 µg/l (stazione 20) e un massimo di 3,1 µg/l (stazione 17).

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella quasi totalità delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/l. Solo in corrispondenza della stazione 17 la concentrazione risulta maggiore di 3,0 µg/l.

### *Concentrazione dei nutrienti*

#### *Campagna di luglio 2008*

Nella campagna di luglio 2008 la concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 2,23 µM (stazione 97) e un massimo di 111,63 µM (stazione 17).

Si registrano elevate concentrazioni di questo nutriente nella laguna di Marano, in particolare in corrispondenza dei principali sbocchi fluviali (stazioni 17 e 45). Nella laguna di Grado i valori rilevati sono nettamente inferiori, compresi tra 2,00 e 32,00 µM.

L'andamento del fosforo è molto simile in tutte le stazioni, con differenze non significative tra la laguna di Grado e Marano. La concentrazione presenta valori estremamente bassi, compresi tra 0,02 e 0,07  $\mu\text{M}$ .

#### *Campagna di novembre 2008*

Nella campagna di novembre 2008 la concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 31,37  $\mu\text{M}$  (stazione 97) e un massimo di 126,27  $\mu\text{M}$  (stazione 17).

Rispetto alla precedente campagna i valori registrati risultano maggiori in tutte le stazioni campionate, in accordo con l'andamento generale delle fluttuazioni stagionali.

Nella laguna di Marano le concentrazioni risultano maggiori rispetto a quelle rilevate a Grado, comprese tra 36,00 e 126,00  $\mu\text{M}$ .

Per quanto riguarda l'azoto nitroso e ammoniacale, è da rilevare la presenza di elevate concentrazioni in corrispondenza delle stazioni della laguna di Grado.

La distribuzione del fosforo segue la medesima distribuzione dell'azoto nitrico, con una concentrazione pari a 0,27  $\mu\text{M}$  in corrispondenza della stazione 17, maggiormente influenzata dall'apporto fluviale del Cormor.

#### *Campagna di febbraio 2009*

Nella campagna di febbraio 2009 la concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 26,72  $\mu\text{M}$  (stazione 97) e un massimo di 142,96  $\mu\text{M}$  (stazione 17).

Come nelle precedenti campagne nella laguna di Marano le concentrazioni di azoto nitrico risultano maggiori rispetto a quelle rilevate nella laguna di Grado. Il medesimo comportamento è stato osservato per l'azoto nitroso.

Come per i nitrati, le maggiori concentrazioni dei fosfati sono state rilevate nella laguna di Marano, in corrispondenza delle stazioni 5, 17, e 20, nettamente inferiori risultano le quantità nelle rimanenti stazioni.

### *Campagna di maggio 2009*

Nella campagna di maggio 2009 la concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 3,96  $\mu\text{M}$  (stazione 97) e un massimo di 57,28  $\mu\text{M}$  (stazione 45).

Rispetto alle campagne precedenti le quantità rilevate risultano inferiori, notevole inoltre è la differenza di concentrazione di questo nutriente tra le due lagune. Le maggiori concentrazioni si sono registrate in corrispondenza degli sbocchi fluviali del Cormor e Natissa (stazione 17 e 71), mentre la laguna di Grado presenta valori nettamente inferiori. Il medesimo comportamento è stato osservato per l'azoto nitroso.

La concentrazione dei fosfati risulta estremamente ridotta, e pari a 0,01  $\mu\text{M}$ , dello stesso ordine di grandezza dei limiti di rilevabilità analitica, secondo le metodiche attualmente in uso.

### *Campagna di agosto 2009*

Rispetto al precedente campionamento estivo (luglio 2008) le concentrazioni dei principali nutrienti sono nettamente inferiori. I valori rilevati in superficie seguono un'andamento tipicamente stagionale, e i valori osservati sono in accordo con le condizioni meteorologiche del mese di agosto 2009, caratterizzato da scarse precipitazioni che hanno fortemente condizionato la presenza dei principali nutrienti, a conferma dell'origine esogena dei composti azotati. La concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 0,6  $\mu\text{M}$  (stazione 97) e un massimo di 65,47  $\mu\text{M}$  (stazione 17). La concentrazione dei fosfati risulta estremamente ridotta, pari a 0,01  $\mu\text{M}$  in tutte le stazioni campionate.

### *Campagna di novembre 2009*

Nella campagna di novembre 2009 la concentrazione dei nitrati ha presentato un netto andamento stagionale con concentrazioni più elevate rispetto alle campagne primaverili estive. Da notare inoltre la presenza di valori particolarmente elevati in corrispondenza delle stazioni della laguna di Marano, con un massimo pari a 176,80



$\mu\text{M}$  alla stazione 17. Nei rimanenti sottobacini di Marano le concentrazioni si mantengono elevate, mentre a Grado i valori sono nettamente inferiori, con un minimo pari a  $12,32 \mu\text{M}$  alla stazione 97.

Le maggiori concentrazioni di azoto ammoniacale sono state registrate in corrispondenza della laguna di Grado con valori maggiori di  $10,00 \mu\text{M}$  nelle stazioni 65 e 71.

La distribuzione delle concentrazioni di fosfati si mantiene estremamente bassa nell'intera area di studio, ad eccezione della stazione 17 e 20 dove supera  $0,20 \mu\text{M}$ .

#### *Campagna di febbraio 2010*

Nella campagna di febbraio 2010 la concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di  $2,00 \mu\text{M}$  (stazione 84) e un massimo di  $71,04 \mu\text{M}$  (stazione 17).

Come nelle precedenti campagne nella laguna di Marano le concentrazioni di azoto nitrico risultano maggiori rispetto a quelle rilevate nella laguna di Grado. Il medesimo comportamento è stato osservato per l'azoto nitroso.

Come per i nitrati, le maggiori concentrazioni dei fosfati si sono registrate nella laguna di Marano, in corrispondenza delle stazioni 5, 17, e 20, nettamente inferiori risultano le quantità registrate nelle rimanenti stazioni.

#### *Campagna di maggio 2010*

Nella campagna di maggio 2010 la concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di  $11,46 \mu\text{M}$  (stazione 84) e un massimo di  $177,02 \mu\text{M}$  (stazione 17).

Rispetto alla precedente campagna le concentrazioni di azoto nitrico risultano più elevate in tutte le stazioni, a causa dei maggiori apporti fluviali del periodo primaverile. Le quantità sono maggiori nella laguna di Marano rispetto a quelle rilevate a Grado. La concentrazione del fosforo è minima in tutte le stazioni eccetto per la stazione 17 nella quale si raggiungono  $1,55 \mu\text{M}$ .

### *Campagna di agosto 2010*

I valori dei principali nutrienti seguono un'andamento tipicamente stagionale. La concentrazione superficiale di azoto nitrico presenta un'intervallo compreso tra un minimo di 2,2  $\mu\text{M}$  (stazione 84) e un massimo di 84,22  $\mu\text{M}$  (stazione 17). La concentrazione dei fosfati risulta estremamente ridotta, pari a 0,01  $\mu\text{M}$  in tutte le stazioni campionate, eccetto per la stazione 17 che presenta valori pari a 0,03  $\mu\text{M}$ .

### *4.1.2 Analisi multivariata del fitoplancton*

Di seguito viene presentata, per le undici stazioni iniziali (luglio 2008-agosto 2010) l'analisi multivariata dei dati relativi alla componente biologica. Infine mediante l'evenness test verrà determinato il valore predittivo dei dati biologici nei confronti dei dati chimico-fisici e viceversa, al fine di poter valutare quale set di dati sia in grado di definire meglio lo stato di qualità delle acque della laguna di Grado e Marano.

### *Preparazione e trasformazione dei dati biotici e costruzione della matrice di similarità*

I dati sono stati trasformati in dati binari di presenza assenza dei singoli taxa. Si è quindi costruita la matrice di similarità utilizzando l'indice di Jaccard.

### *Analisi della predittività del fitoplancton*

E' stato applicato l'algoritmo di classificazione del legame completo, e la rappresentazione grafica (dendrogramma) è riportata in Figura 22. Il dendrogramma ha permesso di distinguere 9 gruppi omogenei. Nel dendrogramma sono stati utilizzati dei codici per poter identificare le date di campionamento: (a=luglio 2008, b=novembre 2008, c=febbraio 2009, d=maggio 2009, e=agosto 2009, f=novembre 2009, g=febbraio 2010, h=maggio 2010, i=agosto 2010)

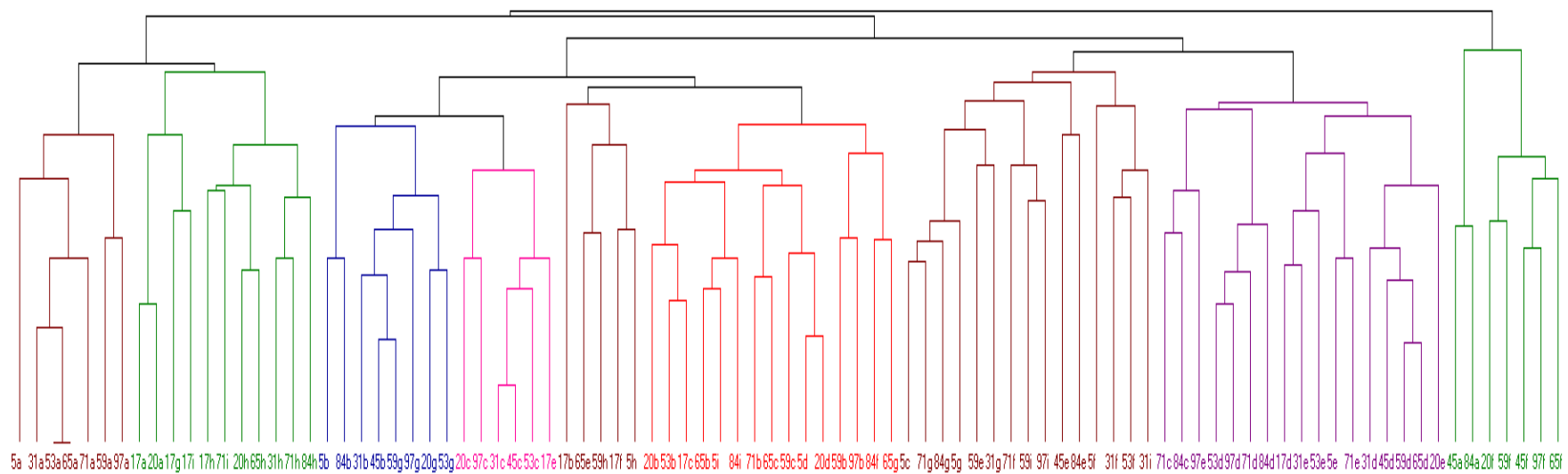


Figura 22: dendrogramma relativo alla somiglianza tra stazioni di campionamento del fitoplancton (dati binari) nelle campagne luglio 2008-agosto 2010 prima della riallocazione.

E' stata effettuata la riallocazione che ha permesso l'individuazione, di otto gruppi omogenei (allegati Tabella A).

Per testare la significatività della classificazione effettuata è stato utilizzato l'evenness test che risulta essere pari a 0,48 calcolato con il metodo delle permutazioni.

Di seguito verranno analizzati i singoli cluster considerando la media delle variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua (Tabella 6).

PARAMETRI ABIOTICI	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7	GRUPPO 8
Temperatura	27,20	17,35	12,75	14,32	14,71	15,55	26,08	16,70
Salinità	26,38	16,52	27,46	21,05	23,16	26,07	28,31	29,75
PH	8,16	8,08	7,75	8,05	7,98	8,01	8,15	8,05
% ossigeno	114,11	89,53	96,96	99,9	75,27	98,30	117,43	86,64
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µM)	1,40	2,15	0,69	0,66	1,39	0,80	0,32	0,70
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µM)	5,22	4,21	3,23	1,62	3,74	3,83	2,76	3,27
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µM)	41,66	82,6	32,37	65,38	87,48	39,66	16,83	38,46
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µM)	0,03	0,53	0,04	0,15	0,08	0,04	0,01	0,03
media fitoplancton	1.294.771	658.520	422.256	2.688.165	60.503	344.932	104.850	173.091

Tabella 6: valori medi dei parametri chimico fisici e del fitoplancton in ciascun cluster.

Nel cluster 1 si inseriscono le stazioni nelle quali la comunità è costituita in prevalenza da diatomee di dimensioni minori di 10 µm; i taxa più rappresentativi della classe delle diatomee sono *Nitzschia longissima*, *Coscinodiscus sp.*, *Pseudonitzschia sp.*, *Cocconeis sp.* e *Synedra sp.* Importante risulta inoltre il contributo dei microflagellati, molto abbondanti nei campioni appartenenti a questo cluster. I dinoflagellati sono scarsamente presenti nella maggior parte delle stazioni, eccetto il genere *Gymnodinium*, rilevato nella laguna di Marano. Questo cluster è caratterizzato da elevate abbondanze fitoplanctoniche; in particolare sono da segnalare le elevate concentrazioni di microalghe flagellate (criptoficee ed euglenoficee) in prossimità dello sbocco fluviale del Cormor (stazione 17).

Questo cluster accoglie 9 campioni, e manifesta un forte grado di appartenenza con i mesi estivi. Questo cluster mostra valori elevati del parametro temperatura, e

concentrazioni di azoto nitrico e di ortofosfato pari rispettivamente a 41,66 e 0,03  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster (2) gli organismi fitoplanctonici dominanti sono rappresentati dalle diatomee pennate di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ . Tra le diatomee maggiormente presenti si evidenziano *Cocconeis sp.*, *Nitzschia sp.*, e *Diatoma sp.* Notevole risulta il contributo dei microflagellati. Da sottolineare inoltre la presenza, come nel precedente cluster, di elevate concentrazioni di criptoficee in corrispondenza della stazione 17. Irrilevante è il contributo dei dinoflagellati, inoltre rispetto al precedente cluster, risultano completamente assenti le euglenoficee.

In questo cluster si inseriscono prelievi che presentano un certo grado di appartenenza con i mesi primaverili. Nel cluster 2 si osservano valori di salinità minori rispetto al precedente cluster, e concentrazioni medie di azoto nitrico pari a 82,6  $\mu\text{M}$ . Le concentrazioni medie di ortofosfato raggiungono in questo cluster il valore massimo di 0,53  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster (3) si inseriscono i prelievi che presentano, rispetto a quello precedente, minori concentrazioni fitoplanctoniche. In questo gruppo si osserva una netta prevalenza di diatomee pennate minori di 10  $\mu\text{m}$ , inoltre all'interno della classe delle diatomee, i taxa maggiormente presenti appartengono ai generi *Cocconeis*, *Navicula*, e *Nitzschia*. Maggiore è la presenza di specie marine tra le quali *Cerataulina pelagica*, *Licmophora sp.*, *Proboscia alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Striatella unipunctata*, *Skeletonema sp.* e *Chaetoceros sp.* In questo gruppo risultano elevate le concentrazioni delle euglenoficee, presenti soprattutto nella laguna di Marano. Scarso invece è il contributo dei dinoflagellati e delle criptoficee. Il cluster 3 contiene 14 campioni, raccolti principalmente nei mesi autunno invernali. Nel cluster 3 si riscontrano valori medi di salinità di 27,46 psu, e concentrazioni medie di azoto nitrico di 32,37  $\mu\text{M}$ .

Il cluster (4) è quello con la maggiore abbondanza media di fitoplancton. In esso prevalgono le microalghe flagellate, in particolare le euglenoficee, presenti in elevate concentrazioni soprattutto nella laguna di Marano. La concentrazione delle diatomee

pennate di piccole dimensioni, è maggiore rispetto al precedente cluster autunno invernale.

Il cluster 4 presenta una buona affinità con i campionamenti autunno invernali, ed è caratterizzato da valori medi di salinità più bassi (21,05 psu), e concentrazioni di azoto nitrico e ortofosfato rispettivamente 65,38 e 0,15  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster (5) l'abbondanza fitoplanctonica è nettamente inferiore rispetto agli altri clusters. La composizione tassonomica è dominata dalle diatomee di dimensioni di 10  $\mu\text{m}$ , e in misura minore dalle criptoficee.

Le diatomee maggiormente presenti appartengono ai generi *Cocconeis*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Achnanthes*, mentre scarsa è la presenza di specie marine. Irrilevante è inoltre il contributo dei dinoflagellati e dei microflagellati. Rispetto ai precedenti campionamenti autunno invernali non si è riscontrata la presenza di euglenoficee.

Questo cluster è caratterizzato da valori medi di temperatura di 14,71 °C, e di salinità di 23,16 psu. Le concentrazioni medie di azoto nitrico e ortofosfato sono rispettivamente 87,48 e 0,08  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster (6) le concentrazioni medie di fitoplancton sono maggiori rispetto al precedente cluster. La comunità è costituita in prevalenza dalle euglenoficee, presenti soprattutto nella laguna di Marano in corrispondenza dello sbocco fluviale del Cormor, mentre scarso risulta il contributo delle criptoficee. All'interno della classe delle diatomee prevalgono le pennate di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ , e i taxa maggiormente presenti sono: *Cylindrotheca closterium*, *Cocconeis sp.*, e *Nitzschia longissima*. Tra le specie marine troviamo *Licmophora sp.*, *Dactilosolen fragillissimum*, *Guinardia sp.*, *Melosira sp.* e *Skeletonema sp.*.

Il cluster 6 comprende 25 campioni, la maggior parte dei quali derivanti da prelievi autunno invernali. Questo cluster è caratterizzato da valori medi di salinità di 26,07 psu, mentre le concentrazioni medie di azoto nitrico e ortofosfato sono pari rispettivamente a 39,66 e 0,04  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster 7 si osserva una maggiore frequenza dei campioni raccolti nella laguna di Grado. La comunità fitoplanctonica è costituita in prevalenza da diatomee pennate di piccole dimensioni. Tra i generi maggiormente presenti si evidenziano *Cylindrotheca*

*closterium*, *Cocconeis sp.*, *Amphora sp.*. Si rilevano inoltre specie marine tra le quali *Licmophora sp.*, e *Skeletonema sp.* A causa dell'aumento della temperatura e del fotoperiodo fanno la loro comparsa i dinoflagellati tra cui *Gymnodinium sp.*, *Prorocentrum sp.*, *Ceratium sp.* Scarsa infine risulta la presenza di microalghe flagellate (criptoficee ed euglenoficee).

Nel cluster 7 la temperatura media risulta essere di 26,08 °C, e si distingue dai precedenti in quanto presenta un'elevata salinità, e concentrazioni medie di azoto nitrico e ortofosfato rispettivamente 16,83 e 0,01 µM.

Il cluster (8) si contraddistingue per le minime concentrazioni fitoplanctoniche riscontrate. La comunità è costituita in prevalenza da diatomee pennate di piccole dimensioni. Irrelevante è il contributo delle rimanenti classi. Questo cluster presenta, valori elevati di salinità e concentrazioni medie di azoto nitrico e ortofosfato rispettivamente 38,46 e 0,03 µM.

#### *Analisi della periodicità del fitoplancton*

##### A) Costruzione della tabella di contingenza

E' stata creata la tabella di contingenza considerando la frequenza di ogni campionamento stagionale all'interno degli otto clusters ottenuti dopo riallocazione. La tabella ottenuta è di seguito riportata (Tabella 7).

Campagna	luglio 2008-agosto 2010	novembre 2008-2009	febbraio 2009-2010	maggio 2009-2010
cluster 1	8	0	0	1
cluster 2	0	0	0	3
cluster 3	2	5	5	2
cluster 4	4	2	8	0
cluster 5	1	2	0	0
cluster 6	6	8	8	4
cluster 7	7	0	0	8
cluster 8	1	6	0	0

Tabella 7: tabella di contingenza delle frequenza dei campionamenti stagionali nei diversi cluster.

## B) Analisi delle corrispondenze

Nel diagramma di dispersione (Figura 23) sono rappresentate le prime due componenti che spiegano insieme il 77,93% della varianza totale.

Osservando la distribuzione si può notare che nella parte sinistra del diagramma sono concentrati i prelievi relativi al periodo primaverile estivo, associati principalmente ai cluster 1,2 e 7 mentre nella parte destra si concentrano i campionamenti autunno invernali dove si collocano i rimanenti clusters.

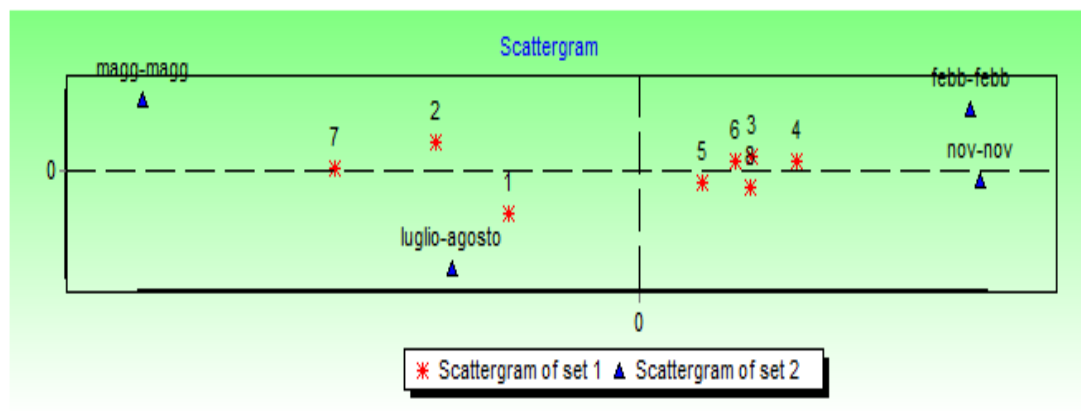


Figura 23: diagramma di dispersione che rappresenta l'analisi delle corrispondenze: i triangoli neri rappresentano i periodi stagionali mentre gli asterischi rossi rappresentano i clusters legati ai periodi stagionali.

Dall'analisi del diagramma di dispersione risulta chiara la distribuzione dei cluster nei diversi mesi di campionamento, indicando quindi la variazione stagionale della composizione tassonomica della comunità fitoplanctonica. Dal presente studio risulta che i mesi primaverili estivi sono caratterizzati da un considerevole aumento delle diatomee in tutte le stazioni campionate. Le diatomee, maggiormente presenti sono risultate essere pennate, di piccole dimensioni, generalmente bentoniche o ticoplanctoniche, indicando come, data la modesta profondità delle acque, il fenomeno della risospensione del sedimento sia particolarmente importante in questi ambienti. In corrispondenza delle stazioni poste in prossimità dei principali sbocchi fluviali, caratterizzati da elevate concentrazioni di nutrienti inorganici come conseguenza degli apporti di acque continentali, si generano bloom algali (cluster 1 e



2) nei quali la comunità è costituita in prevalenza da microalghe flagellate (criptoficee).

L'aumento della temperatura favorisce lo sviluppo dei dinoflagellati, presenti soprattutto in questo periodo dell'anno, mentre nei mesi autunnali e invernali le loro abbondanze risultano essere molto scarse.

Nel periodo primaverile estivo notevole è il contributo dei microflagellati, che raggiungono una percentuale di presenza pari al 44% sul totale della comunità fitoplanctonica nella campagna di luglio 2008.

Particolare attenzione deve essere rivolta per la campagna di maggio 2009 (cluster 7) caratterizzata da elevata salinità e minime concentrazioni dei nutrienti, che ha rallentato lo sviluppo delle microalghe flagellate, mentre rimane elevata l'abbondanza delle diatomee.

Nel periodo autunnale (cluster 3-5-7) si assiste ad una notevole diminuzione della concentrazione fitoplanctonica nell'intera area di studio, in particolare per le diatomee e i dinoflagellati. Le elevate concentrazioni dei nutrienti hanno favorito lo sviluppo delle euglenoficee, (cluster 4-6) soprattutto nelle aree a maggior impatto antropico (stazione sbocco del Cormor e Aussa Corno), mentre nelle rimanenti stazioni prevale la classe delle diatomee.

Le minori concentrazioni fitoplanctoniche si sono registrate in corrispondenza delle stazioni nelle quali prevale la componente diatomica, caratterizzate da basse concentrazioni di nutrienti. (cluster 8).

Per studiare l'evoluzione temporale della comunità fitoplanctonica nei due principali bacini lagunari (Grado e Marano) è stata effettuata l'analisi del chi-quadrato ( $\chi^2$ ). In particolare nella Tabella 8 è indicata la distribuzione, per i diversi campionamenti stagionali, delle stazioni degli otto clusters ottenuti dopo la riallocazione.

Cluster	LAG <sup>1</sup>	LAM <sup>2</sup>	NOG <sup>3</sup>	NOM <sup>4</sup>	FEG <sup>5</sup>	FEM <sup>6</sup>	MAG <sup>7</sup>	MAM <sup>8</sup>
1	4	4	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	1	2
3	1	1	2	3	2	2	2	1
4	2	2	1	1	1	7	0	0
5	0	0	1	1	0	0	0	1
6	3	3	4	4	7	1	0	4
8	4	3	0	0	0	0	5	3
9	0	2	2	3	0	0	0	0

Tabella 8: distribuzione delle stazioni negli otto cluster.

(<sup>1</sup>campionamenti luglio 2008-agosto 2010 laguna di Grado; <sup>2</sup> campionamenti luglio 2008-agosto 2010 laguna di Marano; <sup>3</sup> campionamenti novembre 2008-novembre 2009 laguna di Grado; <sup>4</sup> campionamenti novembre 2008-novembre 2009 laguna di Marano; <sup>5</sup> campionamenti febbraio 2009-febbraio 2010 laguna di Grado; <sup>6</sup> campionamenti febbraio 2009-2010 laguna di Marano; <sup>7</sup> campionamenti maggio 2009- 2010 laguna di Grado; <sup>8</sup> campionamenti maggio 2009-2010 laguna di Marano)

Il chi-quadrato (Tabella 9) per i dati di fitoplancton risulta essere pari a 1,99 ottenuto da chi-quadrato totale diviso per i gradi di libertà. Per la laguna di Grado tale valore è pari a 1,87 mentre a Marano corrisponde a 2,23.

Fitoplancton	$\chi^2$ /Gradi di liberta'
Fitoplancton Grado/Marano (8*8)	3,29
Fitoplancton Grado (8*4)	1,87
Fitoplancton Marano (8*4)	2,23

Tabella 9: chi-quadrato per i due bacini lagunari (Grado e Marano).

Come si può osservare dal diagramma di dispersione (Figura 24), le comunità fitoplanctoniche rilevate nel corso del periodo di studio, nei due bacini lagunari, presentano delle differenze a seconda del periodo di campionamento. Le comunità osservate durante la stagione invernale, risultano molto simili. In particolare i campionamenti di novembre 2008-2009 e febbraio 2009/2010 sono caratterizzati in entrambe le lagune, da abbondanze fitoplanctoniche molto ridotte, con una netta prevalenza di diatomee pennate di piccole dimensioni (cluster 3, 5, 6 e 9). Il

campionamento di febbraio 2009 di Marano si differenzia nettamente dai rimanenti prelievi autunnali in quanto la comunità in questo bacino è costituita in prevalenza da microalghe flagellate (euglenoficee) presenti in elevate concentrazioni (cluster 4). Questo cluster è caratterizzato da elevate concentrazioni di nutrienti che ha favorito lo sviluppo delle microalghe flagellate. Particolarmente dissimili sono inoltre le comunità osservate nei campionamenti primaverili (cluster 2 e 8). La differenza tra le comunità è legata alla diversa proporzione delle criptoficee presenti nei diversi campioni. Tale gruppo tassonomico predilige acque estuariali ricche di nutrienti, in particolare lo sbocco fluviale del fiume Cormor si è dimostrato essere l'ambiente ideale di crescita di questo gruppo tassonomico. Infine tale dissimilarità diminuisce nei campionamenti estivi (cluster 1) dove si sono osservate le maggiori concentrazioni fitoplanctoniche in entrambi i bacini.

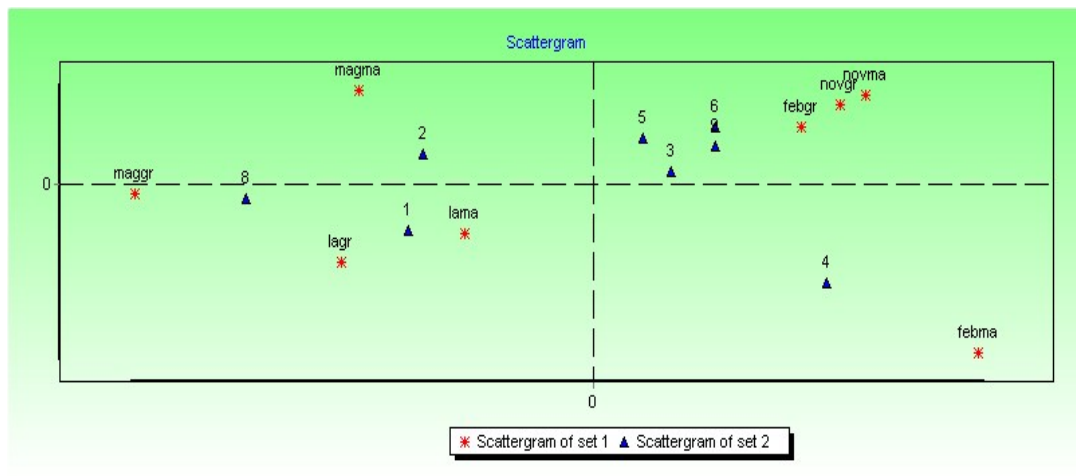


Figura 24: diagramma di dispersione del fitoplancton nei due bacini lagunari (Grado e Marano).

#### *4.1.3 Analisi multivariata dei dati relativi ai parametri chimico-fisici*

##### *Preparazione e trasformazione dei dati abiotici e costruzione della matrice di similarità*

Le variabili chimico-fisiche sono state organizzate in una matrice (B) composta dai parametri chimico-fisici e dai nutrienti in riga e in colonna le date dei diversi campionamenti.

Come per il fitoplancton, è stata effettuata la trasformazione dei dati, in particolare si è operata la standardizzazione dei parametri.

Si è quindi costruita la matrice di similarità utilizzando l'indice di Jaccard.

##### *Analisi della predittività dei parametri chimico-fisici*

E' stato applicato l'algoritmo di classificazione del legame completo, e la rappresentazione grafica (dendrogramma) è riportata in Figura 25. Il dendrogramma ha permesso di distinguere 9 gruppi omogenei.

Nel dendrogramma sono stati utilizzati dei codici per poter identificare le date di campionamento: (a=luglio 2008, b=novembre 2008, c=febbraio 2009, d=maggio 2009, e=agosto 2009, f=novembre 2009, g=febbraio 2010, h=maggio 2010, i=agosto 2010).

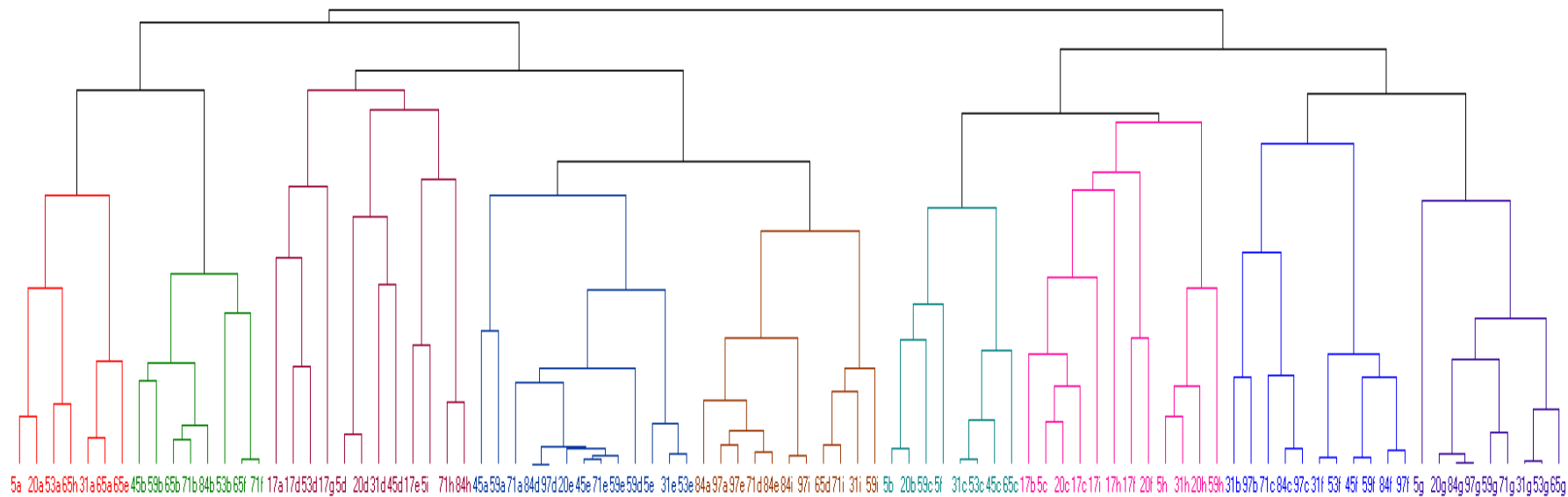


Figura 25:dendrogramma relativo alla somiglianza tra stazioni per le variabili chimico-fisiche nelle campagne di luglio 2008-agosto 2010 prima della riallocazione.

Per testare la significatività della classificazione effettuata è stato utilizzato l'evenness test che risulta essere pari a 0,74 calcolato con il metodo delle permutazioni.

Lo studio delle caratteristiche chimico fisiche delle acque lagunari attraverso l'analisi dei clusters ha permesso l'individuazione, dopo riallocazione, di nove gruppi omogenei (Tabella 10 e Tabella B in allegato). Di seguito verranno analizzati i singoli cluster considerando la media delle presenze fitoplanctoniche in ciascun cluster (Tabella 11).

PARAMETRI ABIOTICI	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7	GRUPPO 8	GRUPPO 9
Temperatura(°C)	26,54	11,19	24,11	26,45	26,89	9,05	14,28	11,01	6,09
Salinità (psu)	25,15	25,68	21,05	28,04	29,81	22,97	16,46	28,63	29,90
PH	8,09	8,14	8,07	8,17	8,18	8,21	8,00	8,10	7,12
% ossigeno	96,87	94,12	114,59	123,76	101,94	95,47	83,94	86,08	99,63
NO <sub>2</sub> (µM)	1,56	1,67	0,84	0,38	0,29	0,79	1,67	0,58	0,03
NH <sub>4</sub> (µM)	6,40	9,36	2,63	2,06	2,04	2,75	3,67	2,73	0,10
NO <sub>3</sub> (µM)	49,46	64,06	46,21	19,09	7,92	75,38	112,45	24,78	9,15
PO <sub>4</sub> (µM)	0,03	0,08	0,01	0,01	0,01	0,09	0,36	0,04	0,01

Tabella 10: valori dei parametri chimico-fisici in ciascun cluster dopo riallocazione.

SPECIE	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7	GRUPPO 8	GRUPPO 9
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	940	3	0	44	927	0	9
<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	194	25	0	0	0	0	0
Altro fitoplancton	230.386	37.982	430.381	83.444	147.366	2.720	54.155	12.983	217.228
<i>Amphidinium</i> sp.	2.333	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphiprora</i> sp.	0	27	0	0	0	0	0	0	13
<i>Amphora</i> sp.	156	62	2.429	178	1.035	93	51	95	53
<i>Asterionella glacialis</i>	0	0	0	0	0	0	7	148	9
<i>Asterionella</i> sp.	0	0	0	0	0	9	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	53	117	0	0	0	491	117	13
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	18	0	1.063	20	0	7	66	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	30	7	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	15	104	9	4	0	4
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Ceratium</i> sp.	0	0	0	34	0	0	0	33	0
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	0	0	0	9	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	209	65	0	0	73	326
<i>Cocconeis</i> sp.	9.003	747	13.332	6.775	2.916	5.416	1.608	2.962	2.221

Coscino disus nd	12.552	0	159.865	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	9	0	0	454	0	0	0	0
Cryptoficee	131.484	71.520	238.241	24.616	2.598	132.014	99.687	26.264	22.277
<i>Cyclotella</i> sp.	1.907	0	0	0	0	0	15	0	13
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.213	411	2.793.906	37.785	3.299	2.800	289.531	470	1.227
<i>Cymbella</i> sp.	0	13	0	102	0	0	25	11	0
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	121	0	941	0	0	25	266	0
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Diatoma</i> sp.	0	18	6	0	0	13	993	4	22
diatomee centriche nd	0	0	0	258	3	0	4	0	27
pennate nd	1.632	573	27.159	11.060	1.440	5.384	1.689	1.174	628
pennate nd<10 µm	137.773	3.903	243.887	429.506	90.611	10.026	39.240	4.755	4.251
Dinofla. piccoli nd	104	0	17	0	127	18	4	33	151
Dinophyceae nd	0	0	0	3.105	272	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	78	57	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis</i> sp.	0	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Diploneis bombus</i>	0	4	11	0	3	0	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	31	0	3	0	9	0	0	0
<i>Dytilium</i> sp.	0	0	0	0	0	9	4	0	0
<i>Ebria tripartita</i>	0	0	0	102	0	0	0	0	0
<i>Entomoneis</i> sp.	0	49	0	0	181	9	0	0	27
<i>Eutreptiella</i> sp.	4.709	18.431	187.293	61.429	3	682.428	498.770	9.956	4.464
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	22	4	55	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	7	0	0	0	13
<i>Guinardia flaccida</i>	0	60	0	34	23	0	15	127	0
<i>Guinardia striata</i>	0	302	0	0	0	31	55	339	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	125	66.371	8.178	780	0	7	0	27
<i>Gyrodinium falcatum</i>	0	0	0	238	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	0	0	329	0	0	462	737	0
<i>Gyrodinium spirale</i>	0	0	0	102	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	0	36	0	0	4
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	36	0	0	0	58	55	18	31
<i>Hermenesinum adriaticum</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	161	23	0	20	36	175	1.114	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	58	2.827	262	383	0	0	51	178
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	8.897	0	4.388	0	7	120
<i>Navicula</i> sp.	492	89	4.237	102	124	169	435	282	84
<i>Nitzschia longissima</i>	2.861	0	32.912	5.607	722	0	0	0	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	9	0	0	0	9	7	7	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	213	32.331	1.131	70	389	762	154	53
<i>Petrodictyon gemma</i>	0	0	19.591	72	0	58	81	40	0
<i>Pinnularia</i> sp.	0	0	0	0	181	98	76	120	0
<i>Pleurosigma normanii</i>	0	9	0	0	0	44	0	15	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	160	5.229	4.362	425	62	33	143	183

<i>Proboscia alata</i>	0	0	0	1.145	17	9	0	11	0
<i>Prorocentrum lima</i>	0	0	0	0	27	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	13	45	298	364	0	175	53	4
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	272	413	133	0	0	0	161
<i>Prorocentrum sp.</i>	0	0	6	10	144	0	0	0	0
<i>Protoperidinium sp.</i>	0	4	0	40	139	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>	215	0	0	5.964	1.162	0	0	403	84
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	0	0	0	0	181	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	4	0	0	0	9	0	0	0
<i>Sciphsiella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Skeletonema sp.</i>	0	0	0	13	0	24.173	676	252	418
<i>Striatella unipunctata</i>	0	4	0	0	10	0	0	4	0
<i>Surirella sp.</i>	0	4	470	25	3	58	36	165	0
<i>Synedra sp.</i>	0	0	0	1.672	97	0	0	0	4
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	9	0	204	0	0	7	189	4
<i>Thalassiosira sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9

Tabella 11: distribuzioni medie del fitoplancton in ciascun cluster.

Il cluster (1) è caratterizzato da valori medi di temperatura di 26,54 °C, e di salinità di 25,19 psu, e concentrazioni medie di azoto nitrico e ortofosfati 49,46 e 0,03 µM. In tutte le stazioni campionate l'ossigenazione presenta valori lievemente inferiori a quelli di saturazione a causa soprattutto delle fioriture fitoplanctoniche che si sono avute in laguna in questo periodo dell'anno.

In questo gruppo la comunità fitoplanctonica è costituita in prevalenza da microflagellati. Importante risulta inoltre la presenza di diatomee pennate di piccole dimensioni. All'interno della classe delle bacillarioficee sono maggiormente presenti: *Cocconeis sp.*, *Coscinodiscus sp.*, e *Nitzschia longissima*. Tra le microalghe flagellate, abbondanti risultano essere le criptoficee, mentre i dinooflagellati sono scarsamente presenti.

Nel cluster 2 si inseriscono i campionamenti autunnali con una maggiore percentuale di campioni prelevati nella parte centrale della laguna di Grado.

Il cluster è caratterizzato da acque fredde, a media salinità, e concentrazioni di azoto nitrico e ortofosfati 64,06 e 0,08 µM. L'ossigenazione media delle acque è prossima alla saturazione.

In questo cluster la quantità di fitoplancton è nettamente inferiore rispetto a quella



rilevata nel precedente gruppo. Tra le microalghe si osserva una certa abbondanza delle criptofite e delle euglenofite, mentre scarsa risulta essere la presenza delle bacillariofite.

Il cluster 3 interessa principalmente le stazioni adiacenti ai principali sbocchi fluviali. Questo gruppo è caratterizzato da temperature medie di 24,0 °C, e sovrassaturazione dell'ossigeno disciolto. Le concentrazioni medie di azoto nitrico e ortofosfati sono 46,21 e 0,03 µM. In questi settori della laguna risultano elevate le concentrazioni fitoplanctoniche, nettamente superiori rispetto ai precedenti cluster. La comunità è costituita in prevalenza da diatomee, e da microalghe flagellate (criptofite ed euglenofite). In questo gruppo infine risulta elevata la quantità dei microflagellati.

Il cluster 4 risulta essere il più numeroso tra quelli individuati. In questo cluster le concentrazioni dei nutrienti inorganici sono minori di quelle del cluster 1, e risultano scarsi gli apporti di acqua dolce, visto l'elevata concentrazione salina che contraddistingue questo gruppo. La percentuale di saturazione dell'ossigeno è maggiore alla saturazione in tutte le stazioni campionate.

In questo cluster la concentrazione fitoplanctonica è minore rispetto al precedente cluster. La comunità è costituita in prevalenza dalla classe delle diatomee. All'interno di tale gruppo importante è la presenza di diatomee pennate di piccole dimensioni. Rispetto al precedente cluster la quantità delle microalghe flagellate risulta nettamente inferiore. I microflagellati sono presenti in concentrazioni minori rispetto al cluster 3.

Il cluster 5 è un cluster tipicamente estivo oligotrofico marino, caratterizzato da minori concentrazioni di nutrienti inorganici rispetto ai precedenti clusters, e bassa ossigenazione come conseguenza di una minima attività fitoplanctonica. In questo gruppo si inseriscono la maggior parte delle stazioni poste nella laguna di Grado. In questo settore della laguna la quantità di fitoplancton rilevata è nettamente inferiore rispetto ai rimanenti sottobacini.

In questo gruppo la comunità è costituita in prevalenza dai microflagellati, mentre mediamente presenti risultano essere le diatomee pennate di piccole dimensioni. Data l'elevata salinità di questo settore importante è la presenza di specie marine.

Il cluster 6 accoglie la maggior parte dei campionamenti di febbraio 2009 di Marano. In esso risultano massimi i valori dei nutrienti (azoto nitrico 75,38  $\mu\text{M}$ ). Questo cluster è inoltre caratterizzato da valori medi di salinità e concentrazione dell'ossigeno di poco inferiore alla saturazione. In questo cluster si osserva una netta prevalenza delle euglenoficee e delle criptoficee, mentre i microflagellati e le diatomee risultano essere scarsamente presenti.

Il cluster 7 presenta un'elevata affinità con i campionamenti di fine inverno inizio primavera e accoglie principalmente le stazioni poste nelle aree prossime agli sbocchi fluviali dove risultano maggiori le concentrazioni dei nutrienti provenienti dall'entroterra (azoto nitrico 112,45  $\mu\text{M}$  e ortofosfato 0,36  $\mu\text{M}$ ).

In questo gruppo la comunità è costituita in prevalenza da microalghe flagellate (euglenoficee e criptoficee) che presentano concentrazioni elevate. Tra le diatomee pennate si evidenzia *Cylindrotheca closterium*, mediamente presenti risultano essere le diatomee pennate di piccole dimensioni. Scarso infine è il contributo dei microflagellati.

Il cluster 8 è tipicamente invernale, in esso si inseriscono le stazioni caratterizzate da elevata salinità e nelle quali la concentrazione media di azoto nitrico e ortofosfato è rispettivamente 24,78 e 0,04  $\mu\text{M}$ .

Le concentrazioni fitoplanctoniche sono nettamente inferiori rispetto al precedente cluster, e le criptoficee risultano essere la classe prevalente. In questo cluster le concentrazioni delle microalghe sono minori rispetto al cluster 3 e 6 dove si sono registrati i valori massimi. Vista l'elevata salinità le diatomee maggiormente presenti sono: *Cerataulina pelagica*, *Dactilosolen fragillissimum*, *Leptocylindrus danicus*, *Proboscia alata*, *Guinardia striata* e *Guinardia flaccida*.

Il cluster 9 presenta caratteristiche molto simili al precedente gruppo, in esso si inserisce la quasi totalità delle stazioni del campionamento di febbraio 2010, caratterizzate da un'elevata salinità e concentrazioni di nutrienti nettamente inferiori rispetto ai precedenti campionamenti.

In questo gruppo le quantità di fitoplancton è molto ridotta, la comunità è costituita in prevalenza dai microflagellati, mentre la quantità delle diatomee è paragonabile a

quella riscontrata nel precedente cluster . Scarsamente presenti risultano essere le microalghe flagellate.

*Analisi della periodicità delle variabili chimico- fisiche*

A) Costruzione della tabella di contingenza

E' stata creata la tabella di contingenza (Tabella 12) considerando la frequenza di ogni campionamento stagionale all'interno dei 9 clusters ottenuti.

Campagna	luglio 2008 - agosto 2010	novembre 2008 - 2009	febbraio 2009 - 2010	maggio 2009 - 2010
cluster 1	6	0	0	1
cluster 2	0	8	0	1
cluster 3	3	0	0	4
cluster 4	10	0	0	6
cluster 5	9	0	0	3
cluster 6	0	3	7	0
cluster 7	1	2	3	4
cluster 8	0	8	2	0
cluster 9	0	0	9	0

Tabella 12: tabella di contingenza per le caratteristiche fisico chimiche della colonna d'acqua.

B) Analisi delle corrispondenze

Nel diagramma di dispersione (Figura 26) sono rappresentate le prime due componenti che spiegano il 82,75 % della varianza totale.

Nel diagramma di dispersione, come è stato osservato per il fitoplancton, si evidenzia una netta separazione tra i diversi periodi di campionamento. Nella parte sinistra del grafico sono concentrati i campionamenti relativi al periodo primaverile estivo, associati principalmente ai clusters 1, 3, 4 e 5, mentre nella parte destra si concentrano i campionamenti autunno invernali dove si collocano i rimanenti clusters. Nel periodo primaverile estivo si evidenzia una separazione tra i due bacini. La laguna di Marano si presenta più diluita rispetto a quella di Grado a causa dei maggiori apporti fluviali (cluster 1 e 3). Questi settori della laguna sono inoltre

caratterizzati da concentrazioni medio alte dei principali nutrienti derivanti da apporti di origine continentale. Nel cluster 4 e 5 si inseriscono invece le stazioni poste nella laguna di Grado caratterizzate da elevata salinità e minori concentrazioni di nutrienti. In tutti i campionamenti primaverili estivi la concentrazione di ossigeno è prossima alla saturazione.

Nel periodo autunno invernale si assiste ad una netta differenziazione delle masse d'acqua lagunari. Nel cluster (9) si inseriscono la maggior parte delle stazioni del campionamento di febbraio 2010, caratterizzate da un'elevata salinità e minime concentrazioni dei nutrienti mentre il cluster (6) accoglie le stazioni di febbraio 2009 maggiormente influenzate dagli apporti fluviali e con un'elevato apporto di nutrienti. Nel cluster 2 invece si collocano le stazioni del campionamento di novembre 2008 di Marano poste in prossimità dei principali sbocchi fluviali e caratterizzate da elevate concentrazioni di nutrienti, mentre nel cluster 8 si posizionano le stazioni della laguna di Grado con un minor apporto di nutrienti e maggior salinità.

Il cluster (7) si discosta dai precedenti cluster in quanto in esso si collocano le stazioni della laguna di Marano e in particolare si ritrovano 5 campionamenti effettuati in corrispondenza dello sbocco del fiume Cormor.

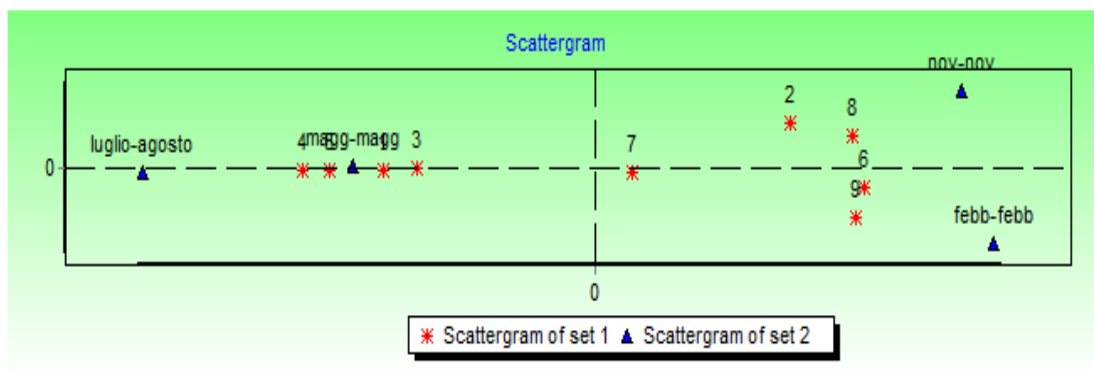


Figura 26: diagramma di dispersione delle variabili chimico fisiche.

Per studiare le variazioni spazio temporali dei principali parametri chimico-fisici della colonna d'acqua nei due principali bacini lagunari (Grado e Marano) è stata effettuata l'analisi del chi-quadrato. Nella Tabella 13 è indicata la distribuzione, nei

diversi campionamenti stagionali, delle stazioni dei 9 clusters ottenuti dopo riallocazione.

Cluster	LAG <sup>1</sup>	LAM <sup>2</sup>	NOG <sup>3</sup>	NOM <sup>4</sup>	FEG <sup>5</sup>	FEM <sup>6</sup>	MAG <sup>7</sup>	MAM <sup>8</sup>
1	2	4	0	0	0	0	1	0
2	0	0	6	2	0	0	1	0
3	0	3	0	0	0	0	1	3
4	5	5	0	0	0	0	3	3
5	5	2	0	0	0	0	5	0
6	0	0	0	4	3	0	0	4
7	0	1	0	2	0	3	0	4
8	0	0	4	4	2	0	0	0
9	0	0	0	0	5	4	0	0

Tabella 13: distribuzione delle stazioni nei 9 cluster per i parametri chimico fisici. (<sup>1</sup>campionamenti luglio 2008-agosto 2010 laguna di Grado; <sup>2</sup> campionamenti luglio 2008-agosto 2010 laguna di Marano; <sup>3</sup> campionamenti novembre 2008-novembre 2009 laguna di Grado; <sup>4</sup> campionamenti novembre 2008-novembre 2009 laguna di Marano; <sup>5</sup> campionamenti febbraio 2009-febbraio 2010 laguna di Grado; <sup>6</sup> campionamenti febbraio 2009-2010 laguna di Marano; <sup>7</sup> campionamenti maggio 2009- 2010 laguna di Grado; <sup>8</sup> campionamenti maggio 2009-2010 laguna di Marano)

Il chi-quadrato  $\chi^2$  per i dati chimico-fisici (Tabella 14) risulta essere pari a 3,27 ottenuto da chi-quadrato totale diviso per i gradi di libertà. Per la laguna di Grado tale valore è pari a 3,02 mentre a Marano corrisponde a 3,1.

Parametri chimico fisici	$\chi^2$ /GRADI DI LIBERTA'
Parametri chimico-fisici Grado/Marano (9*8)	3,27
Parametri chimico-fisici Grado (9*4)	3,02
Parametri chimico-fisici Marano (9*4)	3,1

Tabella 14: valori del chi quadrato per i dati chimico fisici.

Come si può osservare dal diagramma di dispersione (Figura 27), i parametri chimico-fisici della colonna d'acqua hanno manifestato la consueta ciclicità, con fluttuazioni evidenti delle diverse variabili durante il periodo di studio. Importanti risultano essere le differenze tra le due lagune nel periodo primaverile estivo. Nel periodo primaverile le masse d'acqua lagunari del bacino di Marano (cluster 3) si differenziano dalle stazioni di Grado (cluster 4) in quanto caratterizzate da elevate

concentrazioni di nutrienti e bassa salinità in quanto maggiormente influenzate dagli apporti fluviali. Anche nel periodo estivo (cluster 1 e 5) le due lagune presentano salinità e concentrazioni dei nutrienti molto diverse. Nel cluster 5 si inseriscono la maggior parte delle stazioni della laguna di Grado aventi caratteristiche marine e minime concentrazioni dei principali nutrienti. La dissimilarità è inoltre evidente nelle campagne autunno invernali. Il cluster (6 e 7) accoglie le stazioni poste in prossimità degli sbocchi fluviali e nelle quali risultano elevate le concentrazioni dei nutrienti mentre nei cluster 8 e 9 si collocano la maggior parte delle stazioni di Grado nelle quali i carichi dei nutrienti risultano minori e la quantità di fitoplancton riscontrata è nettamente inferiore rispetto ai due precedenti clusters.

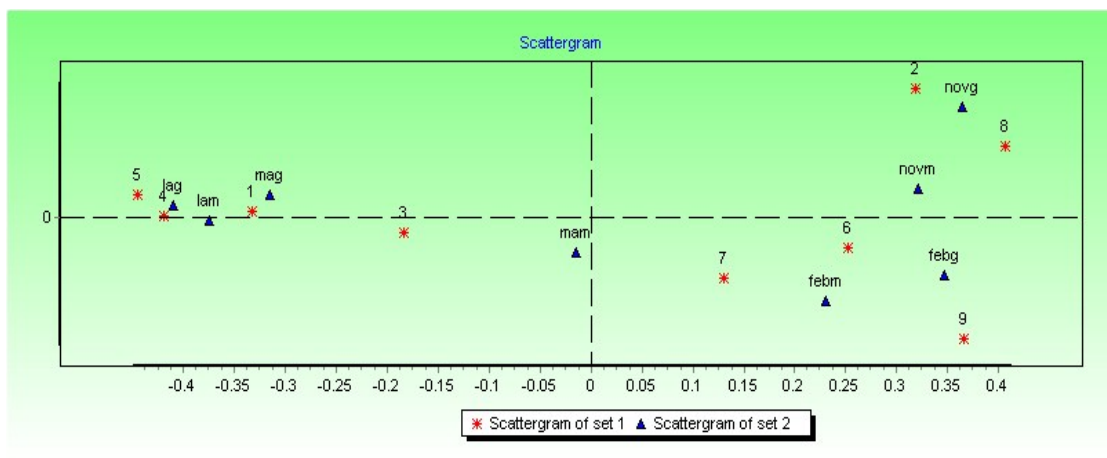


Figura 27: diagramma di dispersione delle variabili chimico-fisiche nei due bacini lagunari.

#### 4.1.4 Valore predittivo dei dati biotici nei confronti dei dati chimico-fisici

I dati chimico-fisici hanno dato una classificazione intrinseca più netta ( $E=0,74$ ) rispetto ai dati biologici ( $E=0,53$ ). Tuttavia la classificazione dei dati fitoplanctonici in base alle caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua, ha dato una separazione più netta (evenness= $0,81$ ) rispetto alla classificazione intrinseca dei dati chimico-fisici ( $E=0,74$ ). Se si considera la classificazione dei dati chimico-fisici, la separazione dei dati fitoplanctonici risulta essere minore, con evenness uguale a  $0,42$ . Tale valore risulta essere minore di quello ottenuto dalla classificazione intrinseca. Si può concludere che i dati fitoplanctonici, sono più predittivi nei confronti dei dati

chimico-fisici che viceversa. I dati fitoplanctonici sono capaci quindi di prevedere la situazione ecologica più di quanto possa farlo il chimico-fisico nei confronti dei dati biologici.

## **4.2 Analisi dei dati del fitoplancton e dei dati abiotici nelle nuove stazioni (novembre 2009-agosto 2010)**

### *4.2.1 Analisi univariata*

Di seguito vengono presentati i risultati dell'analisi qualitativa e quantitativa del fitoplancton nelle nuove stazioni. In allegato (Tabelle 11-14) è indicata la composizione quali-quantitativa del fitoplancton. Verrà inoltre analizzato l'indice di diversità della comunità fitoplanctonica, la variazione dei parametri chimico-fisici e dei nutrienti.

#### *Analisi descrittiva del fitoplancton*

##### *Campagna di novembre 2009*

L'intervallo di variazione delle abbondanze è compreso tra un minimo di 11.000 cellule/l (rinvenuto nella stazione 78) e un massimo di 885.632 cellule/l (rinvenuto nella stazione 43).

La comunità fitoplanctonica è dominata dai microflagellati 73%, seguono le criptofitee (13%) e le diatomee (12%). Irrilevante è invece il contributo dei dinoflagellati e delle euglenofitee (Grafico 11).

I microflagellati sono presenti nella laguna di Marano, e raggiungono il valore massimo pari a  $486 \cdot 10^3$  cellule/l in corrispondenza della stazione 43. Le criptofitee rappresentano la seconda componente della comunità. Sono scaramente presenti nella laguna di Grado, le maggiori concentrazioni si registrano in corrispondenza della stazione 43 e 52 della laguna di Marano. Per quanto riguarda le diatomee, in questa campagna si riscontrano presenze significative solo in corrispondenza della stazioni poste in prossimità dello sbocco fluviale del Tagliamento e dell'Isonzo (stazione 19 e 46), nelle altre stazioni la quantità è nettamente inferiore, al di sotto delle  $10 \cdot 10^3$  unità. All'interno della classe delle diatomee si osserva una netta prevalenza di diatomee pennate minori di 10  $\mu\text{m}$ .

I dinoflagellati sono scarsamente presenti in tutta l'area di studio, solo in corrispondenza della stazione 46 si registra una certa abbondanza del genere *Gyrodinium*.

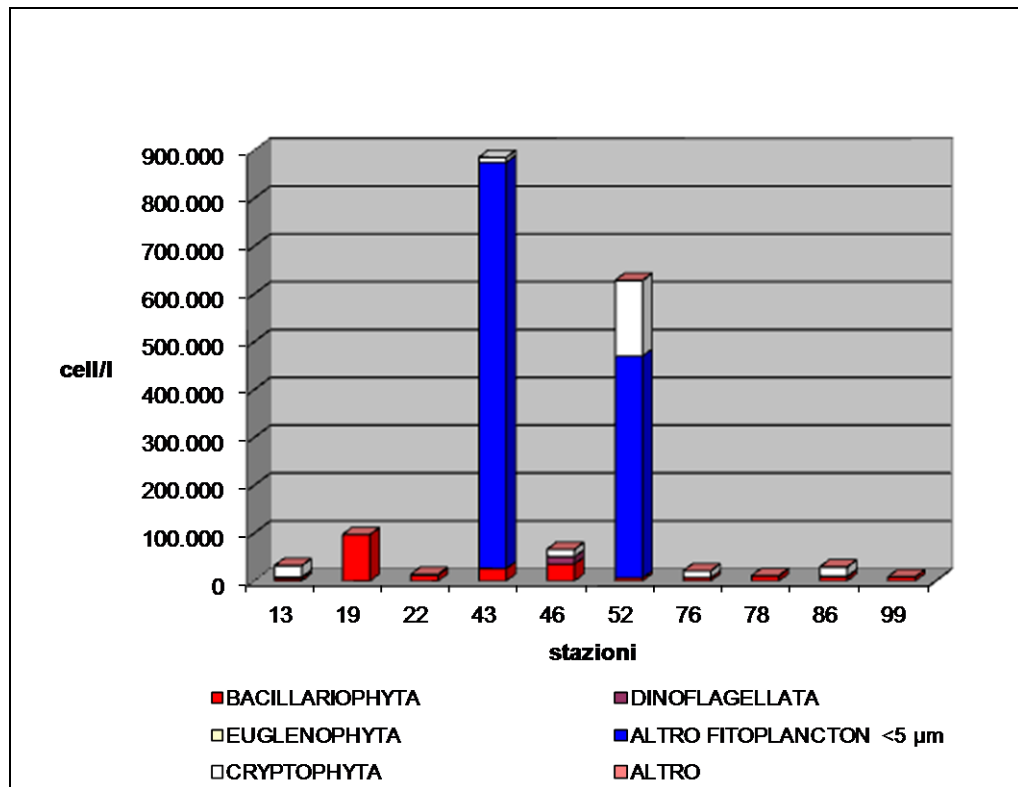


Grafico 11: fitoplacnton campagna di novembre 2009.

### *Campagna di febbraio 2010*

L'intervallo di variazione delle abbondanze è compreso tra un minimo di 12.560 cellule/l (rinvenuto nella stazione 76) e un massimo di 882.814 cellule/l (rinvenuto nella stazione 13) (Grafico 12).

I microflagellati sono la componente principale della comunità, con una percentuale pari al 81%, la rimanente parte è costituita da altre microflagellate 9%, mentre scarso è il contributo dei dinoflagellati.

In questo campionamento i microflagellati sono presenti in elevate concentrazioni in tutte stazioni, eccetto nella stazione 76. Le maggiori abbondanze si hanno in corrispondenza delle stazioni 13 ( $789 \cdot 10^3$  cellule/l) e 78 ( $612 \cdot 10^3$  cellule/l). La



seconda componente della comunità è rappresentata dalle criptoficee presenti in tutte le stazioni campionate, e raggiungono il valore massimo pari a  $82 \cdot 10^3$  cellule/l in corrispondenza della stazione 46. Per quanto riguarda le euglenoficee, le maggiori concentrazioni si sono registrate nella laguna di Marano in corrispondenza della stazione 43 ( $161 \cdot 10^3$  cellule/l). Le diatomee risultano distribuite in modo uniforme nell'area di studio. I valori medi risultano pari a  $9,2 \cdot 10^3$  cellule/l nella laguna di Grado, mentre nella laguna di Marano la concentrazione media è pari a  $54 \cdot 10^3$  cellule/l.

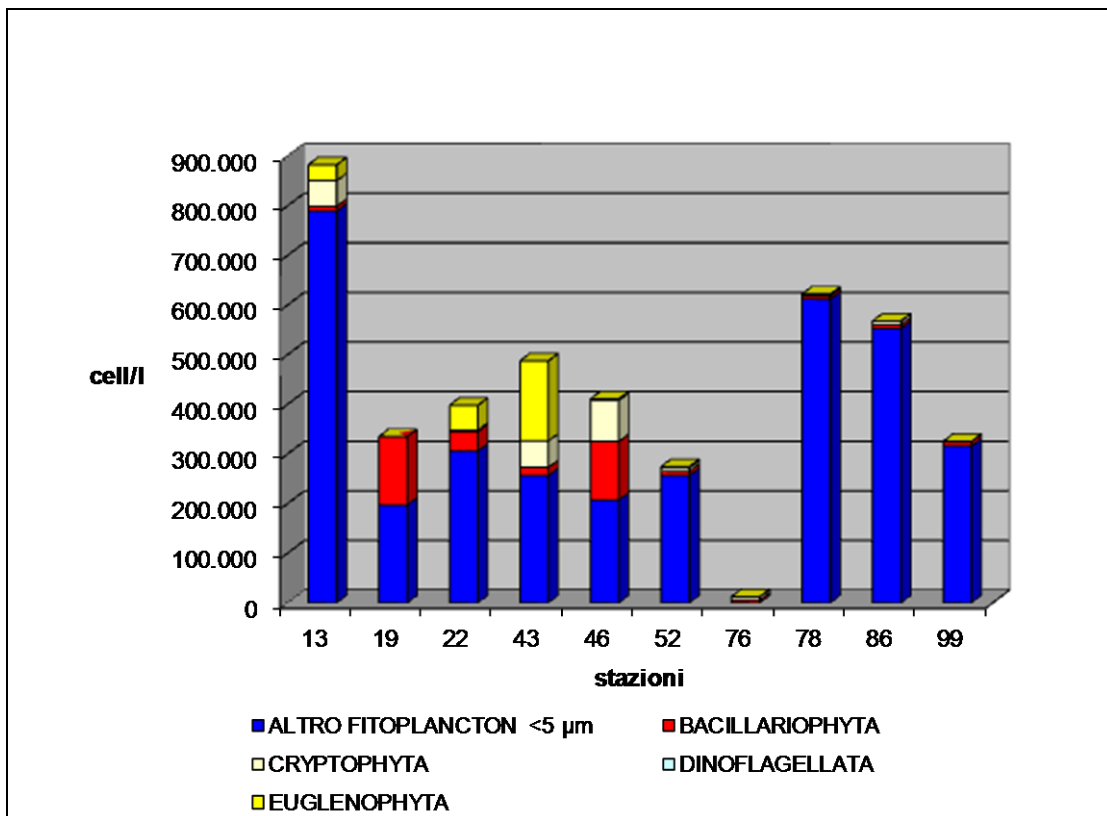


Grafico 12: fitoplacnton campagna di febbraio 2010.

### *Campagna di maggio 2010*

L'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche nella campagna di maggio 2010 è compreso tra un minimo di 7.640 cellule/l (rinvenuto nella stazione

52) ed un massimo di 10.841.400 cellule/l (rinvenuto nella stazione 13). In questa campagna (Grafico 13) si assiste ad un bloom di criptofite alla stazione 13 ( $10 \cdot 10^6$  cellule/l). Nelle rimanenti stazioni questo gruppo tassonomico è scarsamente presente, solo in corrispondenza della stazione 43 la quantità rilevata è pari a  $93 \cdot 10^3$  cellule/l. Per quanto riguarda le diatomee, si osservano differenze quantitative tra le diverse stazioni. Le maggiori concentrazioni si osservano in corrispondenza delle stazioni 13 e 43 ( $197 \cdot 10^3$ ;  $278 \cdot 10^3$  cellule/l); nei rimanenti punti di campionamento la quantità media rilevata è pari a  $10 \cdot 10^3$  cellule/l. In tutte le stazioni si osserva una netta prevalenza delle diatomee pennate di dimensioni minori di  $10 \mu\text{m}$ , che rappresentano il 93% dell'intera comunità diatomica.

I dinoflagellati non hanno svolto un ruolo determinante nella composizione della comunità, sono presenti in minima quantità nella maggior parte delle stazioni.

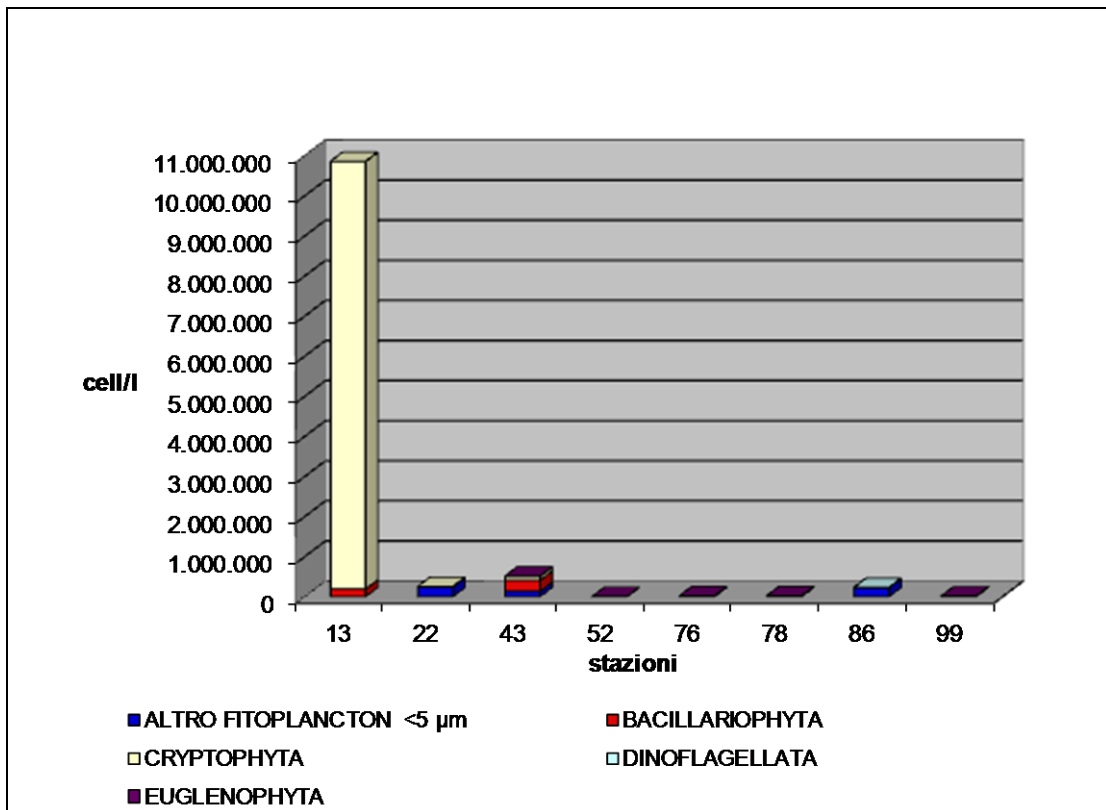


Grafico 13: fitoplacnton campagna di maggio 2010.

### *Campagna di agosto 2010*

L'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche nella campagna di agosto 2010 è compreso tra un minimo di 6.680 cellule/l (rinvenuto nella stazione 99) ed un massimo di 1.488.260 cellule/l (rinvenuto nella stazione 76). In questa campagna (Grafico 14) si assiste ad un bloom di microflagellati alla stazione 76 ( $1,4 \cdot 10^6$  cellule/l). Nelle rimanenti stazioni questo gruppo tassonomico presenta una distribuzione non uniforme, una significativa abbondanza si è registrata nella stazione 43 ( $236 \cdot 10^3$  cellule/l). La concentrazione delle diatomee ha subito un forte calo nella maggior parte delle stazioni, con un valore medio pari a  $6 \cdot 10^3$  cellule/l. Solo in corrispondenza dello sbocco fluviale dell'Isonzo la quantità rilevata è maggiore e pari a  $4 \cdot 10^3$  cellule/l. Le microalghe flagellate (criptoficee ed euglenoficee) sono scarsamente presenti.

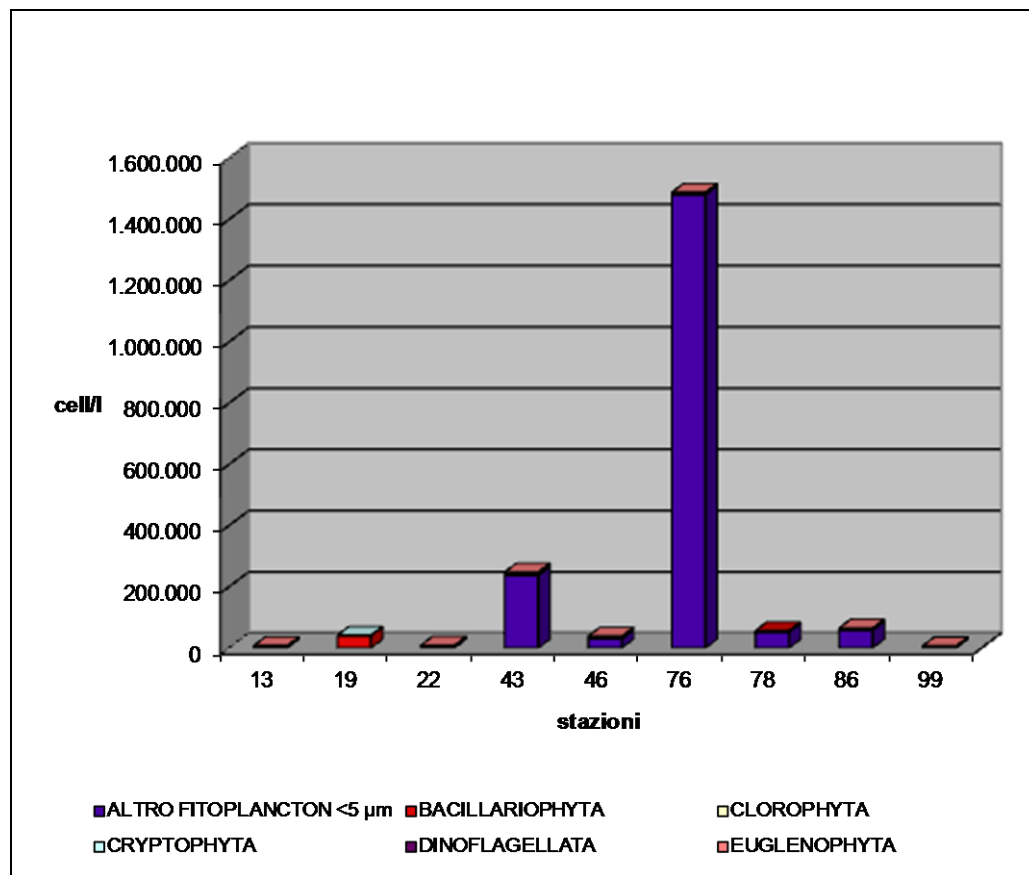


Grafico 14: fitoplacnton campagna di agosto 2010.

### *Analisi della diversità della comunità fitoplanctonica*

La diversità ( $H'$  di Shannon) nelle quattro campagne di misura (Grafico 15) è risultata essere estremamente variabile tra le diverse stazioni campionate. L'indice di diversità di Shannon ha mostrato il valore più elevato pari a 2,11 in corrispondenza della stazione 78 nel campionamento di novembre 2009, mentre il valore minimo pari a 0,102 si è osservato nella stazione 76 nel campionamento di febbraio 2010. Le variazioni spaziali più evidenti si sono avute nella campagna di febbraio 2010 nella quale l'indice tende a decrescere passando dalle stazioni poste nella laguna di Marano a quelle della laguna di Grado. Come rilevato nella precedente analisi i valori più elevati di diversità si sono avuti nella campagna di novembre 2009.

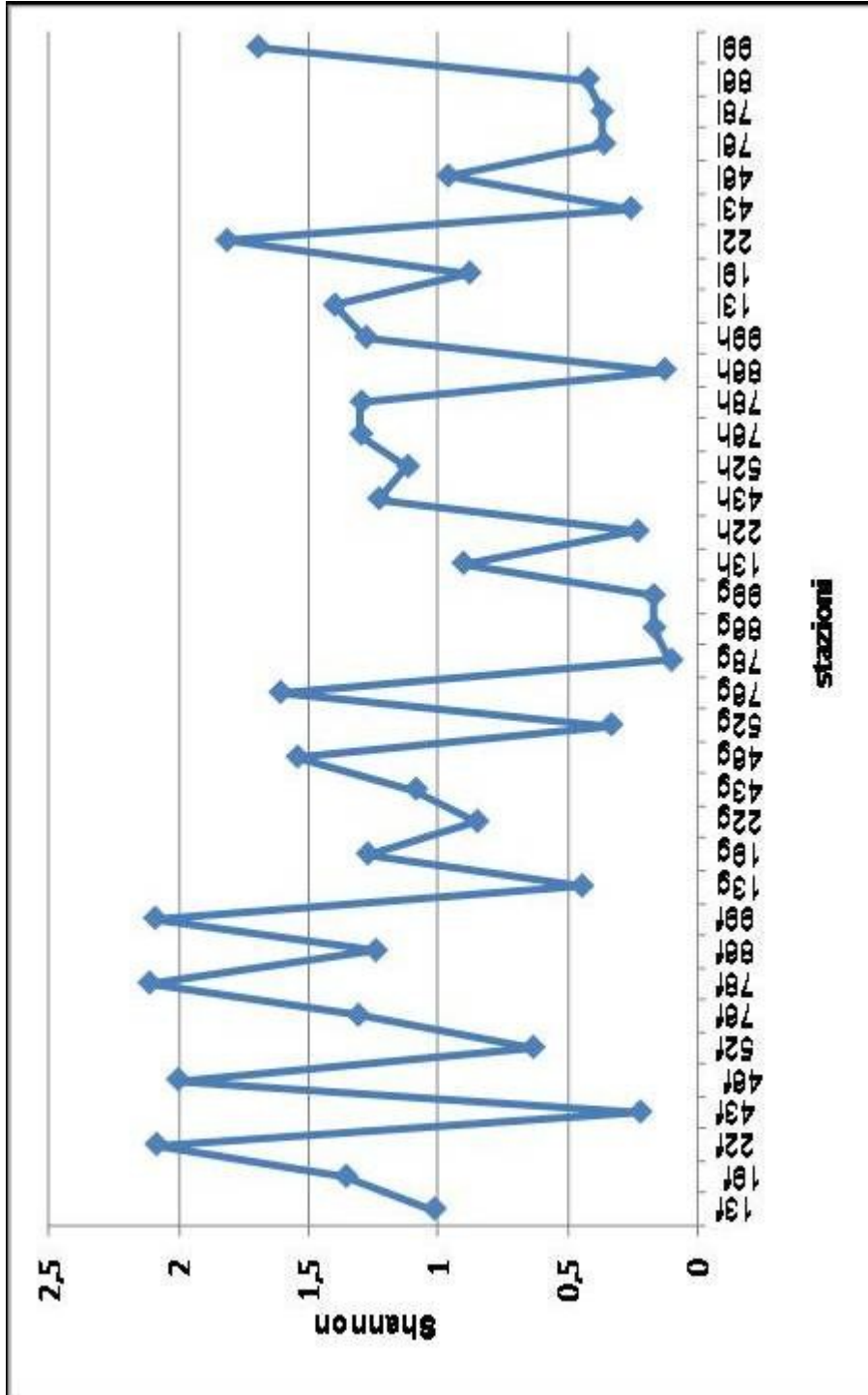


Grafico 15: andamento dell'indice di Shannon (campagna novembre 2009-agosto 2010).

### *Analisi descrittiva dei parametri chimico-fisici e dei nutrienti*

Di seguito verranno analizzate per singola campagna (novembre 2009-agosto 2010) le variazioni, nei primi 40 cm di profondità, dei principali parametri chimico-fisici della colonna d'acqua (allegati Tabelle 43-46). In questo paragrafo verranno inoltre presentate le variazioni dei principali nutrienti nelle quattro campagne di misura (allegati: Tabella 47).

#### *Campagna di novembre 2009*

##### Temperatura

Nella campagna di novembre 2009 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 9,7 °C (stazione 19) e un massimo di 13,8 °C (stazione 99).

Non si osservano variazioni rilevanti di temperatura tra le diverse stazioni; solo lo sbocco fluviale dell'Isonzo presenta valori termici inferiori rispetto ai rimanenti sottobacini.

##### Salinità

Nelle aree poste in prossimità dello sbocco fluviale dell'Isonzo e del Tagliamento si assiste ad una notevole diminuzione della salinità con valori minimi pari rispettivamente a 1,1 e 14,3 psu, nelle rimanenti stazioni la concentrazione salina si mantiene al di sopra dei 19,0 psu, raggiungendo il valore massimo pari a 32,5 psu nella laguna di Grado (stazione 76).

##### Ossigeno disciolto

In questo campionamento non si evidenziano differenze significative della concentrazione di ossigeno nelle diverse stazioni. La percentuale di saturazione dell'ossigeno si mantiene al di sopra del 80% nella maggior parte delle stazioni, solo in corrispondenza della stazione 22 si evidenzia un lieve decremento fino a raggiungere valori pari a 69,3%.

## Clorofilla *a*

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella maggior parte delle stazioni, sempre al di sotto di 1,0 µg/L; solo in corrispondenza della stazione 13 si osserva un lieve incremento della clorofilla *a* con concentrazioni maggiori di 3,0 µg/L.

## *Campagna di febbraio 2010*

### Temperatura

Nella campagna di febbraio 2010 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 4,7 °C (stazione 86) e un massimo di 8,1 °C (stazione 46).

Rispetto alla campagna precedente le variazioni di temperatura tra le diverse stazioni sono più evidenti. In particolare le stazioni di Marano presentano temperature medie superiori rispetto a quelle rilevate a Grado. Valori superiori ai 7,0 °C sono stati registrati nelle aree prossime allo sbocco fluviale del Tagliamento (stazioni 13 e 22).

### Salinità

In questa campagna si sono osservate evidenti variazioni spaziali di questo parametro. Il range di variazione è compreso tra un minimo di 2,2 psu (stazione 19) e un massimo di 33,7 psu (stazione 76). I valori minimi sono stati registrati nella laguna di Marano (stazioni 13 e 22), mentre nelle stazioni di Grado la concentrazione salina si mantiene al di sopra dei 30,0 psu. Da segnalare infine, come osservato nella precedente campagna, la notevole differenza di concentrazione salina tra le stazioni poste in prossimità degli sbocchi fluviali del Tagliamento e dell'Isonzo, con valori maggiori di 12,0 psu per lo sbocco del Tagliamento e minore di 2,0 psu per la foce dell'Isonzo.

### Ossigeno disciolto

Non si evidenziano differenze significative della concentrazione di saturazione dell'ossigeno nelle diverse stazioni. La percentuale di saturazione si mantiene al di sopra del 90% nella maggior parte delle stazioni.

## Clorofilla *a*

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella maggior parte delle stazioni, sempre al di sotto di 0,4 µg/L; solo in corrispondenza della stazione 46 si osserva un lieve incremento, con una concentrazione maggiore di 1,0 µg/L nei primi strati superficiali.

### *Campagna di maggio 2010*

#### Temperatura

Nel mese di maggio 2010 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 11,1 °C (stazione 19) e un massimo di 20,6 °C (stazione 86).

In questa campagna le differenze di temperatura tra le diverse stazioni sono molto evidenti. In particolare le stazioni di Marano presentano temperature medie inferiori rispetto a quelle rilevate a Grado. Notevole inoltre risulta la diminuzione termica in corrispondenza degli sbocchi fluviali del Tagliamento e dell'Isonzo.

#### Salinità

L'intervallo di variazione della salinità è compreso tra un minimo di 0,2 psu (stazione 19) e un massimo di 25,2 psu (stazione 76). Rispetto alla precedente campagna la salinità risulta minore nella maggior parte dei sottobacini lagunari. Questa diminuzione è particolarmente evidente nella laguna di Grado nella quale la salinità presenta valori massimi di 25,2 psu rispetto a 33,7 psu del campionamento di febbraio 2010.

#### Ossigeno disciolto

Non si evidenziano differenze significative della concentrazione di saturazione dell'ossigeno nelle diverse stazioni. La percentuale di saturazione si mantiene al di sopra del 90% nella maggior parte delle stazioni.



### Clorofilla a

I valori più elevati di clorofilla *a*, sono stati registrati nella laguna di Marano, con un massimo pari a 5,6 µg/l in corrispondenza della stazione 13. Nei rimanenti sottobacini la concentrazione si mantiene al di sotto di 1,0 µg/l.

### *Campagna di agosto 2010*

#### Temperatura

Nella campagna di agosto 2010 i valori di temperatura rilevati sono compresi tra un minimo di 20,13 °C (stazione 19) e un massimo di 28,26 °C (stazione 76).

In questo campionamento si osserva una differenza termica di 8 °C tra la stazione posta in prossimità dello sbocco del fiume Isonzo e i rimanenti sottobacini. Nella quasi totalità delle stazioni la temperatura risulta maggiore di 26,0 °C, con una lieve diminuzione si osserva in corrispondenza delle stazioni 46 (foce Tagliamento) e 13.

#### Salinità

Il range di variazione è compreso tra un minimo di 3,7 psu (stazione 19) e un massimo di 31,3 psu (stazione 76). I valori minimi sono stati registrati nella laguna di Marano (stazioni 13 e 22), mentre nelle stazioni di Grado la concentrazione salina si mantiene al di sopra dei 26,5 psu.

#### Ossigeno disciolto

In questa campagna non si osservano differenze significative della concentrazione di ossigeno nelle diverse stazioni. La percentuale di saturazione si mantiene al di sopra del 80% nella maggior parte delle stazioni, solo in corrispondenza della stazione 43 la concentrazione risulta minore del 66%.

### Clorofilla a

I valori di clorofilla *a*, si mantengono, nella maggior parte delle stazioni, sempre al di sotto di 0,6 µg/L; solo in corrispondenza della stazione 43 si osserva un lieve incremento, con una concentrazione maggiore di 1,0 µg/L.

### *Concentrazione dei nutrienti*

Nei quattro campionamenti effettuati nelle nuove stazioni (allegati: Tabella 47) le maggiori concentrazioni dei principali nutrienti sono state registrate in corrispondenza dei sottobacini della laguna di Marano. La stazione 22, posta nella parte più orientale del bacino, è risultata essere la più ricca di composti azotati sotto forma di azoto nitrico e nitroso. I nitrati presentano le concentrazioni più elevate a novembre 2009 e a maggio 2010, con valori rispettivamente 136,56 e 204,28  $\mu\text{M}$ . Nelle stazioni di Grado i valori risultano nettamente inferiori in tutte le campagne di misura. Per quanto riguarda le concentrazioni dell'azoto ammoniacale, i valori più elevati sono stati registrati in corrispondenza della stazione 43 a causa del minor ricambio idrico e quindi ad una scarsa circolazione della massa d'acqua lagunari dovuto principalmente alla morfologia del corpo idrico stesso.

In tutte le stazioni campionate la concentrazione dei fosfati risulta estremamente scarsa, 0,01  $\mu\text{M}$ , ad eccezione della stazione 22 nella quale il valore medio è di 1,57  $\mu\text{M}$ .

### *4.2.2 Analisi multivariata del fitoplancton*

#### *Trasformazione dei dati biotici e costruzione della matrice di similarità e classificazione gerarchica*

Il dati del fitoplancton delle quattro campagne di prelievo sono stati trasformati in dati binari di presenza/assenza dei singoli taxa. È stata costruita la matrice di similarità con l'utilizzo dell'indice di Jaccard e si è adottato l'algoritmo di classificazione gerarchica del legame completo in quanto maggiormente utile a definire i sottogruppi di somiglianza. Di seguito è riportato il dendrogramma ottenuto (Figura 28).

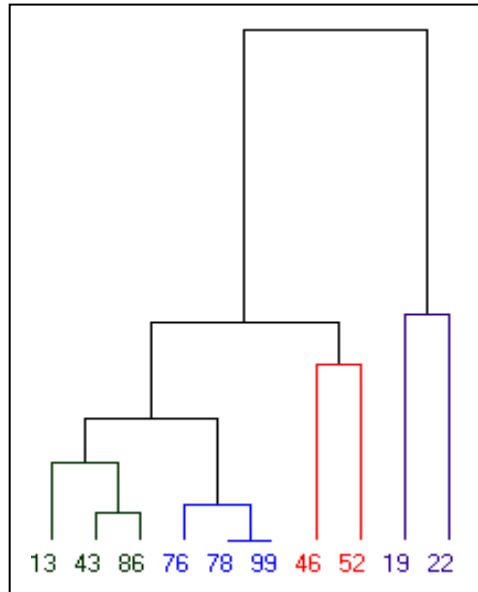


Figura 28: dendrogramma relativo alla somiglianza tra stazioni di campionamento del fitoplancton (dati binari) dei campionamenti da novembre 2009-agosto 2010.

La classificazione dei campioni in base alla composizione floristica ha permesso l'individuazione di 4 gruppi.

Di seguito verranno analizzati i singoli cluster considerando la media dei valori delle variabili chimico fisiche della colonna d'acqua (Tabella 15).

PARAMETRI ABIOTICI	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4
Temperatura media	12,77	13,46	13,17	11,42
Salinità media	26,01	31,93	23,13	10,48
PH medio	8,05	8,00	8,03	7,97
% ossigeno	78,02	69,55	81,55	80,65
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,99	0,76	0,91	0,71
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	6,08	4,75	2,89	2,38
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	35,00	17,47	75,29	113,89
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,01	0,01	0,01	0,11

Tabella 15: valori medi delle variabili chimico-fisiche.

Nel primo cluster la comunità è costituita in prevalenza dalla classe delle bacillariofite. Le specie maggiormente presenti sono *Cocconeis sp.*, *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia sp.*, *Navicula sp.*, *Pleurosigma sp.* Abbondanti inoltre risultano le diatomee di piccole dimensioni.

In questo gruppo si inseriscono due stazioni della laguna di Marano (stazione 13 e 43) e la stazione 86 di Grado caratterizzate da concentrazioni saline medie e temperature al di sopra dei 12 °C; la concentrazione di azoto nitrico e fosforo è rispettivamente 35,00 e 0,01 µM.

Nel secondo gruppo le diatomee risultano essere la classe prevalente. Sono state osservate diverse specie marine vista l'elevata salinità che contraddistingue questo gruppo. Le specie più diffuse sono *Chaetoceros sp.*, *Cerataulina pelagica*, *Leptocylindrus danicus*, *Guinardia flaccida*, *Guinardia striata*, *Ditylum brightwellii*, *Proboscia alata* e *Thalassionema nitzschioides*. Importante inoltre è la presenza di diatomee pennate di piccole dimensioni e di diatomee centriche. Tra i dinoflagellati la specie maggiormente diffusa è *Prorocentrum micans*. E' da rilevare infine la presenza di elevate quantità di microflagellati.

Il secondo gruppo comprende 3 stazioni situate nella laguna di Grado (76, 78 e 99) caratterizzate da un'elevata salinità, e concentrazioni dei principali nutrienti nettamente inferiori rispetto ai rimanenti sottobacini.

Nel terzo gruppo le diatomee risultano essere la classe prevalente. Tra le specie maggiormente diffuse si possono ricordare *Cylindrotheca closterium*, *Cocconeis sp.*, mentre *Coscinodiscus sp.*, *Cyclotella sp.*, si ritrovano solamente in questo gruppo. Si è individuata inoltre *Diatoma vulgare* sia in questo cluster che nel successivo. La quantità dei microflagellati è inferiore rispetto ai precedenti cluster.

Il cluster 3 si separa dai due precedenti in quanto la salinità media è pari a 23,13 psu, a causa dei maggiori apporti di acqua dolce che interessano questo settore della laguna; inoltre la concentrazione di azoto nitrico e ortofosfato è rispettivamente 75,29 e 0,01 µM. In esso si inseriscono le stazioni 46 posta in prossimità dello sbocco del fiume Tagliamento e la stazione 52 situata nella laguna di Marano.

Nel quarto cluster la composizione floristica è diversa rispetto alle rimanenti aree di indagine. In questo gruppo si osservano minori concentrazioni di diatomee pennate di piccole dimensioni, mentre risultano assenti le specie marine. Importante risulta la presenza di *Bacillaria paradoxa* che predilige acque di rifiuto ricche di sostanza organica. E' da segnalare infine la presenza in questo cluster delle diatomee *Diatoma ehrenbergii*, *Diatoma sp.* e *Diatoma vulgaris*, quest'ultime due presenti anche nel cluster 3.

Nel cluster 4 si inseriscono la stazione 19, posta in prossimità dello sbocco del fiume Isonzo, e la stazione 22 della laguna di Marano. Il quarto cluster si separa dal precedente in quanto si assiste ad una diminuzione della salinità ed un aumento della concentrazione dei nutrienti.

### **4.3 Analisi dei dati del fitoplancton e dei dati abiotici con cadenza mensile**

#### *4.3.1 Analisi univariata*

Di seguito vengono analizzate le variazioni quali-quantitative del fitoplancton in ciascuna campagna mensile. In allegato (Tabelle 15-24) è riportata la composizione del fitoplancton in ogni stazione campionata. Verrà inoltre analizzato l'indice di diversità della comunità fitoplanctonica, la variazione dei parametri chimico-fisici e dei nutrienti.

#### *Analisi descrittiva del fitoplancton*

##### *Campagna di maggio 2010*

In questa campagna (Grafico 16) si assiste ad un bloom di criptoficee alla stazione Cavanata con concentrazioni maggiori di  $2 \cdot 10^6$  cellule/l; nei rimanenti punti di campionamento questo gruppo tassonomico è scarsamente presente, una certa abbondanza pari a  $364 \cdot 10^3$  cellule/l si osserva solo in corrispondenza della stazione 17. Le diatomee sono presenti in tutte le stazioni, con concentrazioni comprese tra  $100 \cdot 10^3$  e  $337 \cdot 10^3$ , solo nella stazione 71 la concentrazione è di poco superiore alle  $5 \cdot 10^3$  unità. Le diatomee pennate di dimensioni minori di  $10 \mu\text{m}$  sono presenti in tutta l'area di studio e costituiscono una quota importante dell'intera comunità diatomica. La distribuzione spaziale dei microflagellati appare omogenea nella

maggior parte delle stazioni, con concentrazioni maggiori a  $130 \cdot 10^3$  cellule/l; solo in corrispondenza della stazione Stella non si è riscontrata la loro presenza.

I dinoflagellati sono scarsamente presenti, è da segnalare tuttavia  $4 \cdot 10^3$  cellule/l di *Prorocentrum minimum* nella stazione 43.

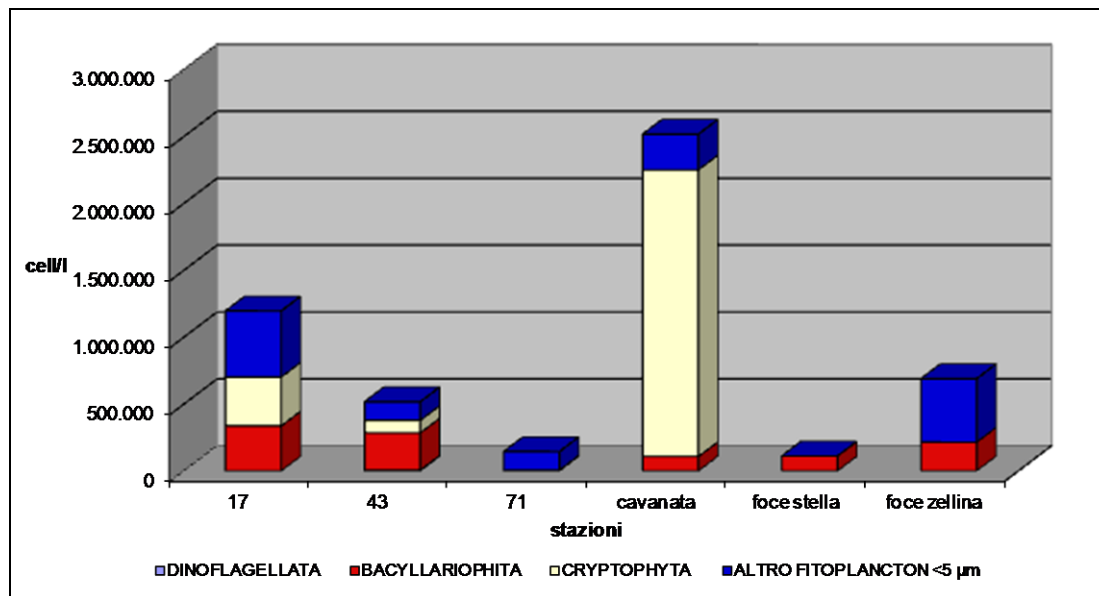


Grafico16: campionamento fitoplancton maggio 2010.

### Campagna di giugno 2010

In questa campagna (Grafico 17) si assiste ad un bloom di criptofite alla stazione 17 ( $8,9 \cdot 10^6$  cellule/l). Nelle rimanenti stazioni questo gruppo tassonomico è presente, in minima quantità, solo in corrispondenza dello sbocco fluviale del fiume Zellina. Come nella campagna precedente le diatomee pennate di piccole dimensioni costituiscono una quota importante della comunità, nella maggior parte delle stazioni. Le concentrazioni più elevate pari a  $2 \cdot 10^6$  e  $770 \cdot 10^3$  cellule/l si sono registrate rispettivamente in corrispondenza della stazione 43 e stazione Cavanata. In queste ultime due stazioni importante risulta inoltre la presenza dei microflagellati.

I dinoflagellati sono scarsamente presenti in tutte le stazioni campionate, eccetto nella stazione Cavanata dove risulta elevata la concentrazione di *Prorocentrum micans*.

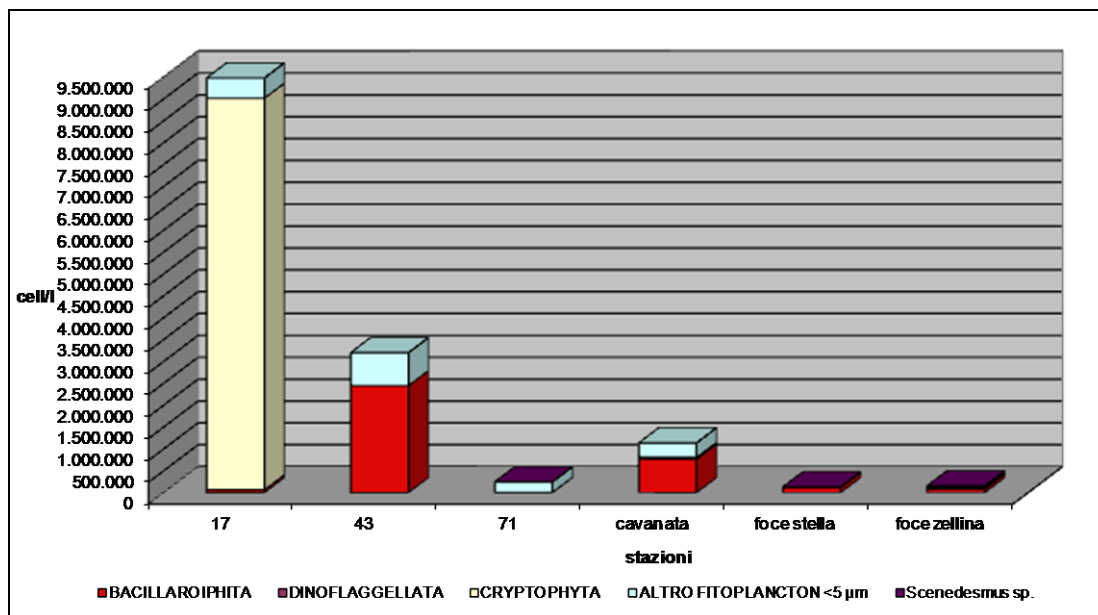


Grafico 17: fitoplancton campagna di giugno 2010.

#### *Campionamento di luglio 2010*

L'intervallo di variazione delle abbondanze è compreso tra un minimo di 37.709 cellule/l (stazione 71) e un massimo di 20.118.275 cellule/l (stazione Zellina).

In questa campagna (Grafico 18), le concentrazioni fitoplanctoniche sono inferiori rispetto a quelle riscontrate nei campionamenti precedenti (maggio e giugno 2010). Solo in corrispondenza della stazione Zellina è stata rilevata un'elevata quantità di cellule fitoplanctoniche pari a  $20 \cdot 10^6$  cellule/l dovuta ad un bloom di criptoficee. Nelle rimanenti stazioni le criptoficee sono presenti solo in corrispondenza della stazione 17, con una concentrazione pari a  $78 \cdot 10^3$  cellule/l. Questa stazione inoltre è caratterizzata dalla presenza del gruppo delle euglenoficee. I microflagellati sono presenti in quantità minore rispetto al precedente campionamento. Le maggiori concentrazioni si sono registrate in corrispondenza delle stazioni 17 e 43 ( $148 \cdot 10^3$  e  $296 \cdot 10^3$  cellule/l). Le diatomee sono presenti in tutte le stazioni campionate, con le maggiori abbondanze nella stazione 17 e Zellina. Da rilevare inoltre, in quest'ultima la presenza di elevate concentrazioni di *Bacillaria paradoxa*.

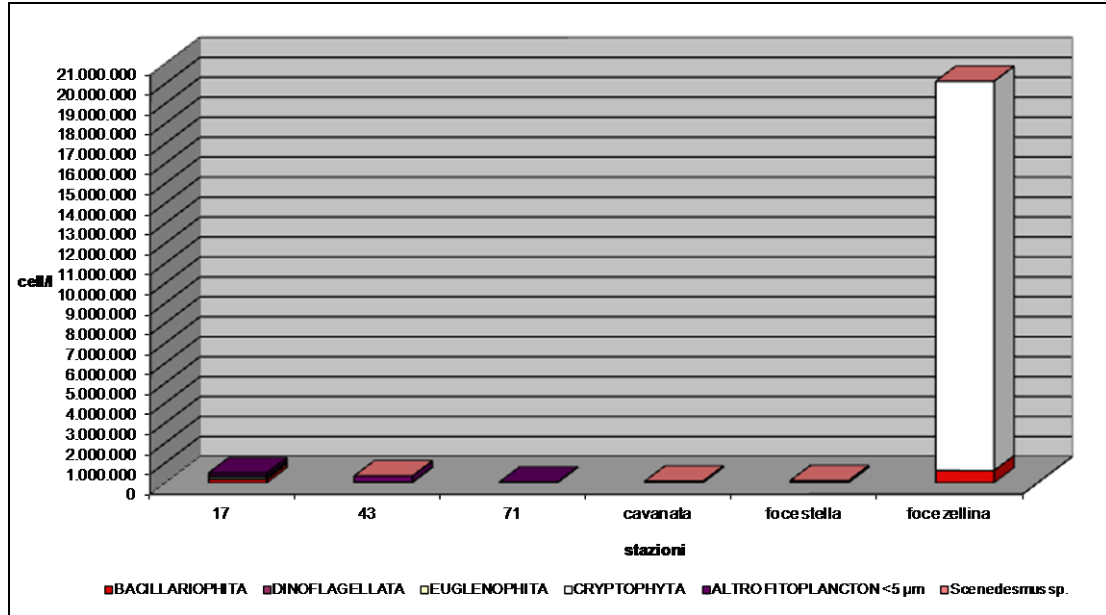


Grafico 18: fitoplancton campagna di luglio 2010.

### Campagna di agosto 2010

In questa campagna (Grafico 19) si assiste ad un bloom di *Cylindrotheca closterium* alla stazione 17 ( $3 \cdot 10^6$  cellule/L). Oltre al picco della 17, le diatomee sono presenti in elevate concentrazioni in corrispondenza della stazione Cavanata. La comunità è costituita in prevalenza da diatomee pennate di piccole dimensioni, notevole risulta la presenza di *Striatella unipunctata* e di *Cylindrotheca closterium*. Inoltre in questa stazione è stata rinvenuta *Chattonella sp.*, con una concentrazione pari a  $3 \cdot 10^6$  cellule/l. Alcune specie appartenenti a questo genere, nella maggior parte dei casi provocano una colorazione dell'acqua con una diminuzione della visibilità, ed eventualmente morie di pesci e invertebrati acquatici a causa delle conseguenti condizioni di ipossia (Pezzolesi *et al.*, 2007).

Questa stazione è caratterizzata da elevate concentrazioni di dinoflagellati, scarsamente presenti nelle rimanenti stazioni campionate. Le microalghe flagellate (criptoficee) sono presenti in elevate concentrazioni ( $1 \cdot 10^6$  cellule/l) solo nella stazione Zellina.



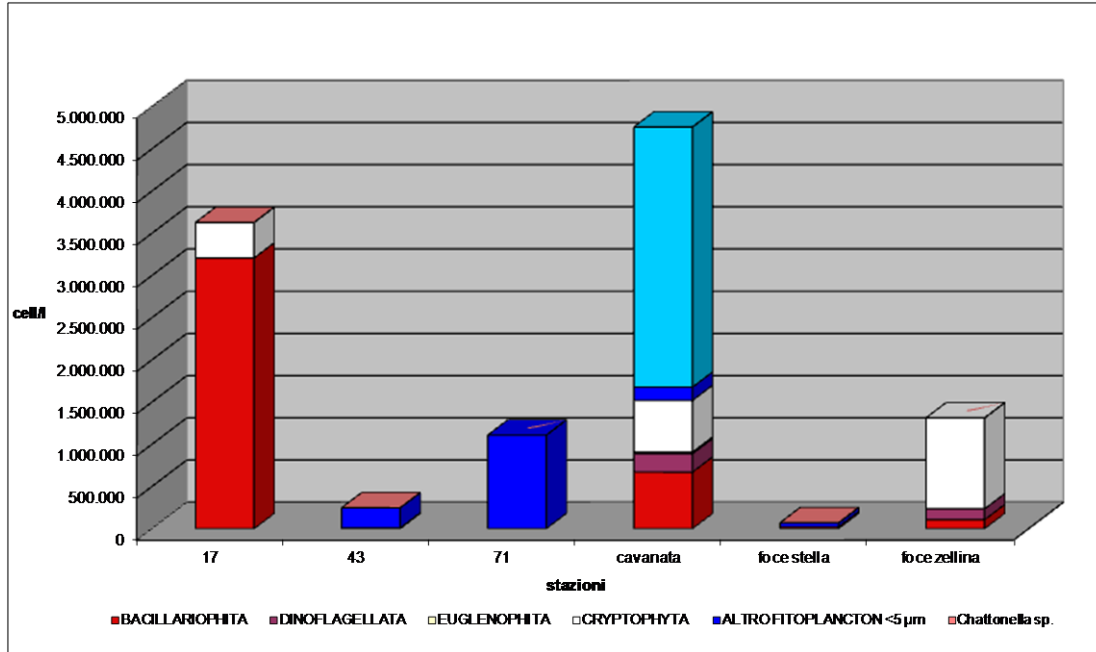


Grafico 19: fitoplancton campagna di agosto 2010.

### *Campagna di settembre 2010*

Rispetto al campionamento precedente la quantità di fitoplancton rilevata è nettamente inferiore. L'intervallo di variazione delle abbondanze fitoplanctoniche è compreso tra un minimo di 25.075 cellule/l (stazione 71) e un massimo di 716.299 cellule/l (stazione Cavanata). In questa campagna (Grafico 20) la comunità è costituita in prevalenza dai microflagellati in tutte le stazioni campionate, che raggiungono la massima concentrazione nella stazione Cavanata ( $182 \cdot 10^3$  cellule/l). In questa stazione importante è la presenza delle criptoficee, scarsamente presenti nei rimanenti sottobacini. Notevole è la diminuzione, in tutte le stazioni campionate, delle diatomee rispetto alla campagna di agosto 2010. Infine, scarsamente presenti risultano essere i dinoflagellati.

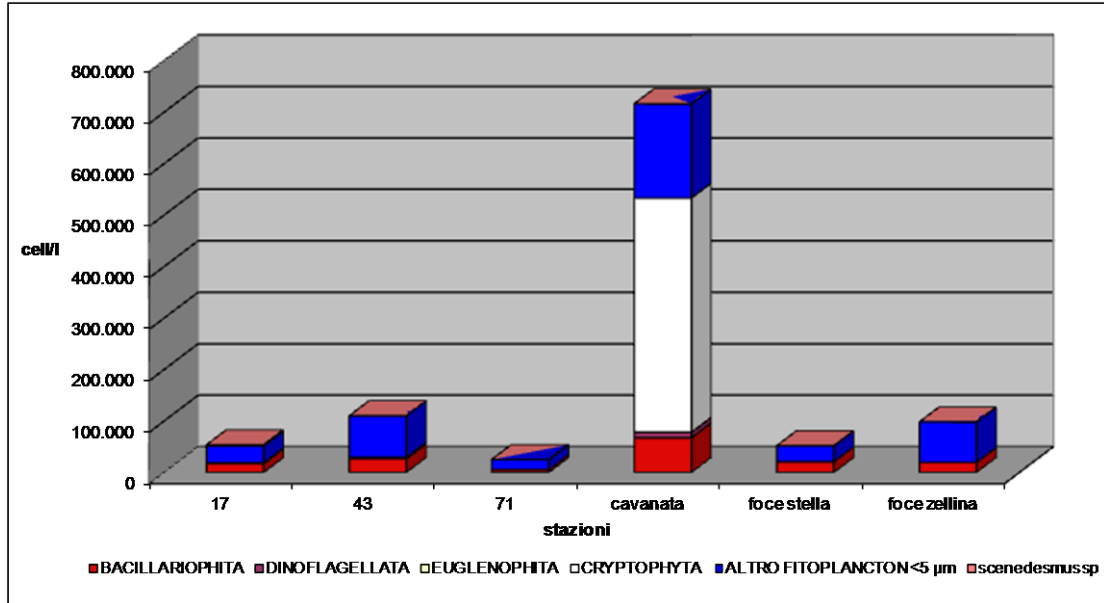


Grafico 20: fitoplancton campagna di settembre 2010.

### *Campagna di gennaio 2011*

In questa campagna (Grafico 21) si assiste ad un bloom di euglenoficee ( $5,7 \cdot 10^6$  cellule/l) allo sbocco del fiume Cormor (stazione 17). Oltre al picco alla stazione 17, un'elevata concentrazione fitoplanctonica si è riscontrata solo in corrispondenza della stazione Cavanata nella quale la comunità è costituita prevalentemente da microflagellati ( $4,2 \cdot 10^6$  cellule/l), significativa è inoltre la presenza delle diatome, tra le quali si evidenziano le pennate di piccole dimensioni, e le specie marine *Chaetoceros sp.*, e *Licmophora sp.* Questa stazione è caratterizzata inoltre da elevate concentrazioni di dinoflagellati, scarsamente presenti nelle rimanenti stazioni campionate. Le microalghe flagellate (criptoficee) sono presenti in corrispondenza delle stazioni 17 e Cavanata con concentrazioni di poco inferiori a  $100 \cdot 10^3$  cellule/l.

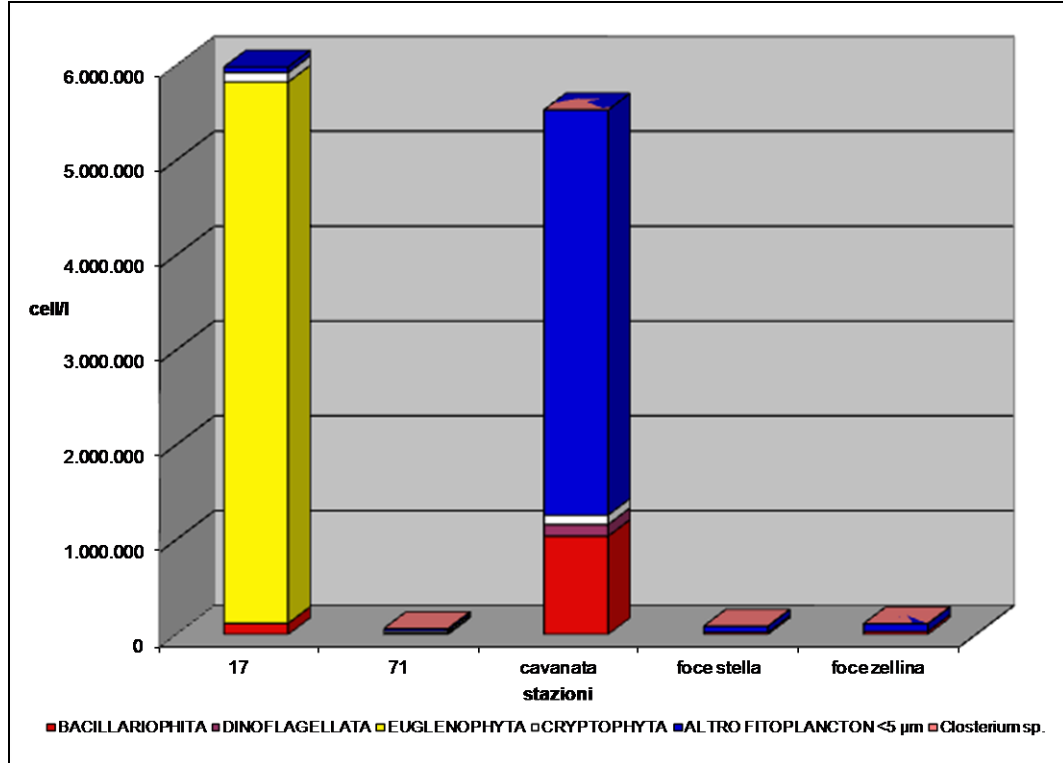


Grafico 21: fitoplancton campagna di gennaio 2011.

### *Campagna di febbraio 2011*

L'intervallo di variazione delle abbondanze è compreso tra un minimo di  $166 \cdot 10^3$  cellule/l (stazione Zellina) e un massimo di  $9,2 \cdot 10^6$  cellule/l (stazione Cavanata).

In questa campagna (Grafico 22) si assiste ad un bloom di microflagellati nella stazione Cavanata. Il gruppo dei microflagellati è presente nella quasi totalità delle rimanenti stazioni, in quantità nettamente inferiore rispetto alla stazione Cavanata.

Nei rimanenti sottobacini la composizione tassonomica è dominata dalle euglenoficee che raggiungono la massima concentrazione pari a  $246 \cdot 10^3$  cellule/L nella stazione 17 e costituiscono il 60% dell'intera comunità. Importante inoltre è la presenza delle criptoficee maggiormente presenti nella laguna di Marano, in corrispondenza delle stazioni 43 e 71 con una concentrazione media di  $200 \cdot 10^3$  cellule/l.

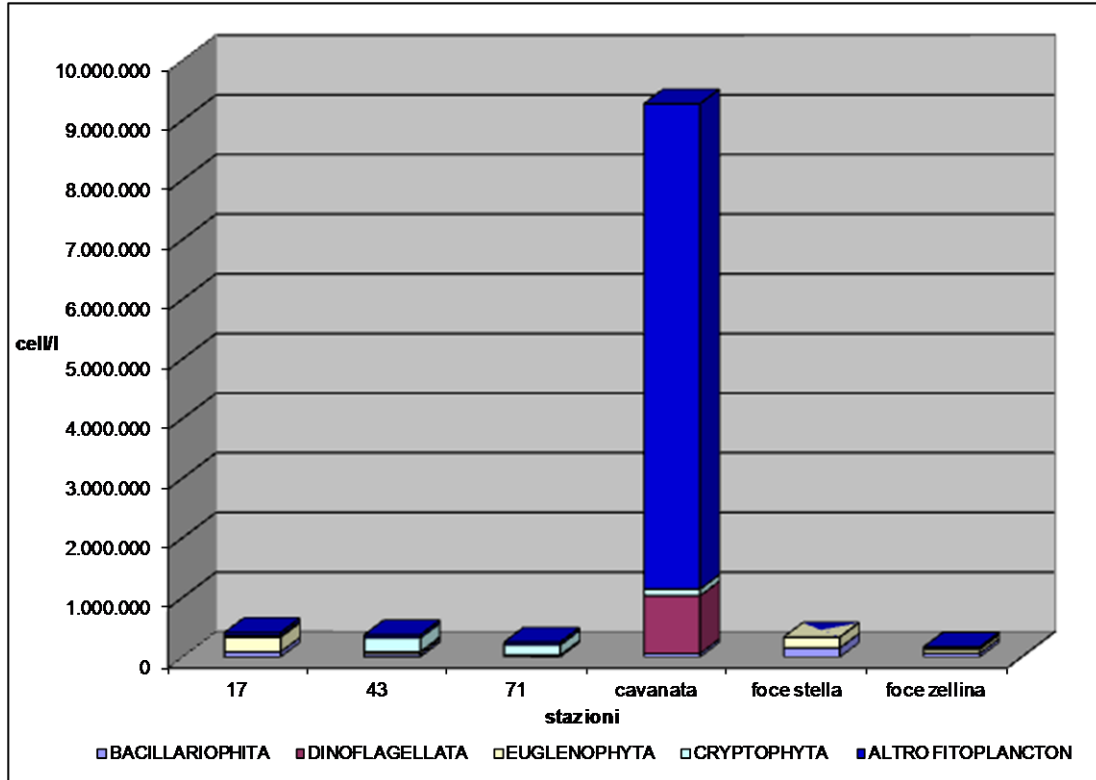


Grafico 22: fitoplancton campagna di febbraio 2011.

### Campagna di marzo 2011

L'intervallo di variazione delle abbondanze è compreso tra un minimo di  $37 \cdot 10^3$  cellule/l (stazione 71) e un massimo di  $2,2 \cdot 10^6$  cellule/l (stazione 43).

In questa campagna (Grafico 23) si assiste ad un bloom di euglenoficee alla stazione 43 ( $1,6 \cdot 10^6$  cellule/l). Nelle rimanenti stazioni le euglenoficee sono presenti solo in corrispondenza della stazione 17, con una concentrazione pari a  $446 \cdot 10^3$  cellule/L. In questa stazione inoltre risulta elevata la concentrazione delle diatomee, tra le quali si evidenziano le diatomee pennate di piccole dimensioni e i generi *Cocconeis sp.*, *Gyrosigma fasciola*, e *Navicula sp.* Le diatomee sono inoltre abbondanti in corrispondenza della stazione Cavanata con una netta prevalenza della diatomea pennata *Cylindrotheca closterium*.

Rispetto alla campagna precedente la quantità di microflagellati è nettamente inferiore in tutte le stazioni campionate, il valore massimo si è registrato in corrispondenza della stazione Cavanata ( $920 \cdot 10^3$  cellule/l).

Questa stazione è caratterizzata inoltre dalla presenza di *Prorocentrum minimum* in elevate concentrazioni ( $500 \cdot 10^3$  cellule/l).

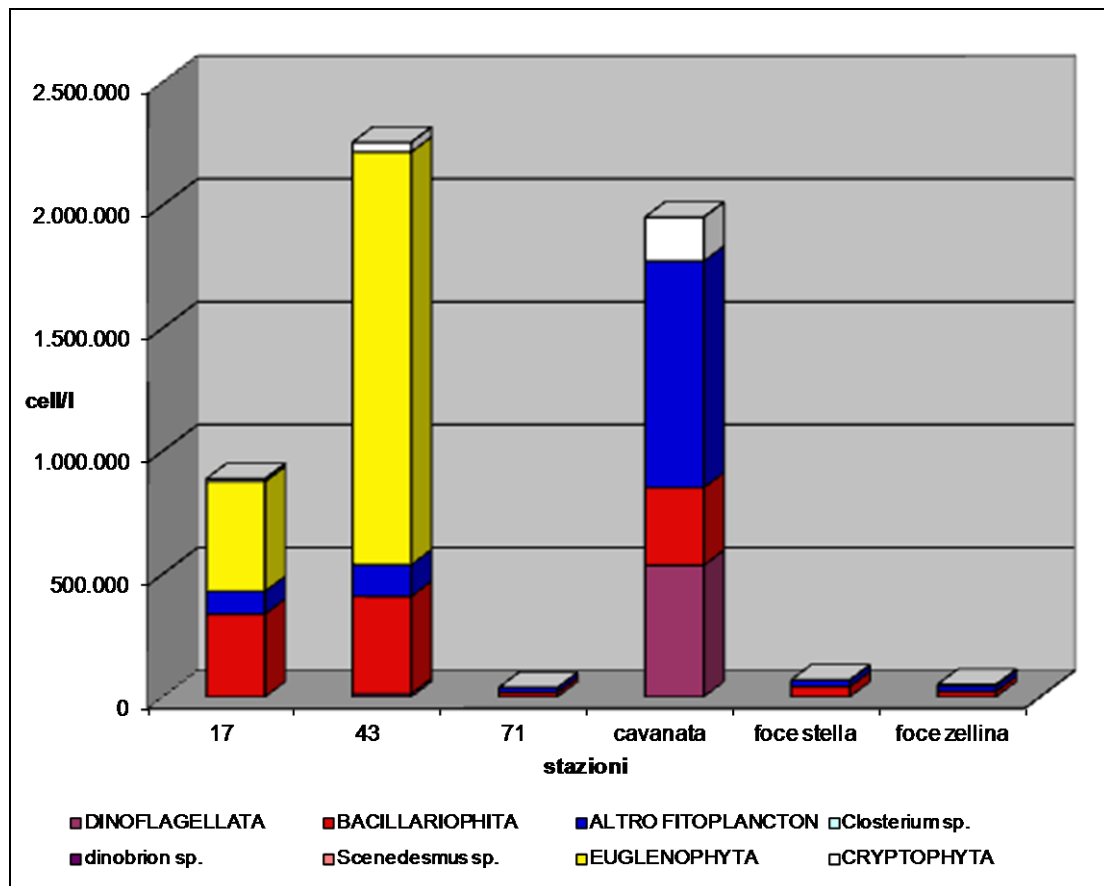


Grafico 23: fitoplancton campagna di marzo 2011.

### *Campagna di aprile 2011*

In questa campagna (Grafico 24) la quantità di fitoplancton rilevata è nettamente inferiore rispetto al precedente campionamento. La maggiore concentrazione pari a  $605 \cdot 10^3$  cellule/l si è registrata in corrispondenza della stazione 17 con una netta prevalenza delle criptoficee, scarsamente presenti nei rimanenti sottobacini. Nelle rimanenti stazioni la comunità è costituita in prevalenza dai microflagellati che

raggiungono la concentrazione massima pari a  $100 \cdot 10^3$  cellule/l in corrispondenza della stazione 43. Importante inoltre è la presenza delle diatomee. Le maggiori concentrazioni (di poco superiori a  $250 \cdot 10^3$  cellule/l) si sono registrate nelle stazioni 17 e foce Stella.

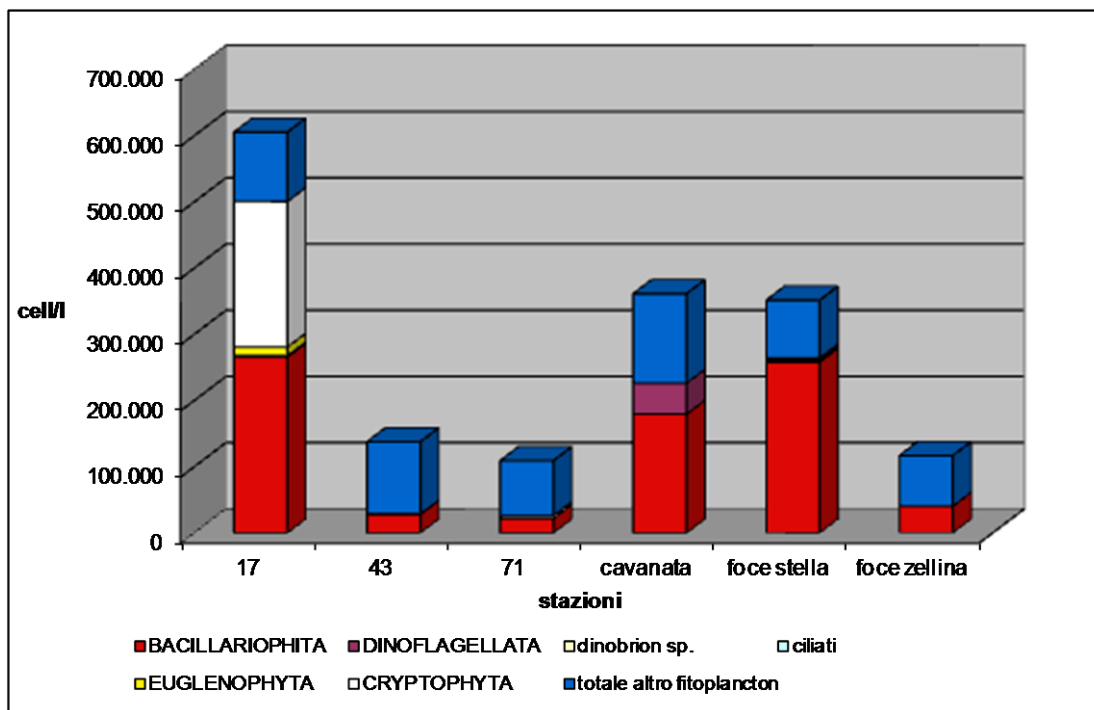


Grafico 24: fitoplancton campagna di aprile 2011.

### *Campagna di maggio 2011*

In questa campagna (Grafico 25) in tutte le stazioni la quantità di fitoplancton rilevata è inferiore rispetto al campionamento di maggio 2010. La quantità massima pari a  $1,7 \cdot 10^6$  cellule/l si è registrata nella stazione Cavanata nella quale i microflagellati sono risultati essere la componente principale della comunità.

Nei rimanenti sottobacini le maggiori quantità si sono osservate in corrispondenza delle stazioni 17 ( $157 \cdot 10^3$  cellule/l) e Zellina ( $785 \cdot 10^3$  cellule/l) facenti parte della laguna di Marano.

Rispetto alla campagna primaverile precedente non si assiste al bloom di criptofite alla stazione Cavanata e nei rimanenti sottobacini questo gruppo è scarsamente presente.

Le diatomee sono presenti in tutte le stazioni, e in particolare le diatomee pennate di piccole dimensioni rappresentano la componente principale della comunità. Tra le specie che hanno manifestato un'ampia diffusione spaziale si evidenziano i generi *Pleurosigma* e *Nitzschia*. Importante risulta inoltre la presenza di *Cylindrotheca closterium* che raggiunge concentrazioni pari a  $190 \cdot 10^3$  cellule/l alla stazione Zellina.

Il contributo dei dinoflagellati è piuttosto modesto. Una certa abbondanza pari a  $300 \cdot 10^3$  cellule/l si è osservata solo alla stazione Zellina nella quale il genere *Alexandrium* è risultato essere predominante.

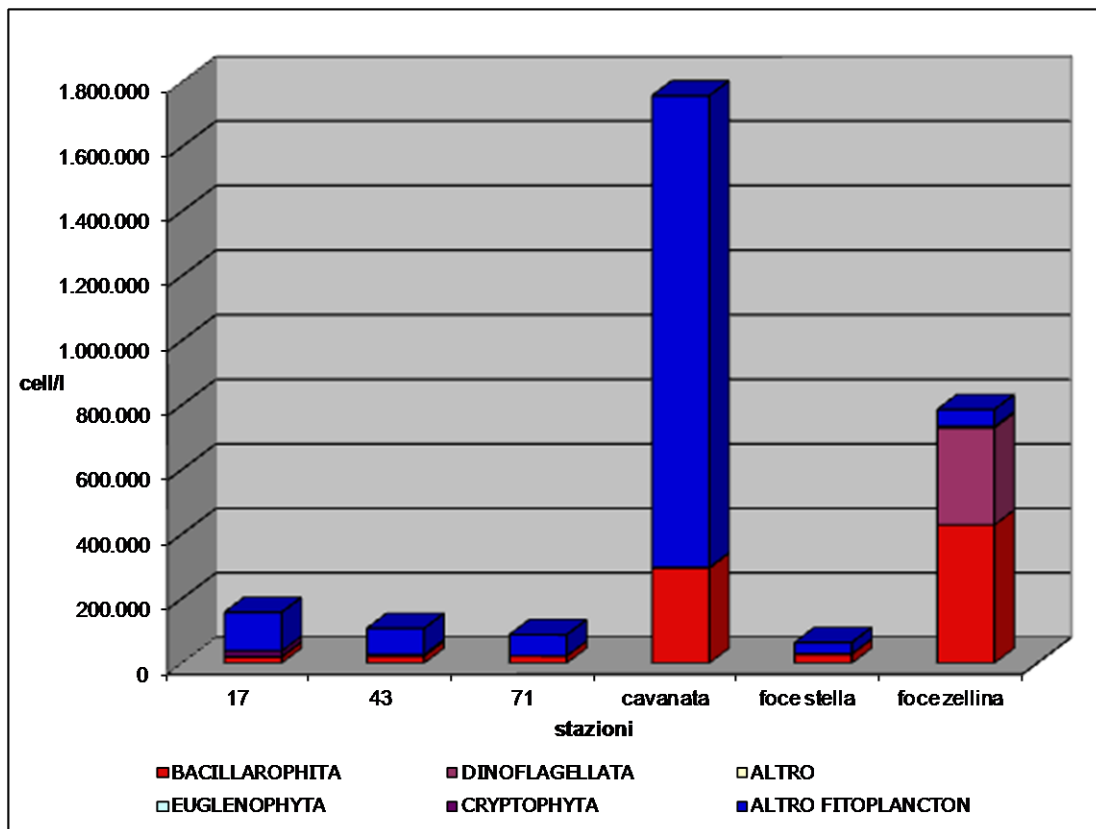


Grafico 25: fitoplancton campagna di maggio 2011.

### *Analisi della diversità della comunità fitoplanctonica*

Nei campionamenti mensili risultano evidenti le variazioni dell'indice di Shannon nei diversi sottobacini campionati. Come si può osservare nel grafico 26 la stazione Stella ha presentato valori elevati di diversità nella maggior parte dei campionamenti, mentre le variazioni più evidenti si sono avute nella stazione 17 dove si è osservato un aumento della diversità nei primi campionamenti del 2011. In questa serie di campionamenti i valori medi di diversità risultano essere maggiori rispetto ai rimanenti sottobacini lagunari. I valori più elevati dell'indice di Shannon si sono avuti nella campagna di Marzo 2011.

Dall'analisi dei dati di diversità si osserva quindi come ci sia stata un'evoluzione temporale tra i campionamenti del 2010 e del 2011.



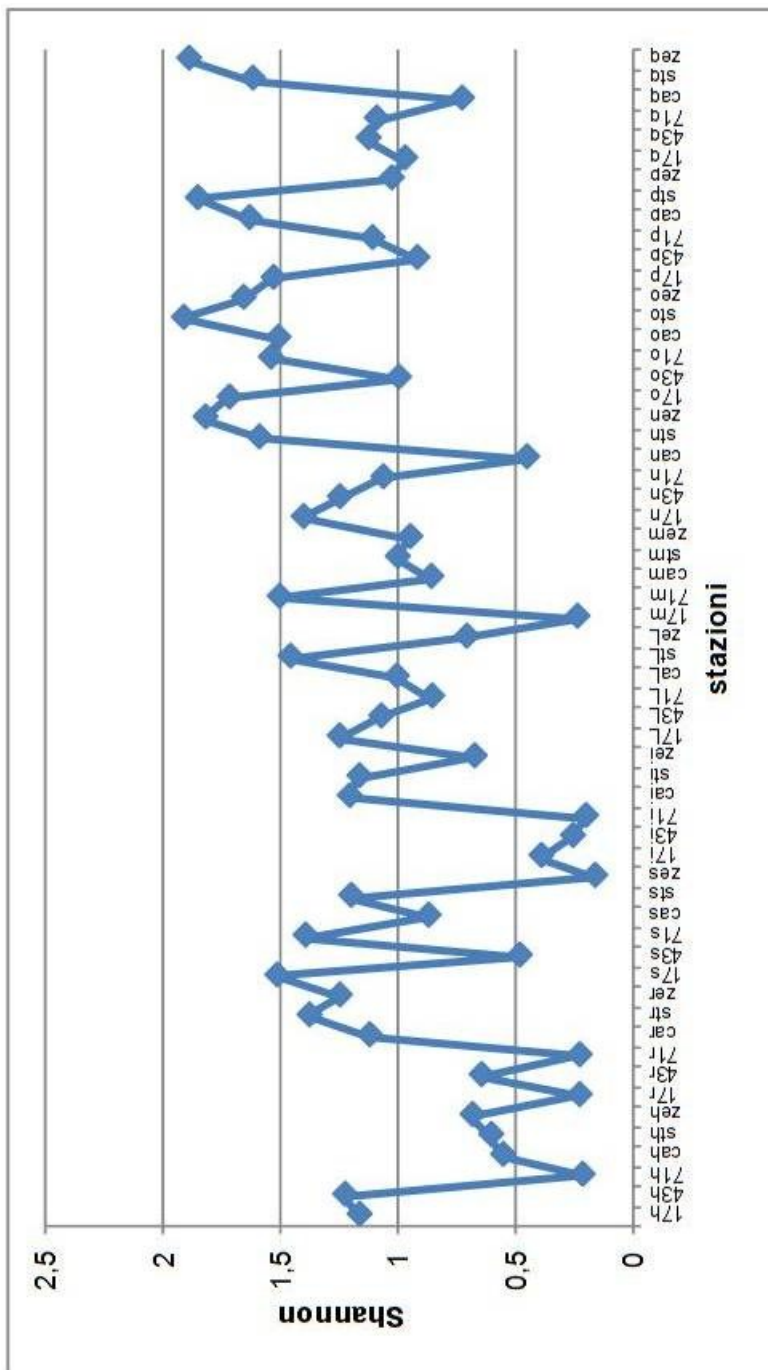


Grafico 26: andamento dell'indice di Shannon (campionamenti mensili).

### *Descrizione dei principali parametri chimico-fisici e dei nutrienti*

Si riportano in seguito le variazioni della temperatura, salinità, % di ossigenazione delle acque e pH, e dei principali nutrienti (allegati Tabelle 48-53). Per problemi tecnici alcuni dati riguardanti i nutrienti risultano mancanti, in particolare per la stazione 71, e per l'intera campagna di maggio 2011.

#### Stazione 17

In questa stazione i valori di temperatura sono compresi tra un minimo di 7,9 °C (campagna di gennaio 2011) e un massimo di 29,84 °C (campagna di luglio 2010).

Durante il periodo di studio, non si è osservata la presenza di differenti regimi termici tra i valori superficiali e quelli di fondo.

Dall'analisi della tabella emerge che i mesi di gennaio e febbraio 2011 sono risultati essere i mesi più freddi, inoltre la temperatura registrata risulta più elevata nella campagna di maggio 2011 rispetto alla primavera 2010.

Dall'analisi della salinità, si evidenzia come i valori di questo parametro siano stati nel corso del periodo di campionamento molto variabili, a causa delle differenti afflussi di acqua dolce che caratterizzano questo settore della laguna. Esistono notevoli variazioni di salinità tra la prima (maggio 2010-settembre 2010) e la seconda fase di campionamento (settembre 2010-maggio 2011). Nel corso del 2011 la salinità è risultata essere maggiore di 20,0 psu, eccetto per la campagna di marzo 2011 nella quale i valori rilevati risultano essere inferiori a 3,0 psu.

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto espresso come percentuale di saturazione, dall'esame della tabella si può notare che in questa stazione i valori massimi sono stati registrati nel mese di febbraio 2011 (115,0 %), con un notevole decremento nel periodo primaverile estivo con un minimo di 60,8% nella campagna di luglio 2010.

Il pH non ha subito evidenti variazioni nel corso del periodo di studio.

#### Stazione 43

In questa stazione i valori di temperatura sono compresi tra un minimo di 6,8 °C (campagna di gennaio 2011) e un massimo di 30,5 °C (campagna di luglio 2010).

Dall'analisi della salinità, si evidenzia una notevole variazione di questo parametro nel corso del periodo di studio. Il valore massimo si raggiunge nel campionamento di luglio 2010 con valori maggiori di 30,0 psu, e il valore minimo nella campagna di gennaio 2011 con valori pari a 6,8 psu.

Negli strati superficiali l'ossigeno disciolto ha assunto valori di sovrasaturazione nel periodo primaverile estivo, come conseguenza dell'attività fotosintetica del fitoplancton, e valori di sottosaturazione nel periodo autunno invernale.

Il pH ha subito lievi variazioni nel corso del periodo di studio, con una diminuzione nei campionamenti di luglio e agosto 2010 con valori al di sotto delle 8 unità.

#### Stazione 71

In questa stazione i valori di temperatura sono compresi tra un minimo di 7,2 °C (campagna di gennaio 2011) e un massimo di 28,6 °C (campagna di luglio 2010).

Il parametro salinità non evidenzia notevoli variazioni nel corso del periodo di studio; la salinità risulta compresa tra 23,8 e 32,5 psu. In questa stazione la percentuale di ossigeno disciolto si mantiene al di sopra del 90% nella maggior parte dei campionamenti, solo nella campagna di settembre 2010 si osserva una lieve diminuzione con valori pari al 75%. Il pH non ha subito variazioni rilevanti nel corso del periodo di studio.

#### Stazione Stella

I valori di temperatura sono compresi tra un minimo di 9,0 °C (campagna di gennaio 2011) e un massimo di 20,9 °C (campagna di luglio 2010). Rispetto alle precedenti stazioni i valori termici sono nettamente inferiori in quanto risultano notevoli gli apporti fluviali soprattutto nel periodo primaverile estivo. Inoltre questa stazione risente dei notevoli apporti di acqua dolce di origine continentale, che interessano questo settore della laguna. La salinità riscontrata risulta estremamente bassa, compresa tra 0,3 e 12,3 psu. Le acque inoltre presentano una buona ossigenazione, la percentuale si mantiene al di sopra del 90% nella maggior parte dei

campionamenti. Il pH non ha subito variazioni rilevanti nel corso del periodo di studio.

#### Stazione Zellina

I valori di temperatura sono compresi tra un minimo di 9,1 °C (campagna di febbraio 2011) e un massimo di 22,4 °C (campagna di luglio 2010).

Come per la stazione Stella anche questo punto di campionamento risente dei notevoli apporti di acqua dolce di origine continentale. La salinità riscontrata risulta estremamente variabile durante il periodo di studio, compresa tra 0,20 e 19,5 psu. La percentuale di ossigenazione si mantiene costante durante il periodo di studio, al di sopra dell'80% e raggiunge il valore massimo pari a 116,9% nella campagna di maggio 2011. Il pH non ha subito variazioni rilevanti nel corso del periodo di studio.

#### Stazione Cavanata

Vista la esigua altezza della colonna d'acqua le misurazioni sono state effettuate solo superficialmente.

In questa stazione i valori di temperatura sono compresi tra un minimo di 2,9 °C (campagna di gennaio 2011) e un massimo di 31,90 °C (campagna di luglio 2010).

Il parametro salinità è stato misurato solo nel corso dei campionamenti del 2011, risulta compreso tra 10,9 e 34,0 psu. In questa stazione la percentuale di ossigeno disciolto risulta variabile durante il periodo di studio. La concentrazione minima è stata rilevata nella campagna di settembre 2010 (41,20%) mentre il valore massimo (104,2%) è stato registrato nella campagna di marzo 2011. Il pH non ha subito variazioni rilevanti nel corso del periodo di studio.

#### *Concentrazione dei nutrienti*

Durante il periodo di studio la concentrazione superficiale di azoto nitrico mostra un andamento tipicamente stagionale, con i valori più elevati rilevati durante i mesi primaverili, con un progressivo calo nel periodo estivo e un netto incremento nei mesi invernali.

Le maggiori concentrazioni sono state registrate in corrispondenza della stazione 17 con un massimo (222,22  $\mu\text{M}$ ) nella campagna di marzo 2011. Nelle rimanenti stazioni i valori risultano nettamente inferiori. Solo nella primavera del 2011 in corrispondenza delle stazioni Stella e Zellina la concentrazione è compresa tra 200,00 e 300,00  $\mu\text{M}$ .

Per quanto riguarda l'azoto nitroso, le maggiori concentrazioni si sono osservate, nella stazione 17; molto simile risulta l'anadamento di questo parametro in corrispondenza della stazione 43. Nelle rimanenti stazioni le concentrazioni sono inferiori eccetto nel mese di gennaio 2011 in corrispondenza della stazione Cavanata nella quale la concentrazione è maggiore di 3,00  $\mu\text{M}$ . I valori più elevati di azoto ammoniacale sono stati registrati nella stazione 43 e Cavanata rispettivamente 18,74 e 17,57  $\mu\text{M}$ .

Il parametro ortofosfato risulta estremamente variabile durante il periodo di studio. Nella primavera del 2011 si assiste ad un notevole decremento di tale parametro in tutte le stazioni campionate. Nelle rimanenti campagne la concentrazione risulta estremamente scarsa, ad eccezione della stazione 17 nella quale il valore massimo (1,57  $\mu\text{M}$ ) è stato rilevato nel mese di settembre 2010.

#### *4.3.2 Analisi multivariata del fitoplancton dei campionamenti mensili*

##### *Preparazione e trasformazione dei dati*

Le abbondanze degli organismi campionati in ogni campagna di misura, sono state trasformate in dati binari (presenza/assenza), ed è stata costruita la matrice (D), dove le righe corrispondono ai dati di presenza/assenza di tutti i taxa e le colonne alle date di campionamento.

##### *Matrice di somiglianza e classificazione gerarchica*

E' stata quindi calcolata la matrice di somiglianza utilizzando l'indice di Jaccard. La rappresentazione grafica (dendrogramma) è riportata in figura 29.

Nel dendrogramma sono stati utilizzati dei codici per poter identificare le date di campionamento:(h=maggio 2010, r=giugno 2010, s=luglio 2010, i=agosto 2010,

l=settembre 2010, m=gennaio 2011, n=febbraio 2011, o=marzo 2011, p=aprile 2011,  
q=maggio2011).

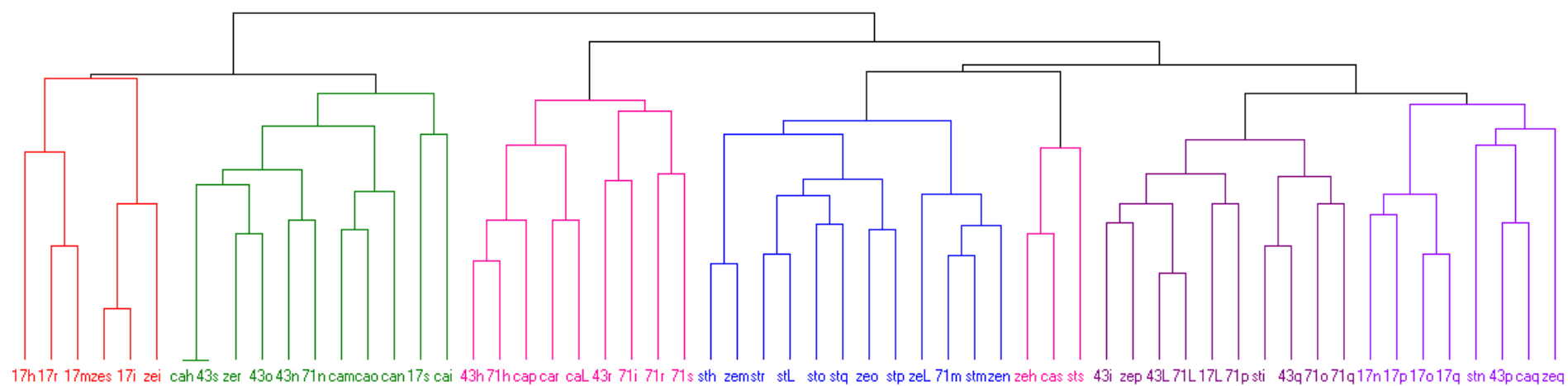


Figura 29: dendrogramma relativo alla somiglianza tra stazioni di campionamento del fitoplancton (dati binari) dei campionamenti mensili maggio 2010-maggio 2011.

Come per le precedenti analisi statistiche è stata effettuata la riallocazione che ha premesso l'individuazione di 7 gruppi omogenei (allegati Tabella C).

Di seguito viene riportata la descrizione di ogni singolo cluster (Tabella 16) considerando le medie dei parametri chimico-fisici in ciascun cluster (Tabella 17).

PARAMETRI ABIOTICI	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7
Temperatura °C	20,65	15,53	20,38	12,35	23,10	17,39	18,95
Salinità (psu)	10,56	13,71	17,40	6,04	0,46	19,50	20,80
% Ossigeno	84,30	96,11	86,61	95,04	105,52	91,60	82,10
pH	7,97	6,56	5,98	8,11	8,21	7,68	7,95
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> µM	2,07	1,63	0,51	0,53	1,02	0,70	nr
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µM	3,32	6,00	5,70	1,62	2,76	2,64	nr
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µM	96,98	31,92	1,96	86,44	38,60	55,58	nr
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> µM	0,57	0,13	0,15	0,06	0,08	0,13	nr

Tabella 16: valori medi dei parametri chimico-fisici in ciascun cluster. (nr= dato non rilevato)

SPECIE	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7
<i>Achnanthes longipes</i>	0	653	0	0	0	130	0
<i>Achnanthes</i> sp.	0	60	0	154	0	142	200
<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	0	0	0	13.063	0
Altro fitoplancton	165.903	629.870	1.241.596	41.157	178.251	215.606	119.746
<i>Amphidinium</i> sp.	0	0	0	0	0	266	0
<i>Amphiprora alata</i>	0	0	0	0	0	1.639	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	1.646	18	0	1.035	0
<i>Asteromphalus</i> sp.	0	218	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	36.675	327	0	62	605	313	0
<i>Bacteriastrium</i> sp.	0	0	0	0	0	5	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	5	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	327	0	22	0	56	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	4.210	0	6	0	160	0
<i>Chattonella</i> sp.	0	308.069	0	0	0	0	0
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	49	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0	62	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	778	3.387	3.695	4.972	0	3.206	1.400
Criptoficee	4.355.898	360.294	70.769	4.730	0	14.199	17.400
<i>Cyclotella</i> sp.	0	109	0	212	242	619	1.400
<i>Cylindrotheca closterium</i>	496.346	41.703	10.856	510	907	13.105	1.800
<i>Cymatopleura</i> sp.	0	0	0	6	0	0	0



<i>Cymbella</i> sp.	0	0	823	1.294	0	835	0
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	0	0	0	0	5	0
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	0	814	0	0	0
<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0	25	0	0	0
<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	0	167	0	0	0
<i>Diatoma</i> sp.	1.555	2.469	0	2.492	0	1.044	400
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0	0	581	0	174	0
diatomee centriche nd	622	0	136	828	1.451	835	0
pennate nd	0	17.810	9.371	6.592	2.903	13.048	1.200
pennate nd<10 µm	118.829	209.876	409.625	38.671	103.236	41.368	8.800
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	457	0	0	0
dinoflagellati nd	0	0	1936	12	0	4.354	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	70	0	0	0	0
<i>Dinophysis sacculus</i>	0	0	317	0	0	0	0
<i>Diploneis bombus</i>	0	0	0	3	0	9	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	47	0
<i>Entomoneis alata</i>	0	0	0	0	0	2	0
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	2	0
<i>Euglena</i> sp.	12.752	0	0	0	0	0	0
Euglenoficee nd	815.310	172.217	0	24.186	0	37.786	1.600
<i>Eutreptiella</i> sp.	1.244	1.975	0	0	0	228	0
<i>Fragillaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	80	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	100	40	0	14	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	1.125	847	377	400
<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0	0	6	0	0	0
<i>Grammatophora</i> sp.	0	0	0	0	0	389	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	4.137	1.502	216	0	290	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	435	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	18	0	1.009	1.400
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	102	0	0	0
<i>Hanchia</i> sp.	0	0	0	12	0	0	0
<i>Haslea</i> sp.	0	0	0	0	0	9.221	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	105	0	349	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	7.351	200	0	0	552	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	1.371	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	2.821	3.013	574	2.119	1.996	2.076	200
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	0	0	2.644	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	0	25	0	78	0
<i>Nitzschia</i> sp.	778	2.301	1.105	1.012	1.089	1.739	800
<i>Oxhyrris marina</i>	18.337	2.469	816	0	0	0	0
<i>Oxhyrris</i> sp.	0	15.798	0	6	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	2.686	5.238	31	0	1.056	600
<i>Proboscia alata</i>	0	0	195	0	0	0	0
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	136	0	0	0	0

<i>Prorocentrum lima</i>	0	0	272	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	2.193	3.735	9	0	9	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	61.474	120.656	0	0	0	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	4.230	0	0	197	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	1.975	5	0	0	137	0
<i>Protoperidinium steinii</i>	0	1.975	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	409	484	129	0
<i>Scrippsiella</i> sp.	0	0	10	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i> sp.	0	2.830	0	0	0	1.958	0
<i>Striatella unipunctata</i>	0	1.975	0	0	0	0	0
<i>Surirella</i> sp.	0	0	0	6	0	0	200
<i>Synedra</i> sp.	2.821	0	0	271	0	1.127	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	396	0	256	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	300	0	0	89	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	0	0	419	0	99	0

Tabella 17: distribuzione media del fitoplancton nei 7 clusters.

Nel cluster 1 la comunità è costituita in prevalenza da microalghe flagellate (criptoficee ed euglenoficee) che hanno dato luogo a proliferazioni algali, in questi settori della laguna. Notevole risulta inoltre il contributo delle diatomee di piccole dimensioni. Tra le diatomee riscontrate si osserva *Cylindrotheca closterium*, presente in elevate concentrazioni, *Cocconeis* sp., e *Naviula* sp.. Importante inoltre è la presenza di *Bacillaria paradoxa*, riscontrata in elevate concentrazioni nella stazione posta in prossimità del fiume Zellina. Tra i dinoflagellati si evidenzia il genere *Oxyrrhis* scarsamente presente nei rimanenti cluster. Il cluster (1) manifesta un forte grado di appartenenza con i mesi estivi e in esso si inseriscono i prelievi effettuati in corrispondenza della stazione posta in prossimità dello sbocco del fiume Cormor (stazione 17) e la stazione Zellina. In questo cluster risulta minima la concentrazione salina a causa dei notevoli apporti di acqua dolce, inoltre la concentrazione di azoto nitrico e di ortofosfato è rispettivamente 96,98 e 0,57  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster (2), si inseriscono i campionamenti nei quali gli organismi fitoplanctonici dominanti risultano essere i microflagellati, presenti in maggiori concentrazioni rispetto al cluster precedente. Importante è la presenza delle Bacillarioficee. All'interno di questo gruppo prevalgono le diatomee pennate di piccole dimensioni,

*Cylindrotheca closterium*, *Cocconeis sp.*, e *Nitzschia sp.*, e *Pleurosigma sp.* Questo gruppo inoltre si distingue dal precedente in quanto si assiste ad un notevole aumento della classe delle dinofitofite scarsamente presenti nel primo cluster. Tra le specie maggiormente presenti si riscontrano *Prorocentrum minimum*, *Oxyrris sp.*, *Prorocentrum micans*, e *Protoperdinium sp.*, *Gymnodinium sp.* Da segnalare infine l'elevata concentrazione di *Chattonella sp.*, specie potenzialmente tossica, riscontrata in corrispondenza della stazione Cavanata nella campagna di agosto 2010. Nettamente inferiori risultano essere le concentrazioni delle microalghe flagellate (criptofitofite ed euglenofitofite) rispetto al precedente cluster. In questo gruppo si inseriscono principalmente i prelievi invernali effettuati in corrispondenza della stazione Cavanata e della stazione 43 posta nella laguna di Marano. In esso si osservano valori di salinità più elevate rispetto al precedente cluster e le concentrazioni sia di azoto nitrico che di fosforo sono minori rispetto al precedente raggruppamento, è rispettivamente 31,92 e 0,13  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster 3 le abbondanze fitoplanctoniche sono minori rispetto al precedente gruppo. In esso si inseriscono i prelievi che si caratterizzano per la prevalenza dei microflagellati che sono maggiormente presenti nel periodo primaverile estivo nelle stazioni di questo cluster. Tra le diatomee, le pennate risultano essere la classe prevalente. I taxa maggiormente presenti risultano essere *Cylindrotheca closterium*, *Navicula sp.*, *Nitzschia sp.* Importante inoltre è la presenza dei dinoflagellati quali *Prorocentrum minimum*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum sp.* Le microalghe flagellate (criptofitofite ed euglenofitofite) sono scarsamente presenti.

Il cluster 3 contiene 8 campioni, raccolti principalmente nei mesi primaverili estivi, in corrispondenza della stazione Cavanata e stazione 71 (foce Natissa).

Il cluster 3 è caratterizzato da concentrazioni saline maggiori di 10 psu, solo in corrispondenza della stazione 71 i valori sono più elevati. Le concentrazioni medie di azoto nitrico e di ortofosfato sono rispettivamente a 1,96 e 0,13  $\mu\text{M}$ .

Il cluster 4 è caratterizzato da concentrazioni fitoplanctoniche tra le più basse finora riscontrate, in questo gruppo prevale la classe delle diatomee. Tra queste si evidenzia *Cylindrotheca closterium*, *Diatoma sp.*, *Cyclotella sp.* Scarsa risulta inoltre la

presenza dei dinoflagellati e delle microalghe flagellate. Il cluster 4 presenta una buona affinità con i prelievi autunno invernali. Nel cluster 4 si inseriscono la maggior parte dei campionamenti effettuati in corrispondenza della stazione posta in corrispondenza della foce del fiume Stella, oltre ad alcuni campionamenti autunno invernali della stazione Zellina.

Il cluster 4 è caratterizzato da temperature autunnali, e da concentrazioni di azoto nitrico e di ortofosfato 86,44 e 0,06  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster 5 si inseriscono i prelievi caratterizzati dalla completa assenza delle microalghe flagellate (criptoficee) e nei quali la composizione tassonomica è dominata dalle diatomee di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ , e dai microflagellati, entrambi presenti in concentrazioni nettamente inferiori rispetto ai rimanenti prelievi primaverili estivi.

Questo cluster è caratterizzato da valori estremamente bassi di salinità mentre le concentrazioni dei nutrienti, in particolare dell'azoto nitrico e del fosfato sono 38,60 e 0,08  $\mu\text{M}$ .

Nel cluster (6) la comunità è costituita in prevalenza dalle bacillarioficee e dai microflagellati. Tra le diatomee si evidenziano i generi *Cylindrotheca*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, *Synedra*, *Amphora* e *Cocconeis*. Rispetto ai clusters precedenti, risulta maggiore sia la presenza di specie marine tra le quali *Skeletonema*, *Leptocylindrus danicus* e dei dinoflagellati. La concentrazione delle criptoficee e delle euglenoficee, è minore rispetto ai campionamenti primaverili del 2010 (cluster 1 e 2).

In questo cluster si inseriscono 17 campioni derivanti da prelievi primaverili effettuati nel 2011. Rispetto ai campionamenti del 2010 nei quali si osserva una netta separazione tra le stazioni campionate a causa della diversa composizione qualitativa e quantitativa dei popolamenti fitoplanctinici, nel corso del 2011 questa separazione è meno accentuata e la comunità risulta più uniforme.

Il cluster 6 è caratterizzato da salinità nettamente superiori rispetto a quelle rilevate nella primavera del 2010, mentre le concentrazioni dei nutrienti hanno subito un forte decremento.

Nel cluster 7 si inserisce il campionamento di maggio 2011 della stazione 17 nel quale la comunità è costituita in prevalenza dai microflagellati. Rispetto al cluster (6) si è registrata una maggiore concentrazione delle criptofite, che comunque risulta essere nettamente inferiore rispetto alla primavera del 2010 (cluster 1 e 2). La stazione 17 presenta una maggiore salinità rispetto alla primavera del 2010, mentre per problemi tecnici, non sono ancora disponibili le analisi dei nutrienti.

## CAPITOLO 5- CONCLUSIONI E DISCUSSIONE

I risultati della presente ricerca hanno messo in evidenza la grande variabilità spaziotemporale della comunità fitoplanctonica nella laguna di Grado e Marano nel biennio 2008-2010.

Evidenti risultano essere sia le fluttuazioni delle abbondanze fitoplanctoniche tra i due principali bacini (Grado e Marano) che le variazioni stagionali e interannuali sia quantitative che qualitative del fitoplancton.

Nel corso del periodo di studio si è osservata una dinamica temporale sia per il fitoplancton, sia per le variabili chimico-fisiche, con una netta differenza tra i due principali bacini lagunari (Grado e Marano). I due bacini hanno mantenuto nel tempo la loro individualità, conservando una diversa composizione floristica del fitoplancton: prettamente lagunare nel bacino di Grado, mentre a Marano sono state riscontrate sia specie di acqua dolce che marine, con differenze importanti a seconda dell'entità degli apporti fluviali.

L'analisi qualitativa del fitoplancton ha permesso l'identificazione di 105 entità tassonomiche di cui 68 diatomee, 31 dinoficee, 2 euglenoficee, 2 crisoficee, 1 rafidoficea e 1 cloroficea. La presenza di molte cellule di piccole dimensioni di difficile determinazione al microscopio ottico con il metodo di Utermöhl, non ha consentito l'identificazione di tutte le specie presenti e ha portato all'inclusione di queste cellule in categorie più ampie. Tra queste notevole importanza dal punto di vista quantitativo assumono le diatomee pennate minori di 10  $\mu\text{m}$ , la cui identificazione richiederebbe la pulizia dei frustuli, e le microalghe flagellate (microflagellati) con dimensioni inferiori a 5  $\mu\text{m}$  che richiederebbero tecniche diverse (colture per diluizione, osservazioni in vivo e microscopia elettronica). Se si considerano i risultati qualitativi ottenuti a seguito di uno studio della componente fitoplanctonica nel bacino di Marano effettuato da Tolomio (1978), si può osservare che i taxa individuati in questa ricerca sono in numero inferiore rispetto a quelli rinvenuti in passato, anche se bisogna considerare che le metodologie impiegate e le modalità di campionamento erano diverse.

Le diatomee hanno raggiunto una frequenza percentuale pari al 55% dell'intera comunità fitoplanctonica. Durante il periodo di studio è stato possibile evidenziare, per le diatomee, un andamento, con valori massimi nei campionamenti estivi, minimi nel periodo autunnale e invernale e una ripresa primaverile, in tutta l'area di studio. Tra i taxa più frequenti, rinvenuti nella maggior parte delle stazioni campionate, con abbondanze diverse a seconda del periodo e del sottobacino considerato, si evidenziano forme ticopelagiche, appartenenti ai generi *Amphora*, *Cocconeis*, *Pleurosigma*, *Licmophora*, *Navicula*, e *Nitzschia*. Si tratta di specie bentoniche che, a causa dell'idrodinamismo in acque poco profonde, possono essere portate in sospensione, arricchendo la componente planctonica (Tolomio *et al.*, 1999a). Particolare attenzione deve essere rivolta alla diatomea pennata *Cylindrotheca closterium*, che oltre ad essere una tra le specie più diffuse, è stata rinvenuta in elevate concentrazioni, nelle campagne di agosto 2009 e 2010 in corrispondenza delle stazioni 17 e 71 poste in prossimità degli sbocchi fluviali dei fiumi Cormor e Natissa. Secondo alcuni autori (Kerzan *et al.*, 1974) sembra preferire corpi idrici caratterizzati da acque, ricche di sostanza organica. Questa specie è stata rinvenuta in concentrazioni elevate ( $18 \cdot 10^6$  cellule/l) in occasione di un campionamento nel medesimo settore lagunare nel luglio 2007 (Facca e Sfriso, 2009).

Le specie marine riscontrate *Proboscia alata*, *Dactylosolen fragilissimum*, *Chaetoceros spp.*, *Ceratualina pelagica* e *Thalassionema nitzschioides* interessano le stazioni poste nella laguna di Grado, e la stazione 45 di Marano, mentre nei rimanenti sottobacini sono scarsamente presenti. Rispetto alla laguna di Venezia, le specie marine riscontrate sono nettamente inferiori (Tolomio e Moschin 2006; Tolomio 2007). Durante la nostra ricerca inoltre non si sono osservate le consuete proliferazioni algali di *Skeletonema* segnalate da diversi autori in determinati settori nella laguna di Venezia (Moschin e Moro, 1996; Tolomio, 2007; Socal *et al.*, 1999, Bianchi *et al.*, 2000).

Notevole è la presenza di diatomee pennate di dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ , che nella maggior parte dei campionamenti risultano essere il gruppo dominante della comunità fitoplanctonica presente nella laguna di Grado.

Un gruppo importante tra quelli rilevati è sicuramente la classe delle euglenoficee che rappresentano il 20% del fitoplancton totale. Le maggiori concentrazioni, pari a  $5,0 \cdot 10^6$  cellule/l, sono state registrate nelle campagne di novembre 2008 e febbraio 2010 in corrispondenza della stazione 17. Nei rimanenti campionamenti sono presenti solo nella laguna di Marano, in concentrazioni nettamente inferiori.

Il gruppo dei microflagellati rappresentano il 15% del totale del fitoplancton. Hanno presentano un andamento variabile durante il periodo monitorato: si evidenzia una certa abbondanza nella campagna di luglio 2008 e maggio 2010, con una percentuale di frequenza pari al 44% e 49,7% dell'intera comunità fitoplanctonica, mentre nella maggior parte dei campionamenti del 2009 risultano completamente assenti, con una lieve ripresa nel corso del 2010.

Le criptoficee rappresentano la quarta componente della comunità con una frequenza pari al 9% del totale del fitoplancton. I valori più elevati sono stati raggiunti nel periodo estivo in corrispondenza delle stazioni 17, Cavanata e Zellina. Nelle rimanenti stazioni le maggiori concentrazioni si sono registrate nel periodo autunno invernale in corrispondenza delle stazioni 31 e 45, mentre a Grado una certa abbondanza si è riscontrata solo in prossimità dello sbocco fluviale del Natissa (stazione 71), nella campagna di agosto 2009.

Il contributo percentuale dei dinoflagellati è stato modesto, pari all'1% della comunità totale. I valori più elevati sono stati riscontrati nel periodo estivo. Tra i generi che hanno avuto un'ampia diffusione si evidenziano *Gymnodinium spp.*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum minimum* e *Protoperidinium spp.*

Durante il periodo di studio sono state altresì rinvenute nella laguna di Grado sporadicamente e in piccola quantità specie potenzialmente tossiche appartenenti ai generi *Alexandrium*, e *Dinophysis*. Nella campagna di agosto 2010 inoltre si è osservata la presenza di alcune cellule/l del genere *Prorocentrum*: *Prorocentrum lima* e *Prorocentrum minimum*. Importante inoltre è la presenza di *Chattonella* sp. rilevata in corrispondenza della stazione Cavanata nella campagna di agosto 2010.



Lo studio della dinamica del fitoplancton nell'area lagunare è risultata essere estremamente complessa per l'estrema variabilità delle acque di transizione di Grado e Marano.

L'elevata eterogeneità del fitoplancton è dovuta principalmente all'influenza significativa di un complesso di cause che determinano mutamenti profondi del mezzo dei quali risentono le comunità biologiche che vi si sono stabilite (Tolomio, 1976). Questa variabilità è risultata essere determinata in particolar modo dalla scarsa profondità dei fondali, dalle correnti di marea, dal diverso apporto continentale di acque dolci, dalla disponibilità di nutrienti, e dalle condizioni meteorologiche con effetti sul ricambio e sul rimescolamento verticale delle acque.

Per comprendere la dinamica del fitoplancton bisogna considerare che il fitoplancton lagunare è strettamente legato, dal punto di vista sia qualitativo che quantitativo, alle particolari condizioni che caratterizzano le acque dei sistemi costieri e soprattutto alla periodicità dei movimenti di marea (Tolomio e Bullo, 2001). Una cadenza di campionamento, con prelievi in fase di flusso e riflusso, sarebbe necessaria per avere un quadro esauriente dell'evoluzione della comunità fitoplanctonica. Ciò comporterebbe un notevole sforzo e costi di campionamento elevati, da rendere discutibile l'utilità del campionamento del fitoplancton ai fini del monitoraggio della qualità delle acque. E' pur vero, tuttavia che un campionamento su scala trimestrale potrebbe non essere in grado di ricostruire correttamente la dinamica di popolazione degli organismi fitoplanctonici.

Anche se il fitoplancton sembra rispondere in modo rapido alle variazioni dei carichi dei nutrienti, bisogna ricordare che lo studio della comunità fitoplanctonica attraverso la cluster analysis ha evidenziato che le relazioni con le variabili chimico-fisiche sono debolmente significative (test di Mantel  $R=0,20$ ). Ciò può essere dovuto, dal fatto che le comunità fitoplanctoniche lagunari sono dominate da specie ad ampia valenza ecologica, adattate ad ampi range di variazione dei parametri chimico-fisici. Ciò è confermato dalla presenza delle stesse specie in sottobacini diversi nonostante le caratteristiche chimico-fisiche e idrologiche all'interno della laguna possono essere anche molto diverse tra un sottobacino e l'altro.

Un altro fattore determinante per l'instaurarsi dei bloom algali soprattutto in determinati settori della laguna è l'idrodinamismo. A tale proposito bisogna ricordare che la stazione Cavanata, dove si sono avute le maggiori concentrazioni fitoplacntoniche, è caratterizzata da uno scarso ricambio idrico che ha permesso bloom algali anche quando le concentrazioni di nutrienti non erano particolarmente elevate. In altre situazioni, in particolare in corrispondenza delle stazioni poste in corrispondenza degli sbocchi fluviali del fiume Stella e del Tagliamento, non sono state rilevate proliferazioni algali anche in presenza di elevate concentrazioni dei nutrienti. Ciò può essere legato a condizioni di elevato idrodinamismo che non hanno permesso lo stabilirsi di bloom algali.

Alla luce delle considerazioni precedentemente esposte, per comprendere quindi la complessa dinamica del fitoplancton della laguna di Grado e Marano sarà necessario quindi correlare i dati di abbondanza del fitoplancton, non soltanto con le principali variabili chimico-fisiche, ma anche con i dati di circolazione delle acque sulla base di modelli idrodinamici (Ferrarin *et al.*, 2010).

I risultati delle analisi statistiche hanno confermato che sia i parametri chimico fisici, sia la componente fitoplanctonica sono in grado di descrivere le dinamiche dell'ambiente lagunare. In particolare i metodi proposti (cluster analysis e analisi delle corrispondenze) sono risultati essere utili per la caratterizzazione delle masse d'acqua lagunari sia in funzione delle variabili chimico-fisiche che della distribuzione spazio temporale del fitoplancton.

La cluster analysis ha messo in evidenza una netta differenziazione della comunità fitoplanctonica nei diversi sottobacini lagunari. Le aree prossime agli sbocchi fluviali del Comor, Zellina, Natissa, e i sottobacini a ridotto idrodinamismo, si separano nettamente, dai rimanenti settori lagunari, in quanto caratterizzati da elevate concentrazioni fitoplanctoniche con la prevalenza di microalghe flagellate. Nei rimanenti settori, in particolare nella laguna di Grado le abbondanze sono nettamente inferiori, e nella maggior parte dei campionamenti, si è osservata una netta prevalenza di diatomee pennate di piccole dimensioni.

La cluster analysis ha messo inoltre in evidenza una chiara successione stagionale del fitoplancton. I cluster caratterizzati da minori concentrazioni fitoplanctoniche, rilevate durante il periodo autunno invernale, si sono separati nettamente dai cluster primaverili estivi caratterizzati invece da maggiori abbondanze.

Infine, in merito all'utilizzo del fitoplancton, quale indicatore biologico per la classificazione dello stato di qualità delle acque di transizione, è opportuno effettuare alcune considerazioni.

La Direttiva Europea 2000/60/CE definisce lo stato di qualità delle acque di transizione in base alla valutazione di diverse caratteristiche degli ecosistemi, sia di tipo chimico-fisico, idromorfologico che di tipo biologico.

Nell'ambito dell'attuazione della Direttiva Europea diviene prioritaria la messa a punto di descrittori biologici, tra i quali il fitoplancton, in quanto, secondo le linee guida della Direttiva, le comunità biotiche sono in grado di riflettere le condizioni ambientali degli ecosistemi acquatici, in quanto sensibili a qualsiasi cambiamento dei parametri ambientali.

Secondo la Direttiva Europea la classificazione dello stato ecologico degli ecosistemi acquatici di transizione deve essere valutato in relazione al grado di scostamento rispetto alle condizioni di un corpo idrico di riferimento avente caratteristiche biologiche, idromorfologiche e chimico-fisiche tipiche di un corpo idrico immune da impatti antropici e quindi in uno stato ecologico elevato. A seconda dell'entità dello scostamento dalle condizioni ottimali viene assegnato uno stato di qualità che può essere elevato, buono, sufficiente, scadente oppure pessimo.

Per raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici superficiali (buono stato di qualità sia sotto il profilo ecologico che chimico entro il 2015) la Direttiva Europea prevede che siano effettuate le analisi delle caratteristiche dei diversi corpi d'acqua e che siano definite delle condizioni di riferimento tipiche specifiche per ognuno di essi. Per quanto riguarda le acque di transizione italiane non sono stati ad oggi individuati i siti di riferimento aventi caratteristiche biologiche, idromorfologiche e chimico-fisiche immuni da impatti antropici, da paragonare alle condizioni biologiche riscontrate in ogni singolo campionamento.

Questi ritardi sono da imputarsi principalmente allo stato delle conoscenze e delle esperienze di studio che presentano un livello non sufficiente per la definizione dei siti di riferimento.

Inoltre, la conoscenza della composizione specifica della comunità fitoplanctonica risulta indispensabile per una corretta applicazione della normativa 2000/60/CE, in quanto risulta indispensabile associare la presenza di certe specie a determinate condizioni ambientali. Questo processo richiede la conoscenza adeguata riguardo l'ecologia delle specie e rappresenta la premessa indispensabile per la costruzione di indici di qualità biotica. Mentre le diatomee di acqua dolce sono da tempo utilizzate come indicatori biologici, molto poco è conosciuto riguardo l'ecologia e le preferenze di specie specifiche per la salinità e i nutrienti delle specie di foce e delle zone umide. Numerose sono state le proposte metodologiche ma ad oggi non esistono indici biotici per le acque di transizione.

La valutazione dello stato ecologico, in attesa quindi di disposizioni tecniche normative è affidato al giudizio esperto, basato sull'analisi degli elementi biologici e fisico-chimici come da Direttiva 2000/60/CE, D.lgs 152/06 e DM 56/09, nonché sulle analisi delle pressioni e impatti e sulle conoscenze pregresse dei corpi idrici monitorati.

Per quanto riguarda lo studio della componente biologica nella laguna di Grado e Marano, i risultati ottenuti in questa ricerca hanno indicato la validità del fitoplancton come indicatore biologico negli ambienti di transizione. Durante il periodo di studio, il fitoplancton ha risposto rapidamente ai cambiamenti ambientali e di conseguenza la struttura delle comunità fitoplanctoniche (composizione in specie e abbondanza) può essere considerato un buon indicatore di impatto a breve termine. A tal proposito l'analisi della comunità planctonica ha messo in evidenza la presenza di situazioni critiche in alcune zone maggiormente soggette alla pressione antropica in particolare in prossimità degli sbocchi fluviali. Il notevole apporto di nitrati derivanti dall'attività agricola e da fonti puntuali di inquinamento ha permesso l'istaurarsi di bloom algali. Ciò è evidente soprattutto nei campionamenti mensili effettuati in corrispondenza di sei stazioni poste in aree ad elevato impatto antropico. In

particolare nelle prime campagne di rilievo (maggio 2010-settembre 2010) le maggiori concentrazioni fitoplanctoniche si sono registrate nelle aree dove risultano essere maggiori i carichi dei nutrienti, mentre nella seconda fase di campionamento (gennaio 2011-maggio 2011) si è osservato un netto calo delle abbondanze fitoplanctoniche come conseguenza di una riduzione dei nutrienti nell'intero bacino lagunare.

Bisogna infine sottolineare che, ai fini della classificazione dello stato ecologico delle acque di transizione della laguna di Grado e Marano, l'applicazione della Direttiva diviene particolarmente problematica, per le marcate variazioni spazio temporali delle comunità biotiche e per l'assenza di un accurato quadro delle dinamiche microalgali. Appare chiaro che per l'utilizzo del fitoplancton come indicatore di qualità, vi è la necessità di implementare le conoscenze riguardo le variazioni qualitative e quantitative della microflora planctonica nell'areale lagunare, per una corretta applicazione della Direttiva 2000/60/CE.

Bisogna infine evidenziare che il presente lavoro di dottorato ha cercato prima di tutto di contribuire a delineare la struttura di base dei popolamenti della laguna di Grado e Marano, con proposte di procedure e metodi statistici, che dovranno essere verificati in futuro per una loro possibile applicazione per la comprensione della dinamica delle comunità fitoplanctoniche negli ambienti di transizione.

## **Bibliografia**

Basset, A., Sabetta, L., Carrada, G.C., Russo G.F., Casazza, G., Silvestri C., Viaroli P., Giordani, G. Abbiati, M., Bergamasco A., Breber P., Caroppo C., Cabrini, M., Georgescu, L. Laugier, T., Mouillot D. Murenu M., Murray N., Occhipinti A., Reizopoulou S., Solidoro C., Tagliapietra D., Volpi A., Bahri S. (2005). *A proposal of a Typology for Mediterranean transitional waters*. Loicz Reports & Studies 28: pg.152-156.

Belcher H., Swale E. (1976). *A beginner's guide to Freshwater Algae*. Istitute of Terrestrial Ecology . Natural Environment Research council, London.

Bellinger E.G. (1992). *A key to common algae. Freshwater, Estuarine and some Coastal species*. The Institution of Water and Environmental management. Fourth Edition London.

Benzecri J.P: (1973). *L'analyse des donnees*. 2 vols, Dunod, Paris, France.

Bianchi, F. Acri, F. Alberighi, L. Bastianini, M. Boldrin, A. Cavalloni, B. Cioce, F. Comaschi, A. Rabitti, S. Socal, G. Turchetto, M. (2000). *Biological variability in the Venice lagoon*. In Lasserre, P. and Marzollo, A. (Eds) *The Venice Lagoon Ecosystem. Inputs and interactions between land and sea*. Man and the biosphere series volume 25. UNESCO and Parthenon Publishing Group: 97-125.

Brambati A. (1969). *Sedimentazione recente nelle lagune di Marano e Grado (Adriatico Settentrionale)*. St. Trent. Sc. Nat., 46:142-239.

Brambati A. (1985). *Modificazioni costiere nell'arco lagunare dell'Adriatico Settentrionale*. Antichità Altoadriatiche, Vol XXVII, 13-47.

Brambati A. (1988). *Lagune e stagni costieri: due ambienti a confronto*. In "Le lagune costiere: ricerca e gestione" a cura di Carrada G.C., Cicogna F., E. Fresi. 9-33 pp. CLEM. Massa Lubrense (Na).

Burba N., Feoli E., Malaroda. M. (2008). *MATEDIT: a software tool to integrate information in decision making processes*. In: *Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America* (R. Neves, J.W. Baretta, M. Mateus (eds)) IST PRESS, Lisboa :pp. 123–127.

Caressa S., Ceschia C., Orel G., Treleani R. (1995). *Popolamenti attuali e progressi nel Golfo di Trieste da punta Sottile a Punta Tagliamento (Alto Adriatico)*. Rivista marittima. Dicembre 1995; 160-187.

Cermeño P., Maranon E., Harbour D., Harris R. P. (2006). *Invariant scaling of phytoplankton abundance and cell size in contrasting marine environments*. Ecology Letters 9:1210-1215.

Covelli, S., Faganeli, J., Horvat, M., Brambati, A. (2001). *Mercury contamination of coastal sediments as the result of long-term cinnabar mining activity (Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea)*. Applied Geochemistry 16 (5), 541-558 pp.

Covelli, S., Faganeli, J., De Vittor, C., Predonzani, S., Acquavita, A.,

Horvat, M., (2008). *Benthic fluxes of mercury species in a lagoon environment (Grado lagoon, Northern Adriatic Sea, Italy)*. Applied Geochemistry 23 (3), 529-546 pp.

D'Aietti A. (2005). *Condizioni ambientali e disponibilità naturale trofica in due valli da pesca della laguna di Grado*. Tesi di laurea: 1-37.

D'Ancona U., Battaglia B. (1962). *Le lagune salmastre dell'Alto Adriatico, ambiente di popolamento e di selezione*. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 32: 315-335.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. *Norme in materia ambientale*. Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96.

Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. Gazzetta ufficiale delle Comunità europee.

Dorigo L. (1965). *La laguna di Grado e le sue foci*. Magistrato delle acque. Ufficio idrografico, Venezia.

Facca C., Sfriso A. (2009). *Phytoplankton in a transitional ecosystem of the Northern Adriatic Sea and its putative role as an indicator for water quality assessment*. Marine Ecology 30:462-479.

Feoli E., Ganis P. (2005). *Introduzione all'ecologia*. Dispensa per gli insegnamenti di Ecologia ed Ecologia Quantitativa per i Corsi di Laurea in Scienze Naturali, Biologiche e ambientali. Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Trieste.



Feoli E., Ganis P. (2011). *Introduzione all'ecologia quantitativa*. Dispensa per gli insegnamenti di Ecologia ed Ecologia quantitativa per i Corsi di laurea in Scienze 1-175 pp.

Ferreira JG, Wolff WJ, Simas TC, Bricker SB. (2005). *Does biodiversity of estuarine phytoplankton depend on hidrology?*. Ecological Modelling 187: 513-523.

Ferrarin C., Umgiesser G., Bajo M., Bellafiore D., De Pascalis F., Ghezzi M., Mattassi G., Scroccaro I. (2010). *Hydraulic zonation of the lagoons of Marano and Grado, Italy. A modeling approach*. Estuarine Coastal and Shelf Science 87:561-572.

Fiocca A., Vadrucci M.R. (2009). *Fitoplancton*. In Nuovi approcci metodologici per la classificazione dello stato di qualità degli ecosistemi acquatici di transizione. Laboratorio di Ecologia Università del Salento 1-55 p.p.

Gatto F., Marocco R. (1992). *Caratteri morfologici ed antropici della laguna di Grado (Alto Adriatico)*. Gortania, Atti del Museo Friulano di Storia Naturale, 14:19-40 p.p.

Gatto F., Marocco R. (1993). *Morfometria e geometria idraulica dei canali della laguna di Grado (Friuli Venezia Giulia)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 16:107-120.

Ghirardelli E. (1981). *Il nostro universo*. La vita nelle acque. Utet Torino.

Giorda M. (1990). *Il Parco Regionale della laguna di Grado e Marano*. Quaderni dell'Istituto di Geografia della Facoltà di Economia e Commercio dell'Università di Trieste (13), Trieste: 1-47.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K. (1983). *Methods of seawater analysis*. 2nd ed., Verlag Chemie, Weinheim.

Hasle G.R. (1978). *Settling the inverted microscope method*. In Sournia A. (Ed), 1978. *Phytoplankton manual*. Unesco Paris.

Horner R. A. (2002). *A Taxonomic Guide to some Common Marine Phytoplankton*. Biopress Ltd., Bristol Dorchester, UK. 195 pp.

Husted F. (1985). *The pinnate Diatoms*. A translation of "Die Kieselalgen 2. Teil". Koeltz Scientific Books Koenigstein 918 pp.

Hartley B., (1996). *An Atlas of British Diatoms*. Biopress Limited. Bristol 601 pp.

Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera D'Alcalà M. (1990). *Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Nova Thalassia vol. 11. Edizioni Lint Trieste.

John D.M., Whitton B.A., Brook A.J. (2002). *The freshwater algal flora of the British Isles*. An identification guide of freshwater and terrestrial algae. The natural History Museum, Cambridge, p. 144-179, 186-207,273-277,287-612. 702 pp.

Kerzan I., Lenarcic M., Stirn J. (1974). *Recycling of organic pollutants in maricultures.III. Mass cultures of selected phytoplankters fertilized by*

*sewage and utilization of crops in secondary productivity*. Rev. Intern. Oceanogr. Med., 34:73-94.

Lange-Bertalot H., (2001). *Diatoms of Europe*. Navicula sensu stricto. 10 Genera separated from Navicula sensu lato. Frustulia. A.R.G. Gantner Verlag K.G. Vol 2:526 pp.

Lange-Bertalot H., Witkowski A., Metzeltin D. (2000). *Iconographia Diatomologica Annotated Diatom Micrographs*. Edited by H. Lange-Bertalot (Volume 7) Koeltz Scientific Books - pp. 925.

Larink O., Westheide W. (2006). *Coastal plankton*. Photo guide for European Seas. Alfred Wegener institute for polar and Marine Research. Handbooks on Marine Flora and Fauna. Edited by Karen H. Wiltshire and Maarten Boersma. Munchen, Germany. 140 pp.

Lucas LV, Koseff JR, Monismith SG, Cloern JE, Thompson JK. (1999). *Processes governing phytoplankton blooms in estuaries*. Marine Ecology, Progress Series 187:17-30.

MacArthur R.H. (1957). *On the relative abundance of bird species*. Proceedings of National Academy of Sciences Washington, 43:293-295.

Mantel N. (1967) *The detection of disease clustering and a generalized regression approach*. Cancer Res., 27: 209-220.

Marchetti R. (1995). *Ecologia applicata*. Società italiana di ecologia. Città Studi Ed., pp. 1055.

Margalef D.R. (1958). *Information theory in ecology*. General Systematics, 3:36-71.

Marocco R. (1995). *Sediment distribution and dispersal in northern Adriatic lagoons (Marano and Grado paralic system)*. Geologia 57: 77-89.

Marocco R. (2004). *La laguna raccontata da un geologo gradese*. In: AA.VV “La laguna di Grado” Edizioni della laguna, Gorizia: 31-64.

Mattassi G., Borghese R., Bortolato T., Buffon A., Daris F., De Corte E., Del Zotto L., De Marchi P., Di Zorz M., Domevscek D., Franchi M., Giovani N., Suraci C., Plazzotta M., Zanatta L., Zanello A. (2004). Atti del workshop: *Il monitoraggio delle acque di transizione: lo stato dell'arte tra ricerca e monitoraggio istituzionale. Esperienze a confronto*. Venezia 27-29 Ottobre.

Moschin E., Moro I. (1996). *Osservazioni morfologiche su Skeletonema costatum (Greville) Cleve in un fenomeno di fioritura nella laguna di Venezia*. Boll. Mus civ. St. nat. Venezia, 45 (1994): 211-220.

Odum E.P. (1988). *Basi di Ecologia*. Ed. Piccin, Padova.

Pezzolesi L., Cucchiari E., Guerrini F., Pasteris A., Totti C., Galletti P., Tagliavini E., Pistocchi R. (2007). *Toxicological investigation of cultured Chattonella subsalsa, Fibrocapsa japonica and Heterosigma akashiwo (Raphidophyceae)*. Atti del Congresso “ECOLOGIA, LIMNOLOGIA e OCEANOLOGIA Quale futuro per l'ambiente?” 17 settembre Ancona.

Platt T., Filion C. (1973). *Spatial variability of the productivity: biomass ratio for phytoplankton in a small marine basin*. Limnology and

Oceanography 18:743-749.

Podani J. (2007). *Analisi ed esplorazione multivariata dei dati in ecologia e biologia*, Liguori Editore, Napoli, pp. 544.

Regione Friuli Venezia Giulia (2008). *S.A.R.A. Sistema aree regionali ambientali Costituzione Sistema regionale delle aree naturali*. Trieste.

Reynolds C.S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press: 384 pp.

Reynolds C.S., Irish A.E. (1997). *Modelling phytoplankton*. Cambridge University Press: 384 pp.

Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. (2007). *The Diatoms. Biology & Morphology of the genera*. Cambridge University Press. 744 pp.

Socal, G. Bianchi, F. Alberighi, L. (1999). *Effects of thermal pollution and nutrient discharges on a spring phytoplankton bloom in an industrial area of the lagoon of Venice*. *Vie et Milieu* 49 (1): 19-31.

Sacchi C.F. (1995). *Le lagune costiere come ambienti di transizione*. *SITE Atti*, 16:149-154.

Scardi M. (2001). *Tecniche di analisi dei dati in Ecologia*. Dispensa di ecologia. Dipartimento di Biologia Università di Roma pp. 1-79.

Somerfield P. J. Clarke K.R. (1997). *A comparison of some methods commonly use for the collection of sublittoral sediments and their associated fauna*. *Marine Environmental Research*, 43 (3): 145-156.

Therriault L.B., Poulin m., Bossè, (1999). *Guide d'identification du phytoplankton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-laurent*. Les presses scientifiques du CNRC. Ottawa. 380 pp.

Tolomio C. (1976). *Variazioni stagionali e stazionali del fitoplancton nella laguna di Marano (Udine)*. Stazione. Zool., Napoli 40: 133-237.

Tolomio C., Moro I., Moschin E., Valandro A. (1999a). *Résultats préliminaires sur les Diatomées benthiques de substrats meubles dans la Lagune de Venise, Italie (mars 1994-janvier 1995)*. Diatom Res., 14 (2): 367-379.

Tolomio C. (2007). *Fitoplancton della laguna di Venezia. IV. Le associazioni microalgali in un canale del centro storico di Chioggia (Bacino Sud)*. Soc. Ven. Sc. Nat. Vol. 32: 43-48.

Tolomio C., Bullo L. (2001). *Prelievi giornalieri di fitoplancton in una stazione del bacino meridionale della laguna di Venezia aprile 1993 - marzo 1994*. Boll. Mus. St. nat. Venezia, 52:3-21.

Tolomio C., Moschin E. Moro I. (2006). *Caratterizzazione stagionale delle comunità fitoplanctoniche nel bacino centrale della laguna di Venezia*. Soc. Ven. Sc. Nat. Vol. 31: 37-51.

Tomas C. R., Throndsen J., Heimdal B. R. (1993). *Marine phytoplankton: a guide to naked flagellates and coccolithophorids*, Academic Press – pp. 263.

Tomás C. R. (1996). *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press pp. 598.

Tomas C.R. (editor), Hasle G.R., Syvertsen E.E., Steidinger K.A. e Tangen K. As contributors, (1997). *identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Accademic Press, Inc. 598 pp.

Tomasino M., (1995). *Acque di Transizione*. In R. Marchetti. "Ecologia Applicata" Società Italiana di Ecologia." Ed. Città Studi.

Unione Europea, 2000. 2000/60/EC Directive of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ, L 327 (22.12.2000): 1-72.

Utermöhl M. (1958). *Zur Vervollcommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik*. Mitteilung Internazionale vereinigung fuer Theoretische unde Amgewandte Limnologia 9:1-38.

Vadrucci M.R., Sabetta L., Fiocca A., Mazziotti C., Silvestri C., Cabrini M., Guardiani B., Konjka E., Evangelopoulos A., Koutsoubas D., Basset A. (2008). *Statistical evaluation of differences in phytoplankton richness and abundance as constrained by environmental drivers in transitional waters of the Mediterranean basin*. *Acquatic conservation: Marine and freshwater ecosystem* 18: 88-104.

Zingone A., Honsell G., Marino D., Montesor M., Socal G. (1990). *Fitoplancton*. In *Metodi nell'ecologia del plankton marino*. Nova Thalassia 11, 183-198.

## **Siti consultati**

Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare  
*www.minambiente.it*

AlgaeBase: <http://www.algaebase.org>

Checklist of Phytoplankton in the Skagerrak-Kattegat:

[http://www.smhi.se/oceanografi/oce\\_info\\_data/plankton\\_checklist/ssshome.htm](http://www.smhi.se/oceanografi/oce_info_data/plankton_checklist/ssshome.htm)

Coccolithophorid evolutionary biodiversity and ecology network –  
CODENET:

[http://www.nhm.ac.uk/hosted\\_sites/ina/CODENET/](http://www.nhm.ac.uk/hosted_sites/ina/CODENET/)

Identifying Harmful Marine Dinoflagellates:

<http://botany.si.edu/references/dinoflag/>

MICRO\*SCOPE:

<http://starcentral.mbl.edu/microscope/portal.phppagetitle=index>

Phytoplankton de Mediterranee: <http://www.com.univ-mrs.fr/PHYTOCOM/>

PlanktonNet: <http://www.planktonnet.eu/>

WeMP Website on Mediterranean Phytoplankton:

<http://www.szn.it/SZNWeb>.



# ALLEGATI

STAZIONE	5	17	20	31	45	53	59	65	71	84	97
<b>BACILLARIOPHYTA</b>											
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	0	0	17.000	0	0	0	0	120	0
<i>Cocconeis</i> sp.	0	0	0	37.260	0	0	0	0	0	160	9.900
Coscinodiscophyceae nd	1.075	1.119.053	86.788	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	13.352	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	6.676	0	17.000	0	0	0	0	1.000	6.300
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	0	0	0	14.450	0	0	0	0	0	0
diatomee pennate nd	9.245	0	0	0	18.700	0	0	0	0	4.200	0
diatomee pennate nd<10 µm	118.488	427.873	260.364	93.151	0	214.775	18.360	230.098	789.083	0	246.850
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	153.596	20.028	0	3.400	0	0	0	0	0	5.400
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.200	0
<i>Proboscia alata</i>	0	0	0	0	16.150	0	0	0	0	200	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	1.505	0	0	0	79.900	0	14.280	0	0	2.240	11.700
<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	26.749	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>											
Dinophyceae nd	0	0	0	0	34.850	0	8.160	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	460.787	0	0	11.900	0	24.480	0	0	480	5.400
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>											
<i>Eutreptiella</i> sp.	0	1.173.909	32.960	0	19.550	0	0	0	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	0	1.119.053	887.908	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	239.445	2.874.431	180.252	380.056	586.954	567.227	273.360	226.130	474.787	282.114	271.535
STAZIONE	5	17	20	31	45	53	59	65	71	84	97
BACILLARIOPHYTA	130.313	1.700.522	387.208	130.411	166.600	214.775	32.640	230.098	815.831	9.520	280.150
DINOFLAGELLATA	0	460.787	0	0	46.750	0	32.640	0	0	480	5.400
EUGLENOPHYTA	0	1.173.909	32.960	0	19.550	0	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	0	1.119.053	887.908	0	0	0	0	0	0	0	0
ALTRO FITOPLANCTON	239.445	2.874.431	180.252	380.056	586.954	567.227	273.360	226.130	474.787	282.114	271.535
TOTALE	369.758	7.328.702	1.488.328	510.467	819.854	782.002	338.640	456.228	1.290.619	292.114	557.085

Tabella 1: fitoplancton campagna di luglio 2008.

STAZIONE	5	17	20	31	45	53	59	65	71	84	97
<b>BACILLARIOPHYTA</b>											
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	80	0	160	480	160	280	40	240	80	360	120
<i>Cocconeis</i> sp.	360	960	720	720	640	960	440	640	680	640	1.160
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	160	0	0	0	200	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	80	80	0	0	120	0	320	640	0	40
<i>Proboscia alata</i>	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
diatomee pennate nd	440	0	680	0	0	760	0	760	1.120	0	0
diatomee pennate nd<10 µm	1.400	2.240	2.560	2.160	1.200	2.960	1.000	3.640	3.280	1.760	2.800
<i>Amphora</i> sp.	240	0	0	160	0	0	0	0	320	80	0
<i>Asterionella</i> sp.	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	440	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0
<i>Cymbella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	80	0	0	0	0	0	0	200	0	80	0
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	440	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	320	80	0	0	0	0	160	80	0	80	0
<i>Guinardia flaccida</i>	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia striata</i>	0	0	280	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360
<i>Navicula</i> sp.	0	240	200	0	0	0	0	360	0	440	0
<i>Nitzschia sigma</i>	80	0	0	80	0	0	0	0	0	80	0
<i>Nitzschia</i> sp.	200	0	240	0	0	200	120	320	360	800	120
<i>Petrodictyon gemma</i>	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma normanii</i>	400	0	0	160	0	0	0	0	0	80	0
<i>Surirella</i> sp.	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>											
<i>Ceratium fusus</i>	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>											
<i>Eutreptiella</i> sp.	16.321	5.190.116	26.522	89.766	134.649	22.442	0	0	0	8.161	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	4.080	0	0	8.161	306.021	57.124	0	0	0	0	0
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	24.482	0	0	142.810	212.175	0	0	0	0	24.482	0
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
BACILLARIOPHYTA	4.440	3.760	5.000	3.920	2.000	5.280	1.760	6.960	7.520	4.480	4.600
DINOFLAGELLATA	80	0	80	0	0	40	40	0	0	0	0
EUGLENOPHYTA	16.321	5.190.116	26.522	89.766	134.649	22.442	0	0	0	8.161	0
CRYPTOPHYTA	4.080	0	0	8.161	306.021	57.124	0	0	0	0	0
ALTRO FITOPLANCTON	24.482	0	0	142.810	212.175	0	0	0	0	24.482	0
<b>TOTALE</b>	<b>49.403</b>	<b>5.193.876</b>	<b>31.602</b>	<b>244.657</b>	<b>654.845</b>	<b>84.885</b>	<b>1.800</b>	<b>6.960</b>	<b>7.520</b>	<b>37.122</b>	<b>4.600</b>

Tabella 2: fitoplancton campagna di novembre 2008.

<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>											
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	200	320	0	0	0	440	160	240	40	480
<i>Bacillaria paradoxa</i>	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	1.120	320	200	36.723	320	7.620	1.280	1.200	4.280	2.520	15.520
<i>Cylindrotheca closterium</i>	280	40	80	24.482	40	0	280	160	0	0	280
<i>Cymbella</i> sp.	200	0	80	0	0	0	0	0	0	0	120
<i>Diatoma</i> sp.	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
diatomee pennate nd	1.320	1.000	2.200	42.843	200	1.089	1.640	1.200	1.560	1.640	2.680
diatomee pennate nd<10 µm	2.440	1.280	4.320	24.482	880	11.975	2.800	1.640	2.120	2.600	3.280
<i>Dytilium</i> sp.	0	0	40	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	600

<i>Gyrosigma</i> sp.	200	0	160	0	0	0	0	200	40	0	160
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280	120
<i>Navicula</i> sp.	640	640	280	0	0	0	1.000	0	0	80	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	200	160	240	0	0	2.177	440	120	0	0	120
<i>Pinnularia</i> sp.	0	0	840	0	0	0	880	0	0	400	920
<i>Pleurosigma</i> sp.	200	40	0	0	0	0	160	240	200	40	200
<i>Proboscia alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
<i>Skeletonema</i> sp.	1.920	920	4.240	195.853	0	18.506	2.400	240	0	0	0
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Surirella</i> sp.	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>											
<i>Eutreptiella</i> sp.	94.867	186.673	14.811	263.178	680	48.987	0	0	0	0	19.748
<b>CRYPTOPHYTA</b>	174.432	113.228	9.874	893.581	280	211.188	0	0	0	0	54.307
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
BACILLARIOPHYTA	8.880	4.600	13.080	324.382	1.440	41.367	11.680	5.240	8.440	7.640	24.600
DINOFLLAGELLATA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EUGLENOPHYTA	94.867	186.673	14.811	263.178	680	48.987	0	0	0	0	19.748
CRYPTOPHYTA	174.432	113.228	9.874	893.581	280	211.188	0	0	0	0	54.307
ALTRO FITOPLANCTON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALE	278.178	304.501	37.765	1.481.14	2.400	301.542	11.680	5.240	8.440	7.640	98.655

Tabella 3: fitoplancton campagna di febbraio 2009.

STAZIONE	5	17	20	31	45	53	59	65	71	84	97
<b>BACILLARIOPHYTA</b>											
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	6.583	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	9.874	0	6.583	280	544	240	480	400	0	0	40
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	816	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	19.748	32.913	55.953	4.840	13.063	4.360	9.680	2.160	2.160	2.280	7.640
<i>Cylindrotheca closterium</i>	164.567	411.417	52.661	1.000	2.449	1.200	1.240	1.680	360	480	1.200

<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	560	40
diatomee pennate nd	39.496	82.283	9.874	720	2.722	520	2.440	1.040	480	800	600
diatomee pennate nd<10 µm	138.236	378.503	164.567	4.960	12.519	3.560	6.520	3.680	1.560	1.440	1.120
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	9.874	0	9.874	80	0	0	0	0	40	0	480
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	19.748	0	9.874	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	82.283	75.701	40	1.089	80	640	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	52.661	16.457	36.205	120	272	0	1.320	240	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	32.913	65.827	3.291	80	0	40	160	480	160	40	280
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0
<i>Surirella</i> sp.	0	0	3.291	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>											
<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	0	240	1.361	0	0	0	0	160	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	40	40	360
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	80	0	0	40	0	80
Dinophyceae nd	0	0	0	0	0	1.280	0	0	0	0	2.120
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	544	0	0	0	0	80	160
<i>Dinophysis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	49.370	0	960	3.810	1.800	120	1.600	840	800	1.360
<i>Gymnodinium</i> sp. piccolo	0	0	0	0	0	0	0	0	360	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	1.440	272	960	240	2.160	560	200	840
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	1.905	120	120	160	1.440	2.360	3.920
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	640	0	160
<i>Protoberidinium</i> sp.	0	0	0	120	0	120	0	0	40	0	280
<b>EUGLENOPHYTA</b>											
<i>Eutreptiella</i> sp.	0	954.487	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
BACILLARIOPHYTA	487.117	1.069.683	434.456	12.280	33.474	10.000	22.560	9.680	4.880	5.600	11.400
DINOFLAGELLATA	0	49.370	0	2.760	7.892	4.400	480	3.920	3.960	3.640	9.320
EUGLENOPHYTA	0	954.487	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALE	487.117	2.073.540	434.456	15.040	41.367	14.400	23.040	13.600	8.840	9.240	20.720

Tabella 4: fitoplancton campagna di maggio 2009.

STAZIONE	5	17	20	31	45	53	59	65	71	84	97
<b>BACILLARIOPHYTA</b>											
<i>Amphora</i> sp.	0	0	120	440	0	1.089	160	1.089	0	7.620	4.354
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	3.266	0	0	0	0	0	544
<i>Cocconeis</i> sp.	880	0	720	760	1.089	3.266	480	1.089	39.496	8.709	2.177
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.443	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	10.640	19.336.583	10.040	20.600	13.608	12.519	4.880	1.089	98.740	14.152	14.696
<i>Cymbella</i> sp.	0	0	0	0	0	1.633	0	0	0	0	0
diatomee centriche nd	0	0	0	280	0	3.810	40	0	0	0	0
diatomee pennate nd	1.600	137.139	1.000	1.280	1.633	4.899	1.240	2.177	59.244	5.443	1.633
diatomee pennate nd<10 µm	27.280	959.972	2.880	23.320	28.304	72.392	4.680	45.721	5.509.692	715.210	105.594
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.177	0
<i>Guinardia flaccida</i>	0	0	0	0	544	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	160	0	0	40	2.177	1.089	160	0	0	2.177	544
<i>Melosira</i> sp.	3.200	0	840	0	0	0	0	0	138.236	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	1.633	0	0	2.722	0	1.089	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	0	0	3.266	0	0	0	3.266	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	137.139	40	80	0	0	80	0	0	0	0
<i>Petrodictyon gemma</i>	0	137.139	600	0	544	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.177	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	160	0	0	120	1.633	1.089	360	0	0	2.177	0
<i>Proboscia alata</i>	0	0	0	0	2.177	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0	0	0	0	1.089	0	160	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.177	0
<i>Skeletonema</i> sp.	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0
<i>Surirella</i> sp.	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	0	0	0	0	3.266	0	0	0	0	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>											
<i>Amphidinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	16.329	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	80	0	0	1.089	0

<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Ceratium sp.</i>	0	0	0	0	544	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophyceae</i> nd	0	0	0	0	2.177	1.089	0	0	0	3.266	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	544	0	120	0	0	0	0
<i>Dinophysis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	0	0	80	240	0	0	240	0	39.496	0	0
<i>Gyrodinium falcatum</i>	0	0	0	0	3.810	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium sp.</i>	0	0	40	0	4.899	0	320	0	0	0	0
<i>Gyrodinium spirale</i>	0	0	0	0	1.633	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	1.089	0	0	0	0	1.089	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Prorocentrum sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.089	0
<i>Protoperidinium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	120	0	0	1.089	544
<b>EUGLENOPHYTA</b>											
<i>Eutreptiella sp.</i>	0	137.139	0	0	5.443	3.266	120	0	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	0	548.556	0	0	27.759	9.797	840	15.785	355.464	27.215	0
<b>ALTRO</b>											
<i>Ebria tripartita</i>	0	0	0	0	1.633	0	0	0	0	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
BACILLARIOPHYTA	43.920	20.707.972	16.640	46.920	60.962	105.050	12.440	53.886	5.845.408	771.817	129.543
DINOFLAGELLATA	0	0	120	240	14.696	1.089	1.120	16.329	39.496	7.620	544
EUGLENOPHYTA	0	137.139	0	0	5.443	3.266	120	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	0	548.556	0	0	27.759	9.797	840	15.785	355.464	27.215	0
ALTRO FITOPLANCTON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALTRO	0	0	0	0	1.633	0	0	0	0	0	0
TOTALE	43.920	21.393.667	16.760	47.160	110.493	119.202	14.520	85.999	6.240.368	806.653	130.088

Tabella 5: fitoplancton campagna di agosto 2009.



STAZIONE	5	17	20	31	45	53	59	65	71	84	97
<b>BACILLARIOPHYTA</b>											
<i>Achnanthes</i> sp.	320	10.160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	120
<i>Asterionella glacialis</i>	0	0	80	0	0	544	1.089	0	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	5.080	200	200	0	0	0	0	40	1.089	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	80	0	0	0	726	0	80	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	363	0	0	363	80
<i>Cocconeis</i> sp.	520	5.080	1.280	2.760	1.089	544	1.089	0	2.080	2.177	720
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	80	280	0	544	2.540	2.177	360	726	200
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	0	280	400	1.361	0	1.089	1.089	0	0	80
<i>Diatoma</i> sp.	120	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
diatomee pennate nd	360	13.063	480	1.160	544	1.089	0	1.633	880	0	4.240
diatomee pennate nd<10 µm	5.000	68.219	4.120	3.240	6.532	7.620	7.620	16.329	2.800	11.975	2.360
<i>Diploneis bombus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Guinardia flaccida</i>	0	0	0	0	272	0	1.089	544	0	0	40
<i>Guinardia striata</i>	0	0	600	240	0	1.633	1.451	2.722	0	0	400
<i>Gyrosigma fasciola</i>	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	320	0	1.920	1.640	544	2.177	6.894	1.089	360	0	640
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	320	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	320	2.903	0	0	0	0	0	0	0	2.903	120
<i>Nitzschia</i> sp.	320	2.177	120	0	0	0	0	0	120	1.451	0
<i>Petrodictyon gemma</i>	160	726	160	440	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	80	0	0	160	272	544	0	0	120	0	120
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0	0	0	0	0	2.177	1.814	0	0	0	440
<i>Rhizosolenia</i> sp.	80	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Skeletonema</i> sp.	560	0	360	0	0	0	2.177	0	0	0	600
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Surirella</i> sp.	120	0	200	0	0	0	0	0	40	1.814	0
<i>Thalassionema nitzchiodes</i>	0	0	80	0	544	0	1.451	0	80	0	80

<b>DINOFLAGELLATA</b>											
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0
<i>Ceratium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	363	0	0	0	0
dinoflagellati piccoli nd	160	0	0	0	0	0	363	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1.089	40	0	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	5.080	0	0	7.348	0	0	0	0	0	760
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	0	544	0	0	0	0	40
<b>EUGLENOPHYTA</b>											
<i>Eutreptiella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	544	80	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	0	7.257	1.320	0	34.835	98.518	57.333	181.796	98.740	33.747	2.000
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	88.866	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
DINOFLAGELLATA	160	5.080	0	0	7.348	544	726	1.089	280	0	800
EUGLENOPHYTA	0	0	0	0	0	0	0	544	80	0	0
CRYPTOPHYTA	0	7.257	1.320	0	34.835	98.518	57.333	181.796	98.740	33.747	2.000
ALTRO FITOPLANCTON	0	0	0	0	0	0	0	0	88.866	0	0
<b>TOTALE</b>	<b>8.760</b>	<b>119.746</b>	<b>11.520</b>	<b>10.640</b>	<b>53.341</b>	<b>115.936</b>	<b>87.451</b>	<b>209.011</b>	<b>195.526</b>	<b>56.244</b>	<b>13.040</b>

Tabella 6: dati fitoplancton campagna di novembre 2009.

<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>										
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	40	0	0	0	0	0	40
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	120	0	320	0	0	40
<i>Asterionella glacialis</i>	0	0	0	40	0	0	0	40	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	40	0	0	40	40	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	80	0	1.814	400	240	0	80	120	200	0
<i>Cocconeis</i> sp.	160	0	3.629	800	1.880	5.443	1.360	2.280	1.480	2.960
<i>Cyclotella</i> sp.	40	0	0	0	0	0	0	80	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.000	0	1.089	640	440	4.354	360	1.960	1.000	200
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	40

<i>Diatoma</i> sp.	80	0	0	0	0	0	0	80	40	0
diatomee centriche nd	40	0	0	120	80	0	0	0	0	0
diatomee pennate nd	360	0	1.089	40	280	0	120	1.960	1.480	320
diatomee pennate nd<10 µm	4.000	39.496	7.257	3.680	2.920	9.797	3.160	2.640	3.160	1.640
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	120	0	0	0	120	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	80	0	0	0	0	0	40	80	80	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	120	80	726	40	80	320	240
<i>Melosira</i> sp.	0	39.496	0	0	0	0	0	1.080	0	0
<i>Navicula</i> sp.	120	0	0	0	0	0	200	320	120	0
<i>Nitzschia</i> sp.	120	0	0	80	0	0	120	120	40	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	363	0	120	363	560	80	160	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0	0	0	760	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i> sp.	1.720	0	0	400	400	0	0	1.160	80	0
<i>Synedra</i> sp.	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>										
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
dinoflagellati piccoli nd	0	0	0	0	0	0	0	0	1.360	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	1.451	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scrippsiella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>										
<i>Eutreptiella</i> sp.	1.240	5.786.164	20.683	1.120	560	16.329	0	80	40	120
<b>CRYPTOPHYTA</b>										
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	98.740	0	246.850	207.354	98.740	849.164	0	0	0	454.204
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
BACILLARIOPHYTA	7.920	78.992	15.240	7.320	6.680	20.683	6.440	12.360	8.200	5.480
DINOFLAGELLATA	0	0	1.451	0	0	0	0	0	1.680	40

EUGLENOPHYTA	1.240	5.786.164	20.683	1.120	560	16.329	0	80	40	120
CRYPTOPHYTA	3.680	78.992	7.257	15.720	148.110	21.046	120	2.040	2.200	320
ALTRO FITOPLANCTON	98.740	0	246.850	207.354	98.740	849.164	0	0	0	454.204
TOTALE	111.580	5.944.148	291.483	231.514	254.090	907.223	6.560	14.480	12.120	460.164

Tabella 7: fitoplancton campagna di febbraio 2010.

STAZIONE	5	17	20	31	59	65	71	84
<b>BACILLARIOPHYTA</b>								
<i>Achnanthes</i> sp.	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	80
<i>Cocconeis</i> sp.	360	5.443	720	2.200	24.675	640	3.640	480
<i>Cyclotella</i> sp.	160	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	0	0	726	0	80	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	10.886	0	0	0	0	0	0
diatomee centriche nd	0	0	0	40	0	0	0	0
diatomee pennate nd	200	0	0	320	0	0	160	160
diatomee pennate nd<10 µm	1.960	315.694	4.000	2.680	1.814	2.160	1.800	720
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	80	0	0	0	726	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	5.443	0	40	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	40	0	240	160	0
<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	160
<b>DINOFLAGELLATA</b>								
<i>Ceratium fusus</i>	40	0	0	0	0	0	0	80
dinoflagellati piccoli nd	0	0	0	40	726	0	120	1.520
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	80	0	0	0	0	560
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	1.680	240	0	80	40	480
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	40	0

<b>CRYPTOPHYTA</b>	2.360	364.681	1.840	1.920	16.692	0	80	3.360
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	0	493.700	98.740	3.266	19.595	16.320	138.236	6.532
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>
BACILLARIOPHYTA	2.800	337.466	4.720	5.400	27.941	3.040	5.840	1.600
DINOFLLAGELLATA	40	0	1.760	280	726	80	200	2.640
EUGLENOPHYTA	0	0	0	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	2.360	364.681	1.840	1.920	16.692	0	80	3.360
ALTRO FITOPLANCTON	0	493.700	98.740	3.266	19.595	16.320	138.236	6.532
TOTALE	5.200	1.195.847	107.060	10.866	64.954	19.440	144.356	14.132

Tabella 8: fitoplancton campagna di maggio 2010.

<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>59</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	40	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	0	40	0	0	80
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	160
<i>Cocconeis</i> sp.	920	0	3.680	200	320	960	4.080
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.000	3.184.365	160	600	0	640	0
<i>Diatoma</i> sp.	40	0	0	0	0	0	0
diatomee centriche nd	0	0	0	40	0	0	0
diatomee pennate nd	720	0	1.240	1.000	0	1.840	240
diatomee pennate nd<10 µm	2.240	24.685	2.920	2.600	1.080	4.320	2.800
<i>Diploneis bombus</i>	80	0	40	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	40	40	0	0	0
<i>Guinardia flaccida</i>	0	0	0	40	0	240	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	160	0	240	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	40	0	80	680	120	400	160
<i>Navicula</i> sp.	40	0	0	80	0	320	0
<i>Nitzschia</i> sp.	40	0	0	200	0	240	160
<i>Pleurosigma</i> sp.	240	0	560	40	160	240	80
<i>Surirella</i> sp.	0	0	0	40	0	0	0

<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	480	360	0	160
<b>DINOFLAGELLATA</b>							
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	40	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	40	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	40	0	0	80
<i>Hermenesinum adriaticum</i>	0	0	0	120	0	0	0
<i>Prorocentrum lima</i>	0	0	0	0	0	0	320
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	80	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>							
<i>Eutreptiella</i> sp.	0	0	0	40	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	0	419.645	0	0	600	0	0
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	0	0	0	17.418	1.105.888	39.190	45.721
<b>STAZIONE</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>59</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>97</b>
BACILLARIOPHYTA	5.520	3.209.050	8.960	6.080	2.080	9.200	7.920
DINOFLAGELLATA	0	0	40	280	0	0	400
EUGLENOPHYTA	0	0	0	40	0	0	0
CRYPTOPHYTA	0	419.645	0	0	600	0	0
ALTRO FITOPLANCTON	0	0	0	17.418	1.105.888	39.190	45.721
TOTALE	5.520	3.628.695	9.000	23.818	1.108.568	48.390	54.041

Tabella10: fitoplancton campagna di agosto 2010.

STAZIONE	13	19	22	43	46	52	76	78	86	99
<b>BACILLARIOPHYTA</b>										
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	200	0	0	0	0	0	200	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0
<i>Asterionella glacialis</i>	80	0	0	0	0	80	0	0	0	240
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	1.633	880	1.361	0	0	0	0	120	40
<i>Bacillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	480	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	80	0	0	0	0	40	80	40	0	80
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	40	0	0	0	0	0	0	80
<i>Cocconeis</i> sp.	480	2.177	200	2.722	0	520	880	4.120	1.920	720

<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	80	0	0	544	1.451	840	240	1.280	320	480
<i>Cymbella</i> sp	0	1.633	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	200	0	120	0	1.814	600	280	80	0	360
<i>Diatoma</i> sp.	0	1.089	120	0	1.814	0	0	0	0	40
<i>Diatoma vulgare</i>	0	3.266	0	0	0	0	0	0	0	0
diatomee centriche nd	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
diatomee pennate nd	40	6.532	1.480	1.361	1.814	120	800	1.120	560	1.320
diatomee pennate nd<10 µm	4.000	64.772	6.360	19.051	17.780	2.120	2.800	1.600	4.200	2.880
<i>Diploneis bombus</i>	0	0	120	0	0	0	40	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Dytilium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema</i> sp.	0	6.532	0	0	726	0	0	0	0	0
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	320	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia flaccida</i>	0	0	0	0	363	40	80	0	0	160
<i>Guinardia striata</i>	0	0	80	0	0	320	80	0	0	160
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	360	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	544	0	0	0	0	0	0
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	320	0	3.629	1.400	360	120	200	1.360
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	560	0	0
<i>Lioloma pacificum</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	1.633	80	0	0	0	0	0	240	0
<i>Navicula</i> sp.	80	3.266	0	0	1.814	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia reversa</i>	0	0	0	0	0	0	0	360	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	120	3.810	200	0	0	80	160	0	80	240
<i>Petrodictyon gemma</i>	280	0	680	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	80	0	280	544	0	0	200	120	0	80
<i>Proboscia alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	120	0	0	0	3.266	80	80	160	0	0

<i>Rhizosolenia hebetata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	0	80	0
<i>Skeletonema</i> sp.	0	0	0	0	0	0	200	0	160	0
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0
<i>Surirella</i> sp.	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	0	544	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	160	0	0	80	320	0	0	160
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	0	0	0	1.089	0	0	0	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>										
<i>Alexandrium minimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphidinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Ceratium horridum</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
dinoflagellati piccoli nd	640	0	0	0	726	80	0	0	1.440	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	280	0	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	0	0	0	14.515	0	0	160	200	40
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>										
<i>Eutreptiella</i> sp.	2.320	0	0	272	0	0	0	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>										
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	23.360		1.240	10.070	15.240	157.984	14.440	240	19.360	0
<b>ALTRO</b>										
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Octactis octonaria</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>43</b>	<b>46</b>	<b>52</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>86</b>	<b>99</b>
BACILLARIOPHYTA	5.640	96.885	12.280	26.126	35.561	6.400	6.720	10.280	8.080	8.400
DINOFLAGELLATA	640	0	0	0	15.240	80	120	480	1.720	40
EUGLENOPHYTA	2.320	0	0	272	0	0	0	0	0	0



CRYPTOPHYTA	23.360	0	1.240	10.070	15.240	157.984	14.440	240	19.360	0
ALTRO FITOPLANCTON	0	0	0	849.164	0	464.078	0	0	0	0
ALTRO	0	0	200	0	0	40	0	0	0	0
TOTALE	31.960	96.885	13.720	885.632	66.042	628.582	21.280	11.000	29.160	8.440

Tabella 11: fitoplancton campagna di novembre 2009.

STAZIONE	13	19	22	43	46	52	76	78	86	99
<b>BACILLARIOPHYTA</b>										
<i>Achnanthes longipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	880	0
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	80	0	0	40
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	360	0
<i>Asterionella glacialis</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	40	0
<i>Asterionella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	544	0	544	0	0	80	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	1.089	0	1.089	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	1.451	0	1.089	3.266	544	4.840	640	2.000	880	680
<i>Cyclotella</i> sp.	0	7.620	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	726	544	544	1.089	1.089	1.640	1.160	800	440	1.000
<i>Cymbella</i> sp.	0	0	1.089	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	544	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma</i> sp.	726	1.633	1.633	0	11.975	0	0	40	0	120
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0	0	0	8.165	0	0	0	0	0
diatomee centriche nd	0	3.810	0	0	0	80	160	200	0	80
diatomee pennate nd	726	2.722	544	1.089	9.797	0	200	0	1.120	2.320
diatomee pennate nd<10 µm	3.629	74.569	27.215	10.886	53.886	2.080	2.200	3.120	3.880	4.240
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	544	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	726	2.177	1.089	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	0	0	0	544	40	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120

<i>Licmophora</i> sp.	0	544	0	0	0	40	0	40	200	40
<i>Melosira</i> sp.	0	0	1.633	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	1.451	1.633	1.633	0	0	0	0	0	0	80
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	0	0	0	280	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	4.354	1.089	0	1.089	0	0	40	160	40
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	0	1.089	40	80	0	120	40
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0	0	0	0	1.089	0	160	120	0	0
<i>Skeletonema</i> sp.	0	0	0	0	24.494	0	800	0	0	0
<i>Surirella</i> sp.	0	2.722	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	0	34.291	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	0	1.089	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema rotula</i>	0	0	0	0	1.089	0	0	0	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>										
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	1.089	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
<b>EUGLENOPHYTA</b>										
<i>Eutreptiella</i> sp.	31.932	0	50.076	161.113	1.633	2.120	240	80	320	40
<b>CRYPTOPHYTA</b>										
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	789.920	197.480	306.094	256.724	207.354	256.724	0	612.188	552.944	315.968
<b>STAZIONE</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>43</b>	<b>46</b>	<b>52</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>86</b>	<b>99</b>
BACILLARIOPHYTA	9.435	137.708	39.190	16.329	117.569	8.800	5760	6440	8120	8880
DINOFLAGELLATA	0	0	0	0	1.089	80	40	0	0	120
EUGLENOPHYTA	31.932	0	50.076	161.113	1.633	2.120	240	80	320	40
CRYPTOPHYTA	51.527	0	2.722	53.341	82.734	6.680	6520	3560	7400	200
ALTRO FITOPLANCTON	789.920	197.480	306.094	256.724	207.354	256.724	0	612188	552944	315968
TOTALE	882.814	335.188	398.081	487.507	410.378	274.404	12.560	622.268	568.784	325.208

Tabella 12: fitoplancton campagna di febbraio 2010.

STAZIONE	13	22	43	52	76	78	86	99
<b>BACILLARIOPHYTA</b>								
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	80
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	80	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	0	600	4.354	4.920	800	2.040	2.800	720
<i>Cyclotella</i> sp.	0	200	0	0	0	0	0	120
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	10.886	240	80	200	80	0
diatomee centriche nd	0	0	0	0	0	0	80	120
diatomee pennate nd	0	1.000	4.354	160	400	280	80	160
diatomee pennate nd<10 µm	197.480	10.600	259.087	1.760	2.400	1.200	1.240	2.600
<i>Diploneis bombus</i>	0	0	0	0	160	0	0	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	720	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	200	0	0	80	40	40	80
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	200	0	0	160	80	200	80
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	480
<b>DINOFLAGELLATA</b>								
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	0	40	0	0
dinoflagellati piccoli nd	0	0	0	40	640	1.320	80	80
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	40	0	0	0	280
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	2.177	200	240	480	80	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	0	160	0	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	4.354	80	0	0	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	0	80	0	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>								
<i>Eutreptiella</i> sp.	0	0	0	0	0	80	0	40
<b>CRYPTOPHYTA</b>	10.663.920	200	93.620	120	5.840	2.200	280	1.840
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	0	244.800	138.236	0	15.240	17.418	227.102	11.975
<b>STAZIONE</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>43</b>	<b>52</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>86</b>	<b>99</b>
BACILLARIOPHYTA	197.480	12.800	278.682	7.080	4.080	4.640	4.560	4.440
DINOFLAGELLATA	0	0	6.532	440	1.040	1.840	160	360

EUGLENOPHYTA	0	0	0	0	0	80	0	40
CRYPTOPHYTA	10.663.920	200	93.620	120	5.840	2.200	280	1.840
ALTRO FITOPLANCTON	0	244.800	138.236	0	15.240	17.418	227.102	11.975
TOTALE	10.861.400	257.800	517.069	7.640	26.200	26.178	232.102	18.655

Tabella 13: fitoplancton campagna di maggio 2010.

STAZIONE	13	19	22	43	46	76	78	86	99
<b>BACILLARIOPHYTA</b>									
<i>Achnanthes</i> sp.	40	0	0	160	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	0	120
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	80	80	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	160	0	360	1.360	240	2.680	320	0	880
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	272	0	0	280	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	3.800	0	2.760	640	1.680	80	400	240	1.320
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	1.633	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	5.987	40	0	0	0	0	0	0
diatomee centriche nd	40	544	40	0	40	0	0	0	560
diatomee pennate nd	320	272	440	640	1.200	80	320	1.200	1.120
diatomee pennate nd<10 µm	1.720	31.297	2.360	3.120	1.480	2.320	2.640	4.320	2.440
<i>Diploneis bombus</i>	0	0	0	80	80	0	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Entomoneis alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	160	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	40	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	272	40	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	360	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	160	0	0	640	320	1.840	160	0	40
<i>Navicula</i> sp.	40	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	40	0	0	160	280	0	80	240	0

<i>Petrodictyon gemma</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	40	272	0	160	0	40	80	320	40
<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	240	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	0	120	0	320	0	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>									
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	120	0	0	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	0	0	120	0	0	0	0
<i>Scrippsiella</i> sp.	0	0	0	0	120	0	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>									
<i>Eutreptiella</i> sp.	0	0	520	2.880	0	0	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	1.080	816	1.560	560	1.600	0	0	0	120
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	0	0	0	236.976	30.481	1.481.100	52.253	58.784	0
<b>ALTRO</b>									
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	160	0	0	0	0	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>43</b>	<b>46</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>86</b>	<b>99</b>
BACILLARIOPHYTA	6.360	40.550	6.520	7.280	5.920	7.160	4.320	6.480	6.520
DINOFLAGELLATA	0	0	0	0	440	0	0	0	40
EUGLENOPHYTA	0	0	520	2.880	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	1.080	816	1.560	560	1.600	0	0	0	120
ALTRO FITOPLANCTON	0	0	0	236.976	30.481	1.481.100	52.253	58.784	0
ALTRO	0	0	160	0	0	0	0	0	0
TOTALE	7.440	41.366	8.760	247.696	38.441	1.488.260	56.573	65.264	6.680

Tabella 14: fitoplancton campagna di agosto 2010.

STAZIONE	17	43	71	Cavanata	Stella	Zellina
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Cocconeis</i> sp.	5.443	4.354	3.640	9.874	544	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	10.886	80	9.874	0	1.089
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	0	0	1.089	0
<i>Diatoma</i> sp.	10.886	0	0	0	544	0
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0	0	0	2.722	0
diatomee centriche nd	0	0	0	0	0	2.177
diatomee pennate nd	0	4.354	160	9.874	1.089	0
diatomee pennate nd<10 µm	315.694	259.087	1.800	69.118	98.518	206.834
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	1.633	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	9.874	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	0	1.089	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	2.722	2.177
<i>Nitzschia</i> sp.	5.443	0	0	0	544	3.266
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	160	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	1.089	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
dinoflagellati piccoli nd	0	0	120	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	2.177	40	0	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	4.354	0	0	0	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	40	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	364.681	93.620	80	2.142.658	0	0
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	493.700	138.236	138.236	266.598	0	473.952
STAZIONE	17	43	71	Cavanata	Stella	Zellina
BACILLARIOPHYTA	337.466	278.682	5.840	108.614	111.582	215.543
DINOFLAGELLATA	0	6.532	200	0	0	0
EUGLENOPHYTA	0	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	364.681	93.620	80	2.142.658	0	0
ALTRO FITOPLANCTON	493.700	138.236	138.236	266.598	0	473.952
TOTALE	1.195.847	517.069	144.356	2.517.870	111.582	689.495

Tabella 15: fitoplancton campionamenti mensili maggio 2010.

STAZIONE	17	43	71	Cavanata	Stella	Zellina
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	13.165	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	0	1.089
<i>Cocconeis</i> sp.	0	19.748	2.520	0	544	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	1.633	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	19.748	120	32.913	2.177	1.089
<i>Cymbella</i> sp.	0	0	0	6.583	4.354	0
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	0	0	544	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	0	0	0	2.722	0
<i>Diatoma vulgare</i>	0	0	0	0	3.266	0
diatomee centriche nd	0	0	0	0	1.633	0
diatomee pennate nd	0	0	280	13.165	0	2.177
diatomee pennate nd<10 µm	65.827	2.389.508	3.400	684.597	90.898	80.556
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	720	0	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	0	3.810	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	3.266	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	6.583	1.089	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	19.748	40	13.165	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0	0	40	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	0	2.722	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
<i>Ceratium furca</i>	0	0	40	0	0	0
dinoflagellati piccoli nd	0	0	0	6.583	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	80	0	0	0
<i>Dinophysis sacculus</i>	0	0	360	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	40	0	544	5.443
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	240	26.331	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	1.840	0	0	1.089
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	6.583	0	0
<i>Protoperdinium</i> sp.	0	0	40	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	8.952.427	0	0	0	0	40.278

<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	460.787	750.424	236.976	329.133	8.165	22.861
<b>ALTRO</b>						
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	4.354	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	65.827	2.448.752	7.120	770.172	118.657	84.911
DINOFLAGELLATA	0	0	2.640	39.496	544	6.532
EUGLENOPHYTA	0	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	8.952.427	0	0	0	0	40.278
ALTRO FITOPLANCTON	460.787	750.424	236.976	329.133	8.165	22.861
ALTRO	0	0	0	0	4.354	0
<b>TOTALE</b>	<b>9.479.040</b>	<b>3.199.176</b>	<b>246.736</b>	<b>1.138.801</b>	<b>131.721</b>	<b>154.581</b>

Tabella 16: fitoplancton campionamenti mensili di giugno 2010.

<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Achnanthes</i> sp.	0	600	0	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	1.814	246.850
<i>Cocconeis</i> sp.	0	4.400	2.560	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	726	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	156.758	2.400	240	1.633	0	123.425
diatomee centriche nd	4.354	0	0	0	2.177	0
diatomee pennate nd	0	400	400	5.443	3.266	0
diatomee pennate nd<10 µm	10.886	34.400	3.920	59.329	43.544	246.850
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	800	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	2.540	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	1.200	880	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	240	2.722	1.089	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	80	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	80	0	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0	0	1.520	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	0	0	2.400	0	0	0



<b>DINOFLAGELLATA</b>						
dinoflagellati piccoli nd	0	0	80	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	480	0	0	0
<i>Scrippsiella</i> sp.	0	0	80	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>						
<i>Euglena</i> sp.	89.265	0	0	0	0	0
<i>Eutreptiella</i> sp.	8.709	0	0	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	78.379	400	0	0	0	19.501.150
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	148.050	296.220	23.949	11.430	49.370	0
<b>ALTRO</b>						
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	1.451	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	171.999	43.400	13.120	69.126	55.156	617.125
DINOFLAGELLATA	0	0	640	0	0	0
EUGLENOPHYTA	97.974	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	78.379	400	0	0	0	19.501.150
ALTRO FITOPLANCTON	148.050	296.220	23.949	11.430	49.370	0
ALTRO	0	0	0	0	1.451	0
<b>TOTALE</b>	<b>496.402</b>	<b>340.020</b>	<b>37.709</b>	<b>80.556</b>	<b>105.977</b>	<b>20.118.275</b>

Tabella 17: fitoplancton campionamenti mensili di luglio 2010.

<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Achnanthes</i> sp.	0	160	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	40	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	80	0	0	160	9.874
<i>Cocconeis</i> sp.	0	1.360	320	0	80	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	160	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	3.184.365	640	0	19.748	1.360	9.874
<i>Cymbella</i> sp.	0	0	0	0	400	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	0	0	0	480	0

diatomee centriche nd	0	0	0	0	240	0
diatomee pennate nd	0	640	0	19.748	880	0
diatomee pennate nd<10 µm	24.685	3.120	1.080	592.440	14.960	69.118
<i>Diploneis bombus</i>	0	80	0	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	0	0	480	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	0	0	240	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	800	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	0	2.160	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	640	120	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	640	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	160	0	19.748	160	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	160	160	0	80	0
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	19.748	0	0
<i>Synedra</i> sp.	0	240	360	0	160	19.748
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	80	0
<i>Oxhyrris marina</i>	0	0	0	0	0	128.362
<i>Oxyrrhis</i> sp.	0	0	0	157.984	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	19.748	0	0
<i>Protoperdinium</i> sp.	0	0	0	19.748	0	0
<i>Protoperdinium steinii</i>	0	0	0	19.748	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>						
<i>Eutreptiella</i> sp.	0	2.880	0	19.748	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	419.645	560	600	612.188	160	1.076.266
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	0	236.976	1.105.888	157.984	45.721	0
<b>CLOROPHYTA</b>						
<i>Chattonella</i> sp.	0	0	0	3.080.688	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	3.209.050	7.280	2.080	671.432	23.440	108.614
DINOFLAGELLATA	0	0	0	217.228	80	128.362

EUGLENOPHYTA	0	2.880	0	19.748	0	0
CRYPTOPHYTA	419.645	560	600	612.188	160	1.076.266
ALTRO FITOPLANCTON	0	236.976	1.105.888	157.984	45.721	0
CLOROPHYTA	0	0	0	3.080.688	0	0
TOTALE	3.628.695	247.696	1.108.568	4.759.268	69.401	1.313.242

Tabella 18: fitoplancton campionamenti mensili di agosto 2010.

STAZIONE	17	43	71	Cavanata	Stella	Zellina
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	0	80	240
<i>Amphora</i> sp.	200	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	400	120	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	200	6.640	560	0	2.080	6.480
<i>Cyclotella</i> sp.	400	160	0	0	240	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	600	2.000	640	15.240	240	0
<i>Cymbella</i> sp.	0	0	0	0	560	0
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	0	0	240	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	0	0	0	800	0
diatomee centriche nd	1.200	160	440	0	480	0
diatomee pennate nd	800	8.480	160	0	3.440	240
diatomee pennate nd<10 µm	13.200	6.880	3.120	47.898	9.920	11.360
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	40	0	0	0
<i>Fragillaria</i> sp.	0	0	0	0	80	80
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	400	80
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	400	0	0	1.360	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	240	40	0	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	0	480	80
<i>Navicula</i> sp.	400	240	120	0	320	800
<i>Nitzschia longissima</i>	0	240	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	200	480	80	2.177	400	80

<i>Pleurosigma</i> sp.	0	320	40	2.177	0	0
<i>Synedra</i> sp.	200	0	80	0	0	240
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	80	0	0	0	0
<i>Oxhyrris marina</i>	0	0	0	6.532	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	2.177	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	2.177	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>						
<i>Eutreptiella</i> sp.	1.000	0	0	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	600	2.720	40	455.035	0	0
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	32.658	80.556	19.595	182.885	30.481	78.379
<b>ALTRO</b>						
<i>Scenedesmus</i> sp.	2.200	0	0	0	320	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	17.400	26.640	5.440	67.493	21.120	19.680
DINOFLAGELLATA	0	80	0	10.886	0	0
EUGLENOPHYTA	1.000	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	600	2.720	40	455.035	0	0
ALTRO FITOPLANCTON	32.658	80.556	19.595	182.885	30.481	78.379
ALTRO	2.200	0	0	0	320	0
TOTALE	53.858	109.996	25.075	716.299	51.921	98.059

Tabella 19 :fitoplancton campionamenti mensili di settembre 2010.

<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>					
<i>Achnanthes</i> sp.	0	80	0	320	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	80	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	80	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	24.685	0	0

<i>Cocconeis</i> sp.	0	2.600	0	560	2.000
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	1.280	24.685	80	0
<i>Diatoma</i> sp.	0	40	24.685	320	0
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0	0	0	80
diatomee centriche nd	0	80	0	480	0
diatomee pennate nd	0	1.200	74.055	2.480	10.720
diatomee pennate nd<10 µm	98.740	5.120	789.920	15.760	18.320
<i>Diploneis bombus</i>	0	40	0	0	0
<i>FragilLaria</i> sp.	0	40	0	160	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	160	0	1.040	240
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0	80	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	0	240
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	49.370	0	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
<i>Melosira</i> sp.	0	360	0	160	640
<i>Navicula</i> sp.	19.748	40	24.685	1.280	720
<i>Nitzschia</i> sp.	0	80	0	400	320
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	24.685	0	0
<i>Surirella</i> sp.	0	0	0	80	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	240	80
<b>DINOFLAGELLATA</b>					
<i>Ceratium fusus</i>	0	280	0	0	0
dinoflagellati piccoli nd	0	0	0	0	160
<i>Oxhyrris marina</i>	0	0	24.685	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	40	0	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	98.740	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>	5.707.172	2.960	0	480	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	98.740	23.640	98.740	400	0
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	0	0	0	0	0
<b>ALTRO</b>					
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	160	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>

BACILLARIOPHYTA	118.488	11.280	1.036.770	23.440	33.360
DINOFLAGELLATA	0	320	123.425	0	160
EUGLENOPHYTA	5.707.172	2.960	0	480	0
CRYPTOPHYTA	98.740	23.640	98.740	400	0
ALTRO FITOPLANCTON	58.784	23.949	4.270.505	63.139	80.556
ALTRO	0	0	0	160	0
TOTALE	5.983.184	62.149	5.529.440	87.459	114.076

Tabella 20: fitoplancton campionamenti mensili di gennaio 2011.

STAZIONE	17	43	71	Cavanata	Stella	Zellina
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	2.177	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	2.177	726
<i>Cocconeis</i> sp.	6.532	11.975	1.089	0	4.354	10.160
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	1.089	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.089	9.797	5.443	2.177	0	0
<i>Cymbella</i> sp.	1.089	0	0	0	0	0
<i>Diatoma moniliformis</i>	2.177	0	0	0	0	0
<i>Diatoma</i> sp.	1.089	0	0	0	6.532	0
diatomee centriche nd	0	0	0	0	6.532	726
diatomee pennate nd	23.949	0	2.177	8.709	19.595	7.257
diatomee pennate nd<10 µm	35.924	22.861	15.240	41.367	69.670	29.029
<i>Gomphonema</i> sp.	4.354	0	0	0	0	1.451
<i>Grammatophora</i> sp.	0	0	0	0	6.532	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	1.089	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	0	0	10.886
<i>Navicula</i> sp.	4.354	2.177	1.089	4.354	15.240	2.903
<i>Nitzschia</i> sp.	3.266	1.089	0	0	8.709	726
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	2.177	2.177	0

<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	0	4.354	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	4.354	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	3.266	0	0	0
dinoflagellati piccoli nd	0	0	0	8.709	0	0
<i>Dinophysis sacculus</i>	0	0	0	2.177	0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	1.089	8.709	0	0
<i>Prorocentrum lima</i>	0	0	0	2.177	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	1.089	0	942.728	0	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	4.354	2.177	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>	246.024	41.367	2.177	0	178.530	63.865
<b>CRYPTOPHYTA</b>	23.949	229.695	167.644	111.037	0	12.337
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	52.253	50.076	46.810	8.136.176	0	26.126
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	84.911	47.898	26.126	58.784	152.404	63.865
DINOFLAGELLATA	0	1.089	4.354	968.854	2.177	0
EUGLENOPHYTA	246.024	41.367	2.177	0	178.530	63.865
CRYPTOPHYTA	23.949	229.695	167.644	111.037	0	12.337
ALTRO FITOPLANCTON	52.253	50.076	46.810	8.136.176	0	26.126
TOTALE	407.136	370.124	247.112	9.274.852	333.112	166.193

Tabella 21: fitoplancton campionamenti mensili di febbraio 2011.

<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Achnanthes longipes</i>	0	2.177	40	4.354	0	0
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	0	1.280	0
<i>Amphora</i> sp.	2.722	0	80	0	80	0
<i>Asteromphalus</i> sp.	0	0	0	2.177	0	0

<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	2.177	40	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	17.418	80	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0	0	800	0
<i>Cocconeis</i> sp.	10.886	2.177	2.240	0	3.840	1.760
<i>Cyclotella</i> sp.	5.443	0	40	0	80	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	206.834	1.360	126.278	800	960
<i>Cymatopleura</i> sp.	0	0	0	0	0	80
<i>Cymbella</i> sp.	5.443	0	0	0	1.520	240
<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	0	0	320	0
<i>Diatoma</i> sp.	8.165	0	0	0	1.120	160
<i>Diatoma vulgare</i>	2.722	0	160	0	320	80
diatomee centriche nd	0	0	160	0	160	80
diatomee pennate nd	95.253	8.709	2.200	56.607	7.040	3.600
diatomee pennate nd<10 µm	130.632	130.632	8.960	104.506	19.120	12.160
<i>Diploneis</i> sp.	0	0	80	0	0	0
<i>Entomoneis alata</i>	0	0	40	0	0	0
<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	0	0	160	0
<i>Fragillaria crotonensis</i>	0	0	320	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	5.443	0	0	0	480	720
<i>Grammatophora</i> sp.	0	0	80	0	0	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	13.608	0	120	0	0	80
<i>Hanchia</i> sp.	0	0	0	0	160	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	13.063	640	0	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	0	240	0
<i>Navicula</i> sp.	10.886	0	120	2.177	2.240	640
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	0	0	320	0
<i>Nitzschia</i> sp.	10.886	2.177	160	0	1.840	960
<i>Pleurosigma</i> sp.	8.165	0	280	2.177	0	400
<i>Skeletonema</i> sp.	19.051	28.304	640	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	8.165	0	40	0	160	240
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	320	80
<b>DINOFLAGELLATA</b>						



<i>Gymnodinium</i> sp.	0	4.354	0	30.481	80	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	0	0	4.354	0	0
<i>Oxyrrhis</i> sp.	0	0	0	0	0	80
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	8.709	0	500.756	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	80	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>	446.326	1.678.621	0	0	0	0
<b>CRYPTOPHYTA</b>	10.886	39.190	0	178.530	0	80
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	92.531	128.455	19.595	920.956	26.126	23.949
<b>ALTRO</b>						
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	0	160	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	80	3.280
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	320
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	337.466	396.250	17.800	315.694	42.480	22.240
DINOFLAGELLATA	0	13.063	80	535.591	80	80
EUGLENOPHYTA	446.326	1.678.621	0	0	0	0
CRYPTOPHYTA	10.886	39.190	0	178.530	0	80
ALTRO FITOPLANCTON	92.531	128.455	19.595	920.956	26.126	23.949
ALTRO	0	0	0	0	240	3.600
TOTALE	887.209	2.255.579	37.475	1.950.771	68.926	49.949

Tabella 22: fitoplancton campionamenti mensili di marzo 2011.

STAZIONE	17	43	71	Cavanata	Stella	Zellina
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	0	0	80
<i>Amphiplora alata</i>	0	640	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	160	80	0	0	160
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	0	160
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	1.680	0	0	0

<i>Cocconeis</i> sp.	2.177	320	1.920	1.089	21.772	720
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	2.480	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	4.354	5.680	2.000	16.329	0	240
<i>Cymbella</i> sp.	4.354	0	0	0	7.620	3.520
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	0	0	8.709	0
<i>Diatoma</i> sp.	2.177	0	0	0	25.038	240
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0	0	0	1.089	80
diatomee centriche nd	0	160	1.120	1.089	5.443	240
diatomee pennate nd	19.595	7.440	1.280	52.253	20.683	1.520
diatomee pennate nd<10 µm	211.188	5.760	5.040	104.506	145.872	30.240
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	3.266	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	2.177	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	1.200	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	2.177	4.560	640	0	0	80
<i>Navicula</i> sp.	4.354	240	0	0	7.620	400
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	0	0	0	240
<i>Nitzschia</i> sp.	0	160	160	0	2.177	1.200
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	160	400	4.354	0	80
<i>Skeletonema</i> sp.	8.709	0	3.520	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	4.354	0	0	0	0	1.200
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	3.266	0
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	0	1.520	0	0	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	0	1.680	0	5.443	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
<i>Ceratium fusus</i>	0	880	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	3.266	2.177	0
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	0	1.089	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	1.089	0	0
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	20.683	0	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	80	20.683	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	2.177	0	0	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>	13.063	0	0	0	1.089	80

<b>CRYPTOPHYTA</b>	219.897	0	4.160	0	1.089	80
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	104.506	108.860	82.734	134.986	87.088	76.202
<b>ALTRO</b>						
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	2.177	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	265.618	28.000	22.000	179.619	257.998	40.400
DINOFLAGELLATA	2.177	880	80	46.810	2.177	0
EUGLENOPHYTA	13.063	0	0	0	1.089	80
CRYPTOPHYTA	219.897	0	4.160	0	1.089	80
ALTRO FITOPLANCTON	104.506	108.860	82.734	134.986	87.088	76.202
ALTRO	0	0	0	0	2.177	0
<b>TOTALE</b>	<b>605.262</b>	<b>137.740</b>	<b>108.974</b>	<b>361.415</b>	<b>351.618</b>	<b>116.762</b>

Tabella 23: fitoplancton campionamenti mensili di aprile 2011.

<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
<i>Achnanthes longipes</i>	0	0	0	2.177	0	0
<i>Achnanthes</i> sp.	200	0	0	0	0	2.177
<i>Amphiprora alata</i>	0	0	0	27.215	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	11.975	80	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	0	2.177
<i>Bacteriastrium</i> sp.	0	80	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	880	160	0	0	0
<i>Cocconeis</i> sp.	1.400	2.400	9.440	4.354	5.760	6.532
<i>Cyclotella</i> sp.	1.400	1.520	320	0	800	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.800	4.880	2.000	7.620	0	189.416
<i>Cymbella</i> sp.	0	480	0	0	1.440	0
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	0	80	0	0	0
<i>Diatoma</i> sp.	400	0	160	0	560	0
diatomee centriche nd	0	1.520	240	2.177	1.680	0
diatomee pennate nd	1.200	560	1.360	9.797	4.000	52.253

diatomee pennate nd<10 µm	8.800	7.680	4.480	54.430	10.720	132.809
<i>diploneis bombus</i>	0	0	80	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	0	80	160	0	0	0
<i>Fragillaria crotonensis</i>	0	0	1.040	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	400	80	80	0	800	0
<i>Gyrosigma fasciola</i>	1.400	0	160	1.089	80	0
<i>Haslea</i> sp.	0	0	0	156.758	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	2.177	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	160	80	0	0	0
<i>Melosira</i> sp.	0	0	0	0	80	0
<i>Navicula</i> sp.	200	240	240	2.177	640	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	80	5.443	0	39.190
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	0	1.089	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	800	400	1.360	3.266	1.280	2.177
<i>Pleurosigma</i> sp.	600	160	320	3.266	0	2.177
<i>Skeletonema</i> sp.	0	800	560	0	0	0
<i>Surirella</i> sp.	200	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	0	160	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	80	0
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	0	0	0	222.074
<i>Amphidinium</i> sp.	0	160	0	0	0	4.354
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	80	0	0	0
dinoflagellati nd	0	0	0	0	0	74.025
<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0	0	0	80	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	3.680	0	1.089	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	160	0	80	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	0	1.089	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	80	0	0	0
<b>EUGLENOPHYTA</b>	1.600	0	0	0	0	4.354
<b>CRYPTOPHYTA</b>	17.400	1.520	160	0	0	0
<b>ALTRO FITOPLANCTON</b>	119.746	80.556	65.316	1.461.352	34.835	52.253

<b>ALTRO</b>						
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	0	320	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	400	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	320	0
<b>STAZIONE</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>Cavanata</b>	<b>Stella</b>	<b>Zellina</b>
BACILLARIOPHYTA	18.800	21.920	22.400	295.011	28.160	428.908
DINOFLAGELLATA	0	3.840	320	2.177	160	300.454
EUGLENOPHYTA	1.600	0	0	0	0	4.354
CRYPTOPHYTA	17.400	1.520	160	0	0	0
ALTRO FITOPLANCTON	119.746	80.556	65.316	1.461.352	34.835	52.253
ALTRO	0	0	0	0	1.040	0
<b>TOTALE</b>	<b>157.546</b>	<b>107.836</b>	<b>88.196</b>	<b>1.758.540</b>	<b>64.195</b>	<b>785.969</b>

Tabella 24: fitoplancton campionamenti mensili di maggio 2011.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
5	0,15	28,37	19,89	102,20	0,82
5	0,29	28,36	20,01	102,30	0,59
5	0,4	28,28	21,37	103,50	0,57
5	0,46	28,14	21,86	104,30	0,53
17	0,1	28,10	16,63	180,00	11,31
17	0,15	28,08	16,40	178,70	12,15
17	0,28	28,20	16,84	179,50	13,35
17	0,37	28,38	16,94	182,80	13,81
20	0,11	28,18	17,97	89,70	0,92
20	0,16	28,24	18,61	91,70	0,74
20	0,26	28,52	22,00	93,40	0,91
20	0,37	27,92	25,32	96,80	0,54
20	0,46	27,95	25,83	100,70	0,70
31	0,02	27,79	25,83	94,70	0,69
31	0,05	27,80	25,85	93,90	0,71
31	0,2	27,39	26,83	95,50	0,55
31	0,26	27,22	26,95	98,30	0,50
31	0,38	27,08	27,07	102,30	0,50
31	0,46	27,02	27,41	104,10	0,51
45	0,11	27,09	28,71	108,20	0,79
45	0,16	27,30	29,41	110,90	0,78
45	0,26	27,55	29,68	110,40	0,78
45	0,36	26,82	30,90	108,80	0,83
45	0,47	26,94	31,33	115,60	0,86
53	0,1	27,55	25,10	92,70	0,87
53	0,15	27,54	25,11	92,90	0,87
53	0,26	27,47	25,14	95,00	0,89
53	0,37	27,45	25,15	93,50	0,90
53	0,46	27,40	25,17	93,90	0,91
59	0,1	28,17	30,46	110,70	0,79
59	0,17	27,97	31,17	112,40	0,81
59	0,27	27,82	31,54	116,90	0,82
59	0,36	27,76	31,78	118,20	0,85
59	0,46	27,70	32,04	121,70	0,89
65	0,1	28,89	28,45	99,70	0,62
65	0,16	28,88	28,46	98,70	0,60
65	0,27	28,85	28,46	101,40	0,63
65	0,37	28,74	28,51	103,90	0,63
65	0,46	28,55	28,57	103,90	0,70
71	0,1	29,34	31,41	144,60	0,74
71	0,18	29,35	31,41	144,90	0,77
71	0,26	29,34	31,43	143,50	0,76
71	0,37	29,34	31,44	142,40	0,76
71	0,46	29,29	31,60	143,50	0,81

84	0,10	28,44	31,68	102,60	0,78
84	0,15	28,44	31,68	102,70	0,57
84	0,26	28,44	31,68	105,50	0,67
84	0,38	28,44	31,68	107,80	0,58
84	0,47	28,15	32,75	108,60	0,69
97	0,08	27,58	33,40	107,60	0,64
97	0,15	27,58	33,41	107,10	0,97
97	0,28	27,57	33,43	106,90	0,84
97	0,36	27,58	33,42	108,10	0,64
97	0,48	27,57	33,46	107,70	0,63

Tabella 25: valori dei principali parametri nella campagna di luglio 2008.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
5	0,06	7,93	23,66	95,00	0,58
5	0,19	7,92	23,64	95,00	0,59
5	0,34	7,92	23,64	95,00	0,56
5	0,47	7,92	23,66	95,00	0,56
17	0,08	9,75	11,37	94,90	7,23
17	0,15	9,87	11,91	93,90	10,00
17	0,31	10,10	15,55	93,90	14,28
17	0,39	10,54	20,47	93,90	13,05
20	0,06	8,07	22,85	94,70	0,57
20	0,15	8,05	22,79	94,50	0,52
20	0,28	8,05	22,81	94,60	0,55
20	0,37	8,06	22,84	94,60	0,53
20	0,49	8,44	23,97	94,50	0,61
31	0,05	6,84	29,58	93,60	0,68
31	0,18	6,84	29,58	93,60	0,66
31	0,29	6,83	29,56	93,50	0,68
31	0,38	6,82	29,56	93,40	0,70
45	0,05	10,91	25,62	103,00	1,01
45	0,25	10,90	25,62	103,30	0,98
45	0,32	10,90	25,62	103,40	0,95
45	0,44	10,90	25,68	103,70	0,99
53	0,05	8,28	20,59	101,00	1,00
53	0,19	8,28	20,57	101,00	1,00
53	0,26	8,28	20,62	101,20	1,02
53	0,37	8,343	20,78	101,80	1,04
59	0,03	10,01	27,34	97,80	0,85
59	0,07	10,01	27,35	97,80	0,54
59	0,15	10,02	27,34	97,70	0,71
59	0,27	10,02	27,34	97,70	0,70
59	0,42	10,02	27,36	97,50	0,68
65	0,02	6,97	24,43	99,10	0,64
65	0,07	6,96	24,41	99,10	0,64
65	0,21	6,94	24,41	99,20	0,63

65	0,26	6,94	24,41	99,40	0,64
65	0,36	6,94	24,41	99,80	0,64
71	0,05	9,02	25,62	107,30	0,64
71	0,20	9,045	25,64	107,30	0,62
71	0,31	9,38	25,63	107,80	0,63
71	0,37	9,50	25,70	108,10	0,67
84	0,06	9,49	24,44	96,90	0,57
84	0,17	9,48	24,43	96,90	0,51
84	0,28	9,47	24,46	97,30	0,52
84	0,37	9,47	24,65	97,90	0,52
84	0,48	9,32	28,11	98,30	0,65
97	0,06	8,22	25,98	99,50	0,60
97	0,17	8,22	25,97	99,50	0,69
97	0,33	8,22	25,98	99,70	0,73
97	0,40	8,22	25,96	99,90	0,81
97	0,51	8,22	25,99	100,30	0,41

Tabella 26: valori dei principali parametri nella campagna di novembre 2008.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
5	0,1	8,55	15,19	91,80	0,67
5	0,15	8,55	15,19	91,70	0,65
5	0,41	8,56	15,31	92,10	0,73
17	0,09	8,26	8,70	83,40	1,09
17	0,21	8,37	9,59	83,60	1,18
17	0,27	8,53	11,12	83,70	1,41
17	0,41	8,71	17,51	83,90	1,93
20	0,10	8,75	16,85	89,00	0,75
20	0,16	8,76	16,92	88,20	0,74
20	0,37	8,76	17,18	88,70	0,73
31	0,09	8,65	23,24	94,20	2,48
31	0,17	8,65	23,25	94,80	2,50
31	0,37	8,66	23,25	94,80	2,45
31	0,5	8,65	23,24	95,30	2,45
45	0,10	9,25	24,09	90,60	0,46
45	0,15	9,25	24,09	90,60	0,45
45	0,31	9,20	24,26	91,00	0,46
45	0,36	9,17	24,30	91,70	0,45
45	0,50	9,17	24,37	91,40	0,50
53	0,16	8,93	23,38	92,70	1,47
53	0,27	8,93	23,39	92,80	1,41
53	0,38	8,93	23,38	92,30	1,44
53	0,47	8,93	23,39	92,70	1,47
59	0,12	9,22	23,26	91,80	0,38
59	0,18	9,23	23,25	90,90	0,38
59	0,28	9,23	23,26	91,20	0,37
59	0,43	9,21	23,32	92,40	0,38
59	0,47	9,15	23,38	92,60	0,38



65	0,10	9,15	25,53	92,80	0,41
65	0,15	8,97	25,53	92,70	0,41
65	0,29	8,80	25,53	93,80	0,37
65	0,40	8,78	25,63	95,30	0,37
71	0,10	9,05	25,56	99,00	0,55
71	0,24	9,03	25,54	101,40	0,41
71	0,35	9,01	25,56	101,80	0,72
71	0,46	9,00	25,55	102,20	0,40
84	0,1	8,77	26,65	96,30	0,57
84	0,16	8,75	26,66	96,80	0,44
84	0,31	8,75	26,64	97,40	0,38
84	0,42	8,75	26,63	98,10	0,37
97	0,09	8,32	26,78	102,80	0,51
97	0,16	8,32	26,79	102,30	0,48
97	0,26	8,32	26,79	102,50	0,38
97	0,36	8,32	26,79	102,80	0,37

Tabella 27: valori dei parametri nella campagna di febbraio 2009.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
5	0,17	22,02	22,81	99,20	1,88
5	0,29	22,01	22,84	99,60	1,95
5	0,46	22,03	22,91	100,00	1,82
17	0,09	22,19	19,62	139,90	5,59
17	0,24	22,19	19,67	139,70	5,83
17	0,29	22,19	19,65	139,50	5,91
17	0,38	22,18	19,55	139,60	5,24
17	0,5	22,19	19,56	138,10	4,79
20	0,12	22,18	23,41	104,60	1,20
20	0,15	22,18	23,42	104,40	1,25
20	0,31	22,19	23,43	105,10	1,31
20	0,41	22,19	23,43	105,20	1,24
31	0,04	23,58	21,21	118,30	0,71
31	0,08	23,58	21,22	119,30	0,57
31	0,17	23,58	21,38	121,40	0,60
31	0,28	23,54	21,94	122,20	0,58
31	0,37	23,45	22,69	114,20	0,84
31	0,47	23,18	23,64	115,80	0,58
45	0,1	21,96	21,13	105,60	0,95
45	0,15	21,99	21,17	104,80	0,80
45	0,26	22,14	21,93	105,10	0,73
45	0,38	22,62	24,35	108,90	0,91
45	0,47	22,52	24,60	108,10	0,50
53	0,05	23,36	22,94	142,80	0,60
53	0,17	23,35	22,96	142,00	0,68
53	0,27	23,35	22,93	142,10	0,55
53	0,37	23,35	22,94	142,70	0,86

53	0,48	23,36	22,92	143,60	1,03
59	0,05	22,38	28,21	124,40	0,43
59	0,16	22,37	28,22	124,70	0,44
59	0,26	22,36	28,31	126,30	0,47
59	0,37	22,33	28,58	127,20	0,44
59	0,5	22,27	29,19	125,20	0,61
65	0,17	28,15	27,92	97,10	0,72
65	0,33	28,14	27,93	98,00	0,74
65	0,46	28,14	27,93	98,50	0,75
71	0,15	27,55	29,72	110,10	0,55
71	0,3	27,54	29,72	109,80	0,54
71	0,37	27,55	29,72	109,60	0,53
71	0,51	27,55	29,71	109,20	0,54
84	0,09	26,00	31,19	123,90	0,69
84	0,23	26,00	31,17	124,30	0,50
84	0,26	26,00	31,17	123,60	0,52
84	0,39	25,99	31,18	123,70	0,45
84	0,49	25,98	31,19	122,90	0,46
97	0,12	25,95	31,09	120,60	0,71
97	0,15	25,96	31,10	121,30	0,80
97	0,28	25,95	31,09	121,80	0,76
97	0,38	25,93	31,11	123,80	0,70
97	0,48	25,93	31,11	124,70	0,56

Tabella 28: valori dei parametri nella campagna di maggio 2009.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
5	0,15	28,52	110,10	25,30	0,56
5	0,37	28,52	110,10	25,37	0,55
5	0,49	28,21	110,40	28,09	0,54
17	0,10	27,15	110,00	16,94	5,79
17	0,20	27,15	110,00	16,99	5,85
17	0,38	27,18	109,90	17,48	5,26
17	0,55	27,33	109,70	18,54	3,73
20	0,10	28,53	122,20	28,60	0,81
20	0,16	28,53	122,40	28,59	1,03
20	0,28	28,52	122,90	28,94	0,76
20	0,36	28,35	123,10	29,05	0,48
20	0,54	28,12	126,00	30,51	0,47
31	0,10	28,10	114,20	27,07	0,59
31	0,26	28,02	115,60	27,17	0,60
31	0,38	28,02	116,10	27,27	0,59
31	0,46	28,01	116,50	27,30	0,67
45	0,19	26,44	124,00	28,52	0,63
45	0,40	26,55	124,00	29,60	0,56
45	0,60	26,86	124,30	33,97	0,50
53	0,10	27,55	118,80	26,25	0,86
53	0,25	27,54	119,00	26,25	0,85

53	0,47	27,55	119,20	26,25	0,84
59	0,10	27,94	120,40	31,27	0,58
59	0,28	27,94	120,70	31,26	0,59
59	0,58	27,92	120,70	31,28	0,61
65	0,10	28,21	93,80	28,73	1,27
65	0,29	28,19	94,10	28,79	1,22
65	0,47	28,07	94,80	28,90	1,47
71	0,10	28,54	125,90	30,23	1,09
71	0,25	28,54	125,70	30,17	0,95
71	0,36	28,54	124,90	30,19	0,95
71	0,51	28,52	125,00	30,36	1,16
84	0,10	28,43	106,00	31,44	0,87
84	0,19	28,33	106,10	31,86	0,87
84	0,57	27,91	109,40	32,69	0,82
97	0,01	27,28	115,70	33,28	0,82
97	0,14	27,27	115,50	33,41	0,80
97	0,37	27,20	116,30	33,71	0,81
97	0,51	27,17	117,10	33,80	0,80

Tabella 29: valori dei parametri nella campagna di agosto 2009.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
5	0,23	12,95	19,15	80,50	0,50
5	0,35	12,94	19,54	81,80	0,51
5	0,39	12,94	19,88	82,60	0,50
5	0,50	13,00	23,44	83,10	0,48
17	0,11	12,78	15,18	70,70	0,54
17	0,25	13,22	19,39	71,30	0,90
17	0,32	13,35	21,52	70,30	0,90
17	0,38	13,45	22,64	68,40	1,08
20	0,10	13,23	22,22	79,60	0,48
20	0,26	13,49	27,46	80,40	0,52
20	0,38	13,50	28,48	80,70	0,62
20	0,49	13,66	29,03	80,60	0,70
31	0,16	12,99	27,06	76,20	0,53
31	0,26	12,98	27,06	76,50	0,53
31	0,38	12,99	27,07	76,90	0,57
31	0,46	13,04	27,22	77,20	0,53
45	0,17	13,45	29,29	79,80	0,62
45	0,33	13,51	30,09	79,00	0,65
45	0,44	13,53	30,31	78,50	0,76
53	0,22	13,08	27,51	72,10	0,55
53	0,29	13,07	27,71	73,30	0,54
53	0,37	13,07	27,80	74,10	0,55
53	0,46	13,05	27,78	74,20	0,59
59	0,10	13,55	30,51	74,80	0,67
59	0,24	13,57	31,08	75,40	0,66
59	0,36	13,60	31,30	76,80	0,67

59	0,52	13,63	31,63	78,40	0,70
65	0,14	12,91	29,29	74,20	0,82
65	0,25	12,91	29,16	74,70	0,69
65	0,32	12,90	29,48	75,70	0,77
65	0,40	12,90	29,81	76,30	0,66
71	0,05	13,03	29,39	80,90	0,70
71	0,16	13,03	29,38	81,20	0,67
71	0,30	13,02	29,39	82,40	0,71
71	0,42	13,03	29,50	83,40	0,68
84	0,10	13,39	31,85	72,50	0,65
84	0,31	13,42	32,27	73,10	0,63
84	0,50	13,55	32,71	74,40	0,60
97	0,27	13,33	32,15	71,10	0,69
97	0,41	13,35	32,00	74,40	0,71
97	0,49	13,37	32,52	76,60	0,67

Tabella 30: valori dei parametri nella campagna di novembre 2009.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)
5	0,11	7,17	16,04	96,00	0,35
5	0,20	7,19	16,04	97,20	0,31
5	0,31	7,20	16,05	99,40	0,33
5	0,38	7,22	16,13	101,10	0,34
5	0,53	7,19	16,21	102,50	0,32
17	0,05	7,54	18,14	123,20	1,83
17	0,24	7,51	19,01	122,80	3,69
17	0,36	7,43	19,74	123,10	11,62
17	0,54	7,09	22,28	126,10	55,65
20	0,02	6,68	33,58	94,20	0,37
20	0,11	6,67	33,57	94,40	0,36
20	0,26	6,66	33,60	94,80	0,36
20	0,39	6,65	33,65	95,30	0,37
20	0,48	6,64	33,68	95,90	0,38
31	0,05	6,41	28,41	101,40	0,32
31	0,15	6,40	28,39	102,00	0,32
31	0,26	6,32	28,44	102,80	0,31
31	0,39	6,23	28,66	103,50	0,33
31	0,46	6,24	29,26	102,60	0,34
53	0,08	6,44	26,95	100,00	0,71
53	0,18	6,43	26,93	100,10	0,69
53	0,26	6,34	26,92	100,40	0,74
53	0,36	6,07	27,28	101,20	0,37
53	0,53	5,82	27,95	101,80	0,71
59	0,05	6,26	32,93	100,10	0,40
59	0,21	6,26	32,92	99,90	0,36
59	0,27	6,26	32,91	100,10	0,37
59	0,40	6,26	32,90	100,50	0,37
65	0,05	5,19	30,12	104,10	0,30

65	0,20	5,18	30,13	103,60	0,30
65	0,30	5,08	30,20	103,50	0,31
65	0,41	5,01	30,29	103,70	0,33
71	0,07	5,75	31,58	102,10	0,33
71	0,17	5,65	31,90	102,30	0,34
71	0,34	5,63	32,04	102,90	0,34
71	0,45	5,62	32,06	103,60	0,34
84	0,06	5,90	34,82	95,80	0,41
84	0,15	5,90	34,82	96,00	0,31
84	0,28	5,90	34,81	96,20	0,32
84	0,42	5,89	34,82	96,90	0,32
97	0,03	5,45	33,68	96,00	0,37
97	0,12	5,45	33,69	95,90	0,36
97	0,20	5,46	33,69	96,20	0,37
97	0,34	5,46	33,72	97,10	0,38
97	0,42	5,47	33,82	97,30	0,38

Tabella 31: valori dei parametri nella campagna di febbraio 2010.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)
5	0,09	17,43	16,85	82,60	1,30
5	0,18	17,43	16,85	82,90	1,34
5	0,31	17,43	16,85	83,00	1,37
5	0,40	17,43	16,85	83,00	1,37
17	0,08	16,26	3,85	76,20	1,37
17	0,15	16,26	3,84	76,40	1,47
17	0,28	16,26	3,77	76,60	1,39
17	0,39	16,27	3,92	77,40	1,42
17	0,53	16,35	10,51	78,10	1,78
20	0,03	17,32	17,34	89,30	1,24
20	0,13	17,32	17,49	89,20	1,28
20	0,22	17,37	18,56	89,30	1,33
20	0,27	17,36	18,11	89,10	1,36
20	0,39	17,43	21,34	89,10	1,40
31	0,11	17,54	20,35	81,00	1,25
31	0,19	17,55	20,35	81,30	1,30
31	0,27	17,54	20,35	81,20	1,31
31	0,43	17,54	20,35	81,20	1,31
59	0,01	17,53	24,27	92,80	0,88
59	0,05	17,52	24,25	92,90	0,89
59	0,19	17,53	24,24	92,90	0,87
59	0,33	17,52	24,24	93,30	1,02
59	0,43	17,52	24,25	93,30	0,93
59	0,51	17,53	24,25	93,30	0,95
65	0,05	19,91	23,36	82,30	0,96
65	0,22	19,91	23,37	82,40	0,93
65	0,30	19,90	23,37	83,20	0,94
65	0,42	19,90	23,37	83,70	0,94

65	0,49	19,90	23,38	84,20	0,90
71	0,09	19,59	23,84	98,50	0,60
71	0,17	19,60	23,84	99,10	0,57
71	0,26	19,60	23,84	99,10	0,58
71	0,37	19,59	23,84	100,00	0,57
71	0,49	19,58	23,84	100,80	0,58
84	0,11	18,38	24,99	101,70	0,91
84	0,15	18,38	25,04	102,00	0,61
84	0,29	18,38	25,06	102,30	0,59
84	0,43	18,37	25,08	102,70	0,58
84	0,51	18,38	25,07	102,80	0,59
97	0,03	20,44	21,22	93,10	0,64
97	0,19	20,44	21,21	93,60	0,62
97	0,29	20,44	21,23	94,30	0,64
97	0,36	20,44	21,24	94,20	0,64
97	0,51	20,40	21,37	94,60	0,67

Tabella 32: valori dei parametri nella campagna di maggio 2010.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)
5	0,07	27,43	21,25	102,20	0,72
5	0,16	27,43	21,25	102,00	0,73
5	0,33	27,43	21,24	101,70	0,68
5	0,52	27,43	21,26	101,70	0,67
17	0,02	25,87	13,43	85,00	2,47
17	0,24	25,87	13,43	84,80	3,04
17	0,38	25,87	13,42	84,70	3,13
17	0,52	25,87	13,50	84,80	3,09
20	0,03	27,22	28,10	108,70	0,48
20	0,12	27,22	28,10	108,60	0,62
20	0,37	27,22	28,11	108,80	0,52
31	0,07	26,95	25,67	96,50	0,82
31	0,20	26,95	25,67	96,40	0,68
31	0,31	26,95	25,66	96,50	0,81
31	0,47	26,95	25,66	96,60	0,68
59	0,24	27,43	29,09	103,90	0,73
59	0,29	27,43	29,10	103,50	0,77
59	0,38	27,43	29,08	103,50	0,74
59	0,50	27,43	29,05	103,90	0,74
65	0,07	27,94	26,83	79,10	0,79
65	0,20	27,94	26,83	79,60	0,76
65	0,30	27,94	26,83	80,20	0,78
65	0,39	27,94	26,83	80,20	0,82
65	0,47	27,94	26,83	80,10	0,80
71	0,03	28,00	27,95	95,10	0,87
71	0,10	28,00	27,96	95,20	0,88
71	0,16	28,00	27,95	95,20	0,82
71	0,26	28,00	27,95	94,40	0,67

71	0,36	27,99	27,98	94,30	0,76
71	0,46	27,99	28,01	94,80	0,94
84	0,16	27,63	30,19	87,70	0,56
84	0,37	27,60	30,22	87,60	0,54
84	0,53	27,65	30,19	88,90	0,53
97	0,06	27,32	31,09	92,40	0,56
97	0,27	27,30	31,14	93,00	0,57
97	0,38	27,33	31,10	94,00	0,59
97	0,51	26,89	31,59	96,50	0,52

Tabella 33: valori dei parametri nella campagna di agosto 2010.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (µM/L)	N-NH <sub>4</sub> (µM/L)	N-NO <sub>3</sub> (µM/L)	PO <sub>4</sub> (µM/L)
5	1,53	7,11	67,52	0,07
17	2,42	4,40	111,63	0,05
20	1,71	8,58	87,69	0,04
31	1,27	5,08	34,24	0,03
45	1,11	3,16	75,96	0,02
53	2,37	7,90	51,88	0,02
59	0,91	4,51	32,39	0,03
65	1,26	4,74	30,79	0,03
71	0,45	2,48	5,72	0,02
84	0,45	3,50	4,48	0,03
97	0,24	2,26	2,23	0,03

Tabella 34: concentrazione dei nutrienti campagna di luglio 2008.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (µM/L)	N-NH <sub>4</sub> (µM/L)	N-NO <sub>3</sub> (µM/L)	PO <sub>4</sub> (µM/L)
5	1,00	4,74	76,06	0,08
17	1,34	5,64	126,27	0,27
20	0,97	4,63	82,25	0,14
31	0,90	4,74	36,09	0,08
45	1,84	7,56	65,36	0,10
53	2,37	11,28	97,50	0,14
59	1,21	7,00	69,69	0,10
65	1,50	9,82	60,15	0,07
71	1,32	9,59	51,09	0,11
84	1,13	9,03	61,13	0,17
97	0,68	4,17	31,37	0,06

Tabella 35: concentrazione dei nutrienti campagna di novembre 2008.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (µM/L)	N-NH <sub>4</sub> (µM/L)	N-NO <sub>3</sub> (µM/L)	PO <sub>4</sub> (µM/L)
5	0,86	2,30	125,24	0,26
17	1,03	1,33	142,96	0,59
20	0,80	2,30	112,36	0,46
31	0,67	1,38	63,78	0,09

45	0,80	0,56	77,81	0,09
53	0,63	1,47	64,81	0,10
59	0,71	3,75	104,75	0,13
65	0,74	2,64	58,49	0,04
71	0,63	2,39	44,68	0,12
84	0,42	1,38	27,98	0,07
97	0,44	1,09	26,72	0,05

Tabella 36: concentrazione dei nutrienti campagna di febbraio 2009.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (µM/L)	N-NH <sub>4</sub> (µM/L)	N-NO <sub>3</sub> (µM/L)	PO <sub>4</sub> (µM/L)
5	0,44	3,76	28,34	0,01
17	0,66	0,18	38,25	0,01
20	0,46	3,89	26,49	0,01
31	0,78	6,09	26,19	0,01
45	0,68	4,47	57,28	0,01
53	1,28	3,62	41,83	0,01
59	0,22	3,86	17,47	0,01
65	0,4	4,19	18,25	0,01
71	0,01	1,96	6,00	0,01
84	0,01	0,64	3,92	0,01
97	0,01	0,65	3,96	0,01

Tabella 37: concentrazione dei nutrienti campagna di maggio 2009.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (µM/L)	N-NH <sub>4</sub> (µM/L)	N-NO <sub>3</sub> (µM/L)	PO <sub>4</sub> (µM/L)
5	0,35	2,41	20,92	0,01
17	1,05	0,12	65,47	0,01
20	0,03	0,92	11,16	0,01
31	0,24	2,82	15,29	0,01
59	0,07	1,58	12,37	0,01
65	1,14	7,3	20,27	0,01
84	0,03	1,45	2,42	0,01
97	0,03	1,53	0,60	0,01

Tabella 38: concentrazione di nutrienti campagna di agosto 2009.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (µM/L)	N-NH <sub>4</sub> (µM/L)	N-NO <sub>3</sub> (µM/L)	PO <sub>4</sub> (µM/L)
5	1,12	5,03	79,44	0,01
17	1,31	3,89	176,80	0,23
20	1,27	4,54	110,89	0,22
31	1,01	4,65	35,88	0,01
45	1,63	5,52	62,16	0,01
53	1,53	5,82	144,46	0,12
59	0,90	2,84	41,98	0,01
65	1,72	10,73	66,54	0,01
71	1,72	10,73	66,54	0,01



84	0,81	3,83	15,61	0,01
97	0,61	4,90	12,32	0,01

Tabella 39: concentrazione dei nutrienti nella campagna di novembre 2009.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (μM/L)	N-NH <sub>4</sub> (μM/L)	N-NO <sub>3</sub> (μM/L)	PO <sub>4</sub> (μM/L)
5	0,19	0,02	49,82	0,01
17	0,48	0,55	71,04	0,10
20	0,01	0,02	6,91	0,01
31	0,01	0,80	15,37	0,01
45	0,03	0,14	16,43	0,01
53	0,21	0,75	40,10	0,01
59	0,03	0,05	66,13	0,01
65	0,01	0,02	6,86	0,01
71	0,03	0,52	8,12	0,01
84	0,01	0,02	2,00	0,01
97	0,01	0,02	1,36	0,01

Tabella 40: concentrazione di nutrienti campagna di febbraio 2010.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (μM/L)	N-NH <sub>4</sub> (μM/L)	N-NO <sub>3</sub> (μM/L)	PO <sub>4</sub> (μM/L)
5	2,05	3,51	70,02	0,01
17	4,12	9,97	177,02	1,55
20	1,97	1,77	59,33	0,04
31	2,5	4,08	51,84	0,01
59	1,63	4,13	53,82	0,01
65	2,18	8,51	38,58	0,01
84	0,37	0,9	11,46	0,01
97	0,88	2,96	19,87	0,01

Tabella 41: concentrazione di nutrienti campagna di maggio 2010.

Stazione	N-NO <sub>2</sub> (μM/L)	N-NH <sub>4</sub> (μM/L)	N-NO <sub>3</sub> (μM/L)	PO <sub>4</sub> (μM/L)
5	0,86	1,78	34,27	0,01
17	1,12	1,01	84,22	0,3
20	0,48	1,61	15,92	0,01
31	0,75	3,34	24,36	0,01
59	0,79	2,33	19,9	0,01
65	1,19	6,33	17,16	0,01
84	0,22	1,57	2,2	0,01
97	0,18	1,51	3,18	0,01

Tabella 42: concentrazione di nutrienti campagna di agosto 2010.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
13	0,19	12,86	21,81	81,60	1,14
13	0,30	12,84	21,97	82,10	1,39
13	0,42	12,77	22,25	82,30	1,78
13	0,47	12,76	22,26	82,60	2,67
19	0,17	9,73	1,15	90,80	0,33
19	0,32	9,72	1,14	91,60	0,32
19	0,42	9,72	1,14	91,50	0,33
19	0,55	9,72	1,17	91,60	0,33
22	0,15	13,12	19,19	69,30	0,67
22	0,26	13,10	19,29	69,80	0,69
22	0,36	13,09	19,43	70,10	0,69
22	0,52	13,12	21,36	70,50	0,68
43	0,11	12,49	26,09	77,60	1,39
43	0,16	12,49	26,09	78,00	1,36
43	0,27	12,49	26,09	77,60	1,34
43	0,37	12,50	26,09	77,70	1,37
43	0,47	12,49	26,09	77,60	1,33
46	0,13	13,04	14,33	88,10	0,63
46	0,24	13,07	16,53	88,60	0,72
46	0,32	13,07	16,59	88,80	0,76
46	0,44	13,07	16,80	88,50	0,71
46	0,56	13,07	16,57	88,40	0,72
52	0,1	13,26	29,84	74,70	0,59
52	0,15	13,26	29,97	73,20	0,65
52	0,26	13,26	30,05	73,70	0,58
52	0,45	13,31	30,24	75,40	0,59
52	0,50	13,31	30,33	76,10	0,62
76	0,12	13,34	32,21	70,60	24,61
76	0,22	13,37	32,38	71,30	23,88
76	0,26	13,41	32,35	72,10	23,34
76	0,42	13,49	32,51	73,50	22,24
76	0,46	13,50	32,51	73,70	4,66
78	0,20	13,18	31,74	61,90	0,55
78	0,32	13,19	31,78	62,30	0,52
78	0,41	13,20	31,78	62,40	0,57
78	0,46	13,20	31,78	62,10	0,54
86	0,01	12,84	27,99	74,40	0,63
86	0,07	12,87	28,45	74,40	0,64
86	0,23	12,94	30,03	75,30	0,60
86	0,30	12,97	30,30	74,90	0,63
86	0,38	13,06	30,86	73,90	0,61
86	0,46	13,28	31,44	72,40	0,69
99	0,14	13,63	30,78	69,70	0,71
99	0,34	13,62	31,56	71,60	0,76

99	0,42	13,74	31,69	73,30	0,71
99	0,54	13,84	31,98	74,30	0,80

Tabella 43: dati chimico-fisici campagna di novembre 2009.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
13	0,10	7,98	13,25	101,10	0,31
13	0,18	7,23	13,49	102,80	0,33
13	0,29	6,91	13,59	103,10	0,34
13	0,42	6,66	13,68	104,00	0,36
13	0,47	6,64	14,33	104,00	0,35
13	0,55	6,54	15,15	103,10	0,33
19	0,10	6,62	2,22	86,80	0,75
19	0,16	6,62	2,21	86,60	0,36
19	0,27	6,62	2,21	86,70	0,59
19	0,40	6,62	2,21	87,30	0,64
19	0,53	6,62	2,23	87,20	0,59
22	0,04	7,87	10,34	92,20	0,31
22	0,14	7,85	11,36	93,00	0,33
22	0,24	7,78	12,15	93,80	0,32
22	0,32	7,73	12,12	94,80	0,32
22	0,39	7,47	12,84	95,90	0,33
22	0,46	7,23	16,12	96,40	0,37
43	0,10	6,43	24,77	100,30	0,42
43	0,19	6,41	24,74	100,80	0,39
43	0,26	6,40	24,74	101,40	0,38
43	0,37	6,38	24,74	101,80	0,40
43	0,49	6,32	25,04	102,40	0,41
46	0,03	8,12	13,12	106,10	1,03
46	0,16	8,13	12,90	105,90	0,35
46	0,27	8,14	12,96	105,40	0,36
46	0,36	7,82	15,38	104,80	0,41
46	0,46	7,59	18,04	105,00	0,43
46	0,55	7,40	19,77	105,30	0,51
52	0,02	7,31	23,33	92,60	0,29
52	0,09	7,31	24,22	92,50	0,29
52	0,17	7,23	25,47	91,80	0,30
52	0,30	6,31	29,15	94,40	0,30
52	0,39	6,08	30,68	96,00	0,31
52	0,48	6,02	31,61	99,90	0,32
76	0,02	5,99	11,32	96,70	0,23
76	0,12	6,05	33,17	96,90	0,52
76	0,18	6,11	33,21	97,00	0,34
76	0,32	6,17	33,27	98,00	0,34
76	0,44	6,13	33,67	98,90	0,35

78	0,06	6,25	32,97	109,90	0,58
78	0,18	6,25	32,98	110,30	0,33
78	0,35	6,25	32,96	111,70	0,34
78	0,40	6,26	32,97	112,10	0,33
86	0,06	4,71	32,65	98,40	0,35
86	0,15	4,71	32,65	98,40	0,28
86	0,34	4,71	32,65	98,40	0,31
86	0,43	4,71	32,66	98,30	0,32
86	0,51	4,72	32,70	98,40	0,34
99	0,10	5,76	30,55	90,90	0,40
99	0,18	5,78	30,55	90,90	0,39
99	0,30	5,78	30,58	91,60	0,41
99	0,37	5,76	30,61	92,20	0,40
99	0,48	5,65	30,79	93,80	0,39
99	0,55	5,57	30,92	94,00	0,40

Tabella 44: dati chimico- fisici campagna di febbraio 2010.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
13	0,09	17,13	7,02	102,80	5,16
13	0,18	17,13	7,02	102,10	5,28
13	0,26	17,13	7,02	102,30	5,44
13	0,37	17,13	7,02	102,40	5,55
19	0,28	11,09	0,21	98,30	0,47
19	0,38	11,10	0,19	98,20	0,47
22	0,07	14,90	2,05	84,90	0,55
22	0,15	14,89	2,05	85,00	0,54
22	0,30	15,15	3,48	85,00	0,64
22	0,41	15,54	3,61	85,00	0,76
43	0,15	18,02	15,15	84,70	2,74
43	0,30	18,02	15,15	84,20	2,89
43	0,41	18,03	15,19	84,70	3,20
46	0,04	13,04	0,22	95,00	0,37
46	0,21	13,06	0,22	95,40	0,33
46	0,32	13,04	0,22	95,80	0,36
46	0,44	13,03	0,22	96,20	0,35
52	0,06	17,71	22,82	80,70	0,98
52	0,15	17,71	22,82	81,10	0,92
52	0,34	17,71	22,80	81,90	0,95
52	0,41	17,71	22,81	82,00	0,98
76	0,04	19,87	24,76	84,20	0,80
76	0,13	19,86	24,74	86,00	0,82
76	0,21	19,86	24,74	87,80	0,81
76	0,34	19,84	24,81	89,30	0,80
76	0,39	19,85	24,96	89,70	0,87
76	0,46	19,94	25,18	88,40	0,94
78	0,03	19,69	24,28	101,60	0,82

78	0,09	19,68	24,28	102,40	0,79
78	0,21	19,68	24,28	102,50	0,71
78	0,34	19,68	24,28	102,40	0,65
78	0,39	19,68	24,28	102,40	0,60
86	0,13	20,60	24,37	92,10	0,54
86	0,22	20,60	24,37	93,60	0,56
86	0,30	20,59	24,37	93,80	0,56
86	0,36	20,58	24,37	93,20	0,60
86	0,50	20,57	24,38	93,40	0,61
99	0,01	19,37	15,83	94,90	0,75
99	0,12	19,38	15,82	94,80	0,77
99	0,21	19,38	15,83	95,20	0,79
99	0,32	19,40	15,92	95,80	0,81
99	0,40	19,41	15,94	95,80	0,80

Tabella 45: dati chimico-fisici campagna di maggio 2010.

Stazione	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)
13	0,06	27,80	17,40	83,90	0,61
13	0,24	27,80	17,40	84,10	0,77
13	0,40	27,79	17,39	84,30	0,84
19	0,13	20,13	3,69	100,70	0,38
19	0,21	20,13	3,71	100,70	0,37
19	0,47	20,13	3,82	100,70	0,38
22	0,13	24,72	10,97	95,60	0,95
22	0,22	24,72	10,98	95,40	0,90
22	0,38	24,71	10,88	95,00	0,91
43	0,16	26,19	21,14	65,80	1,05
43	0,35	26,19	21,14	65,90	1,22
43	0,44	26,19	21,17	66,20	1,31
46	0,02	24,86	17,49	98,30	0,94
46	0,12	24,87	17,59	98,30	0,76
46	0,39	24,87	17,76	98,30	0,75
52	0,08	27,56	27,90	105,80	0,57
52	0,16	27,56	27,90	106,20	0,57
52	0,29	27,56	27,90	106,30	0,57
52	0,37	27,56	27,90	106,50	0,57
76	0,07	28,26	31,22	116,30	0,99
76	0,15	28,26	31,23	115,80	0,98
76	0,29	28,24	31,25	117,10	0,96
76	0,40	28,19	31,30	117,90	1,01
78	0,17	27,75	29,77	96,50	0,77
78	0,34	27,75	29,78	96,30	0,45
78	0,46	27,75	29,78	96,40	0,66
86	0,05	27,83	29,30	92,80	0,89
86	0,19	27,83	29,30	92,90	0,88

86	0,30	27,84	29,28	93,10	0,79
86	0,41	27,77	29,27	93,20	0,99
99	0,09	26,52	25,36	88,60	0,96
99	0,19	26,53	25,27	86,80	0,87
99	0,30	26,49	25,33	86,70	0,80
99	0,42	26,45	25,63	87,10	0,85

Tabella 46: dati chimico-fisici campagna di agosto 2010.

Campagna	Stazione	NO <sub>2</sub> (µM/L)	NH <sub>4</sub> (µM/L)	NO <sub>3</sub> (µM/L)	PO <sub>4</sub> (µM/L)
novembre 2009	13	1,02	5,38	52,85	0,01
	19	0,01	0,02	91,22	0,01
	22	1,41	4,73	136,56	0,20
	43	1,68	9,41	32,03	0,01
	46	0,55	1,10	60,06	0,01
	52	1,26	4,67	90,52	0,01
	76	0,63	3,94	17,54	0,01
	78	0,76	3,53	13,86	0,01
	86	0,28	3,45	20,12	0,01
	99	0,89	6,78	21,02	0,01
febbraio 2010	13	0,21	0,06	57,98	0,01
	19	0,10	0,02	97,18	0,10
	22	0,37	2,54	79,89	0,16
	43	0,07	0,05	26,24	0,03
	46	0,01	0,28	31,17	0,01
	52	0,03	0,05	81,84	0,01
	76	0,03	0,38	4,82	0,01
	78	0,03	3,15	6,77	0,14
	86	0,03	0,05	1,35	0,01
	99	0,03	0,09	6,35	0,01
maggio 2010	13	2,81	0,04	132,47	0,01
	22	2,76	4,40	204,28	0,53
	43	5,60	9,30	87,29	0,01
	52	2,17	2,53	55,55	0,01
	76	1,58	6,65	35,17	0,01
	78	0,75	1,95	14,91	0,01
	86	1,42	6,45	19,98	0,01
	99	0,96	2,83	30,54	0,01
agosto 2010	13	0,86	1,90	31,00	0,01
	19	0,34	0,91	123,04	0,01
	22	1,31	1,26	122,08	0,06
	43	1,62	9,64	11,26	0,01

	46	0,53	2,85	46,14	0,01
	76	0,45	2,70	7,12	0,01
	78	0,25	1,18	2,77	0,01
	86	0,24	3,45	2,13	0,01
	99	0,60	3,98	16,25	0,01

Tabella 47: nutrienti nelle campagne da novembre 2009 ad agosto 2010.

Campagna	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	PH
maggio-10	0,08	16,26	3,85	76,20	7,94
	0,15	16,26	3,84	76,40	7,94
	0,28	16,26	3,77	76,60	7,94
	0,39	16,27	3,92	77,40	7,94
giugno-10	0,05	22,26	9,09	109,50	8,21
	0,18	22,51	12,64	108,70	8,16
	0,28	23,21	12,09	109,90	8,13
	0,42	23,35	13,69	112,30	8,14
luglio-10	0,10	29,85	13,95	61,30	7,76
	0,15	29,84	13,94	61,50	7,76
	0,28	29,84	13,93	60,80	7,76
	0,36	29,84	13,92	60,80	7,76
	0,46	29,84	13,93	61,10	7,76
agosto-10	0,02	25,87	13,43	85,00	7,99
	0,24	25,87	13,43	84,80	7,99
	0,38	25,87	13,42	84,70	7,99
	0,52	25,87	13,50	84,80	7,99
	0,04	20,80	7,21	81,90	7,88
	0,08	20,28	7,98	80,80	7,86
	0,19	19,30	9,81	78,00	7,86
	0,29	18,70	11,82	74,60	7,86
	0,39	19,02	14,90	73,90	7,91
	0,49	18,98	16,57	75,00	7,98
gennaio-11	superficie	7,9	23,3	99,00	7,90
	intermedio	8,0	28,0	100,0	8,0
febbraio-11	superficie	9,0	12,4	115,0	8,0
	intermedio	8,9	26,1	115,0	8,0
marzo-11	superficie	9,9	2,7	96,3	8,6
	intermedio	9,9	2,8	96,1	8,5
aprile-11	superficie	12,9	23,0	100,0	8,0
	intermedio	13,2	22,7	95,0	8,1
maggio-11	superficie	18,9	21,1	82,8	8,0
	intermedio	19,0	20,5	81,4	8,0

Tabella 48: variabili chimico-fisiche alla stazione 17.

Campagna	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	PH
maggio-10	0,15	18,02	15,15	84,70	8,07
	0,30	18,02	15,15	84,20	8,07
	0,41	18,03	15,19	84,70	8,07
	0,46	18,03	15,20	84,90	8,07
giugno-10	0,03	24,27	18,81	98,00	8,13
	0,09	24,26	18,80	97,50	8,14
	0,19	24,26	18,80	98,10	8,13
	0,29	24,26	18,80	99,30	8,13
	0,37	24,25	18,80	99,60	8,13
luglio-10	0,07	30,47	21,92	106,10	7,98
	0,17	30,46	21,92	105,40	7,98
	0,31	30,38	21,96	105,70	7,98
	0,36	30,34	21,99	106,10	7,98
	0,47	30,28	22,03	105,60	7,98
agosto-10	0,16	26,19	21,14	65,80	7,88
	0,35	26,19	21,14	65,90	7,88
	0,44	26,19	21,17	66,20	7,88
	0,50	26,19	21,16	66,40	7,88
settembre-10	0,08	19,76	18,64	81,20	8,10
	0,22	19,59	18,88	82,60	8,10
	0,26	19,56	18,87	82,50	8,11
	0,38	19,47	19,23	82,20	8,11
	0,47	19,20	19,54	82,60	8,12
gennaio-11	superficie	6,8	24,8	106,0	7,8
	intermedio	7,1	25,1	111,0	8,0
febbraio-11	superficie	8,8	24,3	109,0	7,8
	intermedio	8,7	24,3	114,0	8,0
marzo-11	superficie	10,6	15,9	136,0	8,8
	intermedio	10,6	16,3	135,5	8,9
aprile-11	superficie	14,1	23,0	95,0	8,3
	intermedio	14,1	23,0	91,0	8,3
maggio-11	superficie	18,6	24,7	109,8	8,2
	intermedio	18,7	24,7	113,6	8,2

Tabella 49: variabili chimico-fisiche alla stazione 43.

Campagna	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	PH
maggio-10	0,09	19,59	23,84	98,50	8,24
	0,17	19,60	23,84	99,10	8,23
	0,26	19,60	23,84	99,10	8,23
	0,37	19,59	23,84	100,00	8,23
	0,49	19,58	23,84	100,80	8,23



giugno-10	0,05	26,32	29,16	101,30	6,92
	0,20	26,30	29,17	101,80	6,92
	0,33	26,31	29,16	101,60	6,92
	0,47	26,27	29,39	101,60	6,92
luglio-10	0,13	28,55	30,97	106,20	8,24
	0,15	28,55	30,98	107,90	8,24
	0,37	28,55	30,95	108,30	8,23
	0,51	28,55	30,96	109,30	8,24
agosto-10	0,03	28,00	27,95	95,10	8,18
	0,10	28,00	27,96	95,20	8,18
	0,16	28,00	27,95	95,20	8,18
	0,26	28,00	27,95	94,40	8,18
	0,36	27,99	27,98	94,30	8,18
	0,46	27,99	28,01	94,80	8,18
settembre-10	0,04	18,67	25,36	75,40	8,12
	0,05	18,67	25,36	75,40	8,12
	0,25	18,68	25,37	75,60	8,11
	0,34	18,67	25,42	75,70	8,11
	0,41	18,67	25,46	75,60	8,11
gennaio-11	superficie	7,2	28,3	105,8	8,3
	intermedio	7,2	28,3	106,1	8,3
febbraio-11	superficie	8,3	32,5	99,7	8,2
	intermedio	8,3	32,5	100,0	8,2
marzo-11	superficie	8,8	27,5	103,8	8,0
	intermedio	9,4	27,5	102,9	8,0
aprile-11	superficie	16,7	31,6	100,0	8,3
	intermedio	16,6	31,7	100,3	8,3
maggio-11	superficie	20,5	32,5	103,8	8,4
	intermedio	20,5	32,5	103,0	8,4

Tabella 50: variabili chimico-fisiche alla stazione 71.

Campagna	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	PH
maggio-10	0,12	14,09	0,32	86,30	7,99
	0,26	14,08	0,32	86,30	7,98
	0,41	14,07	0,32	86,40	7,97
	0,59	14,06	0,39	86,10	7,95
giugno-10	0,03	17,11	0,30	93,60	8,23
	0,05	17,11	0,30	92,90	8,24
	0,33	17,05	0,29	92,30	8,12
	0,42	16,92	0,29	93,00	8,10
	0,53	16,87	0,29	92,90	8,09
luglio-10	0,06	20,12	0,40	117,00	8,20

	0,16	20,93	0,39	113,50	8,07
	0,34	20,87	0,39	113,90	8,07
	0,43	20,92	0,39	113,80	8,07
agosto-10	superficie	16,8	0,6	94,5	8,12
settembre-10	superficie	15,8	1,5	96,4	8,15
gennaio-11	superficie	9,6	1,3	90,5	8,1
	intermedio	9,0	12,3	91,4	8,0
febbraio-11	superficie	10,5	1,1	95,0	8,1
	intermedio	10,5	1,4	97,0	8,1
marzo-11	superficie	11,8	0,3	90,6	7,5
	intermedio	11,7	0,5	89,3	8,0
aprile-11	superficie	12,6	0,7	99,5	8,6
	intermedio	12,8	2,0	92,0	8,4
maggio-11	superficie	15,4	0,3	97,1	8,5
	intermedio	15,5	4,9	91,3	8,1

Tabella 51: variabili chimico-fisiche alla stazione Stella.

Campagna	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	PH
maggio-10	superficie	16,7	1,00	82,20	7,93
giugno-10	superficie	18,4	2,30	80,00	7,94
luglio-10	superficie	22,4	0,20	71,50	7,94
agosto-10	superficie	19,3	0,80	85,2	8,05
settembre-10	superficie	17,1	1,1	80,7	8,00
gennaio-11	superficie	10,2	0,3	92,2	7,8
	intermedio	10,2	0,3	92,0	7,8
febbraio-11	superficie	10,4	3,6	97,6	8,1
	intermedio	9,1	22,4	111,0	8,1
marzo-11	superficie	11,7	1,8	94,2	8,4
	intermedio	10,9	6,8	87,5	8,5
aprile-11	superficie	13,4	2,3	101,0	8,5
	intermedio	13,6	17,0	95,0	8,3
maggio-11	superficie	18,6	12,8	116,5	8,2
	intermedio	18,3	19,5	116,9	8,2

Tabella 52: variabili chimico-fisiche alla stazione Zellina.

Campagna	Profondità (m)	Temperatura (°C)	Salinità (psu)	% Ossigeno saturazione	PH
maggio-10	superficie	18,80	nr	91,90	8,32
giugno-10	superficie	20,50	nr	61,10	8,20
luglio-10	superficie	31,90	nr	119,80	8,60
agosto-10	superficie	25,70	nr	52,60	8,36
settembre-10	superficie	17,10	nr	41,20	8,12

gennaio-11	superficie	2,9	10,87	94,9	nr
febbraio-11	superficie	8,8	14,54	88,4	nr
marzo-11	superficie	13,4	13,88	104,2	nr
aprile-11	superficie	18	21,7	94,6	nr
maggio-11	superficie	22,6	34,0	50,6	*nr

Tabella 53: variabili chimico-fisiche alla stazione Cavanata (\*nr= dato non rilevato)

Stazioni	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7	GRUPPO 8	GRUPPO 9
5a	0,4595	0,2981	0,2438	0,2390	0,2307	0,2005	0,1840	0,2071	0,2150
31a	0,5762	0,4101	0,3532	0,2658	0,3367	0,2614	0,1885	0,2425	0,1816
53a	0,6458	0,3532	0,2649	0,1920	0,2328	0,1763	0,1319	0,1617	0,1386
65a	0,6458	0,3532	0,2649	0,1920	0,2328	0,1763	0,1319	0,1617	0,1386
71a	0,5484	0,3339	0,2418	0,1741	0,2102	0,1619	0,1386	0,1489	0,1293
59a	0,4854	0,2852	0,2065	0,1470	0,1761	0,1394	0,1498	0,1903	0,2025
97a	0,4231	0,3530	0,3442	0,2598	0,2790	0,2793	0,2364	0,3310	0,2862
17a	0,3816	0,3757	0,3352	0,2939	0,2360	0,1596	0,1819	0,2005	0,2082
65h	0,4517	0,3956	0,3486	0,2320	0,3029	0,3099	0,2405	0,3117	0,2024
17h	0,3953	0,4030	0,3794	0,3638	0,3603	0,3375	0,2619	0,2358	0,2050
20h	0,4354	0,4689	0,3734	0,2997	0,3405	0,2361	0,2308	0,2938	0,2390
84h	0,2959	0,3743	0,3262	0,2848	0,3191	0,2311	0,2884	0,3018	0,2551
20a	0,3281	0,3538	0,4036	0,3493	0,2758	0,2207	0,2105	0,2022	0,2173
71h	0,2912	0,4186	0,4372	0,3853	0,3812	0,3791	0,3386	0,3813	0,3074
71i	0,3376	0,3870	0,4485	0,3003	0,3289	0,3354	0,2878	0,3258	0,2253
5b	0,1849	0,2708	0,4329	0,4211	0,2984	0,3313	0,3048	0,2865	0,2521
84b	0,2230	0,2437	0,4142	0,3431	0,3127	0,3645	0,2576	0,2592	0,1858
59h	0,3690	0,4344	0,4454	0,3696	0,4131	0,3561	0,2748	0,2623	0,2594
31b	0,2778	0,3713	0,5697	0,4197	0,3258	0,3226	0,2802	0,3042	0,2424
45b	0,4148	0,4884	0,5492	0,5204	0,4208	0,3414	0,2846	0,2873	0,2820
59g	0,3325	0,4575	0,5694	0,4609	0,3765	0,4076	0,3544	0,3517	0,2955
97g	0,2500	0,3818	0,5035	0,4449	0,3621	0,3653	0,3338	0,3754	0,2790
20g	0,2912	0,4107	0,5131	0,4856	0,3749	0,4021	0,3727	0,3899	0,3286
53g	0,2191	0,3451	0,4957	0,4460	0,3087	0,3943	0,4001	0,3766	0,3088
31g	0,2004	0,2583	0,3939	0,3755	0,2737	0,3316	0,3522	0,2605	0,2869
71f	0,1669	0,2598	0,3778	0,3248	0,2406	0,3533	0,3461	0,3283	0,3262
17g	0,2663	0,3151	0,3126	0,3840	0,2752	0,1857	0,1753	0,1833	0,1736
65f	0,1909	0,2686	0,3090	0,3919	0,2678	0,2597	0,2759	0,2766	0,3752
17i	0,3286	0,3386	0,3425	0,4008	0,3389	0,2829	0,1983	0,2421	0,2255
20c	0,1401	0,2412	0,4010	0,4899	0,3606	0,4225	0,3332	0,3055	0,2546
97c	0,1401	0,2775	0,4292	0,4546	0,3042	0,4512	0,3617	0,3813	0,2745
65e	0,2276	0,3304	0,4097	0,4730	0,4454	0,4417	0,3070	0,3883	0,2867

71e	0,2825	0,3847	0,3763	0,4737	0,4009	0,3608	0,3086	0,4085	0,3231
31c	0,2501	0,3736	0,4941	0,6329	0,4214	0,4044	0,3473	0,3569	0,3385
45c	0,2775	0,4103	0,5241	0,6167	0,4606	0,4144	0,3327	0,3851	0,3308
53c	0,2354	0,3594	0,4044	0,5912	0,3923	0,4044	0,3326	0,3140	0,2832
17e	0,2164	0,3281	0,4034	0,5380	0,3500	0,3835	0,3031	0,3079	0,2788
53b	0,2089	0,4159	0,4852	0,5972	0,3976	0,4917	0,4016	0,4490	0,3252
17c	0,1795	0,3349	0,4830	0,6096	0,4620	0,5495	0,4234	0,4240	0,3263
5c	0,1401	0,2597	0,3695	0,4955	0,3742	0,4825	0,3952	0,3120	0,2874
17f	0,1818	0,2622	0,2740	0,3834	0,3977	0,3744	0,3027	0,2723	0,2432
84f	0,1964	0,2930	0,3433	0,3732	0,4209	0,4058	0,3216	0,2781	0,2487
5h	0,2143	0,3002	0,2921	0,3602	0,4407	0,3155	0,2754	0,2713	0,2210
17b	0,2203	0,2574	0,3163	0,3213	0,3038	0,3601	0,2664	0,2618	0,2258
31h	0,2390	0,3728	0,3756	0,3544	0,3275	0,3757	0,3165	0,3598	0,2437
20b	0,1795	0,2455	0,3514	0,4245	0,3655	0,4733	0,3495	0,3571	0,2813
65b	0,1677	0,2270	0,3280	0,3745	0,3430	0,4982	0,3774	0,3764	0,2369
5i	0,1795	0,2412	0,3141	0,3484	0,3464	0,5163	0,4075	0,3841	0,2839
84i	0,2912	0,3184	0,4160	0,3712	0,4120	0,5249	0,3913	0,4086	0,3126
71b	0,1795	0,2479	0,3100	0,3484	0,2976	0,4721	0,3560	0,4018	0,2721
65c	0,1931	0,2555	0,3545	0,4441	0,3193	0,5105	0,3578	0,4309	0,2746
59c	0,1574	0,2196	0,3029	0,4059	0,3535	0,4649	0,3262	0,3689	0,2383
5d	0,2089	0,2832	0,4028	0,4241	0,4219	0,6072	0,3919	0,5070	0,2762
20d	0,1787	0,2444	0,3542	0,3503	0,3757	0,5175	0,3678	0,4548	0,2523
59b	0,2606	0,2624	0,3116	0,3661	0,3154	0,3977	0,2520	0,3301	0,2022
97b	0,2606	0,3014	0,3289	0,3536	0,3154	0,4759	0,3158	0,3723	0,2789
65g	0,1482	0,2737	0,4060	0,4100	0,3967	0,5056	0,4060	0,4003	0,2836
71g	0,1100	0,2239	0,3315	0,3766	0,3042	0,4075	0,4003	0,2867	0,2604
84g	0,1289	0,2574	0,3513	0,3939	0,3189	0,4047	0,4014	0,3265	0,3045
5g	0,1941	0,2886	0,3914	0,4141	0,3373	0,3641	0,3545	0,2475	0,2546
59i	0,1822	0,2517	0,3238	0,2754	0,2520	0,3503	0,3430	0,3335	0,2725
97i	0,2747	0,3013	0,3084	0,2599	0,2356	0,3545	0,3090	0,3518	0,2691
5f	0,1319	0,1869	0,2000	0,2635	0,3026	0,3549	0,2987	0,2426	0,2270
31f	0,1677	0,2141	0,2503	0,2771	0,2641	0,3508	0,2963	0,3277	0,3499
31i	0,1931	0,2404	0,3171	0,3087	0,2844	0,3981	0,3220	0,3802	0,2824
71c	0,2613	0,2948	0,3266	0,3613	0,3647	0,4239	0,2824	0,3993	0,2401
84c	0,1967	0,2431	0,3024	0,3153	0,3603	0,4198	0,3019	0,3736	0,2145
17d	0,2521	0,3206	0,3874	0,4764	0,3213	0,4899	0,3651	0,4705	0,3136
5e	0,2501	0,3028	0,3782	0,3827	0,3315	0,4645	0,3516	0,4543	0,2823
84a	0,2592	0,2388	0,3171	0,2419	0,2077	0,3069	0,3025	0,3405	0,2756
84e	0,1289	0,2434	0,2970	0,2852	0,2859	0,3363	0,2844	0,3676	0,2209
59e	0,1331	0,2182	0,3252	0,3382	0,2309	0,3190	0,3263	0,3797	0,2632
97e	0,2276	0,2578	0,3882	0,3652	0,3115	0,4100	0,3078	0,4252	0,2570
53d	0,1871	0,2535	0,2759	0,2541	0,2399	0,3194	0,2929	0,4827	0,2416

97d	0,1428	0,2102	0,2577	0,2194	0,1984	0,2833	0,2945	0,4289	0,2442
71d	0,1574	0,2316	0,2602	0,2344	0,2148	0,2960	0,3007	0,4199	0,2188
84d	0,1887	0,2528	0,2619	0,2643	0,2374	0,3115	0,2840	0,4360	0,2890
31e	0,2176	0,2925	0,3799	0,3843	0,3012	0,5152	0,3786	0,5196	0,2853
53e	0,1770	0,3096	0,4490	0,4540	0,3107	0,3952	0,3574	0,4012	0,2843
31d	0,1674	0,2633	0,3077	0,2898	0,2267	0,4068	0,3416	0,4922	0,2516
45d	0,1885	0,2477	0,2719	0,3006	0,2519	0,3547	0,2779	0,4470	0,2323
59d	0,1885	0,2745	0,3197	0,3105	0,2782	0,4217	0,3081	0,4893	0,2504
65d	0,2176	0,3179	0,3492	0,3712	0,3012	0,4823	0,3409	0,5467	0,2807
20e	0,2021	0,2376	0,2984	0,3532	0,2999	0,3811	0,2967	0,4028	0,2641
45e	0,1214	0,1983	0,2853	0,2776	0,2597	0,2698	0,2932	0,2599	0,3106
53f	0,2143	0,3214	0,3304	0,3605	0,3147	0,3683	0,3216	0,3520	0,4081
45a	0,2418	0,1822	0,2374	0,2212	0,1309	0,1601	0,1973	0,2202	0,2728
20f	0,1263	0,1941	0,2589	0,3481	0,2628	0,3236	0,3366	0,2400	0,3525
59f	0,1492	0,1979	0,2233	0,2367	0,2186	0,2134	0,2616	0,1719	0,3854
45f	0,1818	0,2767	0,2655	0,3131	0,3331	0,3026	0,2924	0,2866	0,3665
97f	0,1428	0,2342	0,2913	0,3009	0,3097	0,3438	0,3515	0,3059	0,4064

Tabella A: distribuzione dei campioni di fitoplancton (luglio 2008-agosto 2010) nei diversi cluster dopo riallocazione.

Stazioni	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7	GRUPPO 8	GRUPPO 9
5a	0,6387	0,4096	0,3469	0,2721	0,2231	0,1705	0,3603	0,0851	0,0856
20a	0,6478	0,5084	0,2747	0,2099	0,2040	0,2186	0,3888	0,1346	0,0871
53a	0,6992	0,5064	0,2496	0,2372	0,2620	0,1674	0,3466	0,1791	0,0963
31a	0,6463	0,2732	0,3233	0,4216	0,5160	0,0716	0,2254	0,1680	0,1202
65a	0,5998	0,2364	0,3142	0,5227	0,5896	0,0506	0,1825	0,1669	0,1295
59h	0,4402	0,3986	0,2403	0,1353	0,1640	0,3207	0,3923	0,2732	0,1667
65e	0,6278	0,3548	0,2541	0,3781	0,4938	0,0751	0,1736	0,2337	0,1635
65h	0,6061	0,6166	0,2101	0,1115	0,1757	0,2365	0,3826	0,2949	0,1375
45b	0,4297	0,7679	0,1903	0,1240	0,0779	0,3408	0,3626	0,2611	0,1630
59b	0,3165	0,7283	0,1400	0,1084	0,0880	0,4318	0,3251	0,3731	0,2161
65b	0,3956	0,8329	0,1888	0,0978	0,0829	0,3595	0,3294	0,3097	0,1870
71b	0,3839	0,7878	0,2082	0,1581	0,1102	0,2996	0,2711	0,2713	0,1770
84b	0,3607	0,7947	0,1666	0,0950	0,0851	0,3686	0,3248	0,3246	0,2062
53b	0,4419	0,7023	0,2216	0,0949	0,0718	0,3333	0,4234	0,2195	0,1446
65f	0,4894	0,7047	0,1362	0,0944	0,1533	0,2953	0,3209	0,4484	0,2235
71f	0,5027	0,7485	0,1436	0,1070	0,1519	0,2881	0,3099	0,4287	0,2042
17a	0,3037	0,2673	0,3597	0,3474	0,2030	0,2079	0,2729	0,1275	0,1426
5d	0,2633	0,1321	0,3983	0,3297	0,3930	0,1484	0,1879	0,1880	0,3107
20d	0,2754	0,1356	0,4414	0,4190	0,4371	0,1154	0,1611	0,1628	0,2804
45d	0,3423	0,2191	0,4405	0,3411	0,2833	0,1924	0,2509	0,1007	0,1811
17e	0,2585	0,0935	0,4530	0,3411	0,2731	0,2381	0,3563	0,1030	0,1647
5i	0,3370	0,0882	0,4804	0,4386	0,4806	0,1478	0,2572	0,1319	0,1524

71h	0,4080	0,2609	0,4017	0,2893	0,3280	0,2677	0,3457	0,2147	0,1257
17d	0,1768	0,0991	0,4803	0,5169	0,3152	0,1885	0,1965	0,1284	0,2230
53d	0,3008	0,2128	0,4462	0,5374	0,2931	0,1349	0,1819	0,1004	0,1558
31d	0,4189	0,2743	0,4446	0,4841	0,3425	0,0984	0,1712	0,0989	0,1561
45a	0,3979	0,1919	0,3040	0,5630	0,4481	0,1220	0,1962	0,1279	0,1432
59a	0,4473	0,2010	0,3316	0,7198	0,6310	0,0508	0,1058	0,1604	0,1584
71a	0,2573	0,1320	0,4032	0,7481	0,5576	0,1022	0,0857	0,1676	0,1947
84d	0,1920	0,0708	0,3838	0,8281	0,7108	0,1196	0,0765	0,2222	0,2560
97d	0,1930	0,0694	0,3827	0,8262	0,7269	0,1203	0,0771	0,2278	0,2530
20e	0,2116	0,0586	0,4233	0,8502	0,7154	0,1061	0,0880	0,1830	0,2397
45e	0,3705	0,1207	0,3690	0,9038	0,6437	0,0431	0,0507	0,1120	0,1689
71e	0,3955	0,1133	0,3942	0,9075	0,6443	0,0437	0,0604	0,1014	0,1508
59e	0,2267	0,0745	0,3779	0,8497	0,7552	0,0955	0,0740	0,2028	0,2534
31e	0,2880	0,0861	0,4534	0,8176	0,7497	0,0723	0,0937	0,1620	0,2065
97e	0,2264	0,0858	0,3342	0,8025	0,7626	0,1039	0,0668	0,2504	0,2656
53e	0,4808	0,0906	0,4917	0,8459	0,6092	0,0368	0,1084	0,0654	0,1161
59d	0,2350	0,1477	0,4177	0,7739	0,5817	0,0957	0,0770	0,1843	0,2290
84h	0,1448	0,0764	0,4094	0,4658	0,5503	0,2305	0,1512	0,3523	0,2534
5e	0,3030	0,0727	0,4715	0,7424	0,7574	0,0765	0,1166	0,1579	0,1976
84a	0,3605	0,1313	0,3219	0,7227	0,8344	0,0653	0,0822	0,2521	0,2020
97a	0,2746	0,1031	0,3139	0,7431	0,8268	0,0928	0,0746	0,2761	0,2317
71d	0,2427	0,0730	0,3846	0,8016	0,8264	0,0982	0,0812	0,2351	0,2359
84e	0,2405	0,0726	0,3390	0,7591	0,8352	0,1035	0,0783	0,2641	0,2564
84i	0,2750	0,0881	0,3090	0,5164	0,8026	0,1356	0,1222	0,3571	0,2250
97i	0,2624	0,0867	0,3159	0,5946	0,8384	0,1280	0,1048	0,3384	0,2220
65d	0,4198	0,1391	0,3661	0,5779	0,7716	0,0676	0,1193	0,2292	0,1961
71i	0,7401	0,1149	0,3139	0,5272	0,8041	0,0664	0,1817	0,1867	0,1114
31i	0,4491	0,1334	0,4181	0,4941	0,6753	0,0882	0,1789	0,2077	0,1574
59i	0,3813	0,1012	0,3701	0,6792	0,7904	0,0674	0,1258	0,2147	0,1842
17g	0,1594	0,2335	0,3275	0,2935	0,2316	0,3518	0,2792	0,2622	0,1211
71c	0,0640	0,2300	0,2100	0,1740	0,1690	0,5760	0,2470	0,4870	0,3391
5b	0,1911	0,5250	0,1833	0,0743	0,0627	0,6719	0,4089	0,3993	0,2186
20b	0,1835	0,5045	0,1830	0,0660	0,0525	0,6842	0,4498	0,3659	0,2154
59c	0,1459	0,3676	0,1690	0,0596	0,0526	0,6757	0,4805	0,3336	0,3023
5f	0,3074	0,4439	0,1980	0,0391	0,0744	0,5341	0,5119	0,3304	0,2313
31c	0,0674	0,2062	0,2281	0,1143	0,1243	0,7149	0,3577	0,4593	0,3257
53c	0,0673	0,2054	0,2120	0,1026	0,1216	0,7215	0,3665	0,4660	0,3416
45c	0,0755	0,1870	0,1972	0,0980	0,1165	0,6829	0,3991	0,4334	0,3575
65c	0,0937	0,2772	0,1774	0,1135	0,1350	0,6749	0,3033	0,5521	0,3354
20f	0,2690	0,4518	0,1242	0,0613	0,0932	0,5135	0,4771	0,3999	0,2226
17b	0,2747	0,4403	0,2361	0,0632	0,0442	0,4804	0,5996	0,1944	0,1976
5c	0,1702	0,2898	0,2476	0,0727	0,0619	0,5491	0,5949	0,2277	0,2464
20c	0,1615	0,2831	0,2211	0,0736	0,0774	0,4923	0,5758	0,2496	0,2457
17c	0,1922	0,2686	0,2367	0,0935	0,0999	0,4116	0,5769	0,2272	0,2313
17i	0,2681	0,1697	0,3149	0,1496	0,1713	0,3318	0,5237	0,1632	0,1676
17h	0,2842	0,3226	0,2363	0,1527	0,1657	0,2724	0,3916	0,2185	0,1716
17f	0,2622	0,3553	0,1857	0,0645	0,0944	0,4525	0,5682	0,2917	0,2283
5h	0,4036	0,3511	0,2600	0,0720	0,1014	0,3935	0,5617	0,2234	0,1706

31h	0,4755	0,4070	0,2262	0,0790	0,1284	0,3192	0,4893	0,2748	0,1618
20h	0,3296	0,2629	0,2830	0,0995	0,1247	0,3795	0,5193	0,2245	0,1802
31b	0,1754	0,4641	0,1407	0,1523	0,1928	0,4270	0,2202	0,5926	0,2866
97b	0,1387	0,3702	0,2192	0,1838	0,1990	0,4564	0,2141	0,5229	0,2620
84c	0,0599	0,1622	0,2383	0,2204	0,2738	0,4758	0,1961	0,5665	0,3865
97c	0,0578	0,1554	0,2654	0,2651	0,2861	0,4392	0,1806	0,5091	0,3713
31f	0,2869	0,3868	0,1374	0,0905	0,2169	0,3871	0,2984	0,6164	0,2960
53f	0,2473	0,4797	0,1012	0,0543	0,1939	0,5053	0,4316	0,6549	0,3342
45f	0,2296	0,4991	0,0870	0,0995	0,2509	0,4348	0,3224	0,6940	0,3294
59f	0,2150	0,2679	0,1283	0,1550	0,3068	0,3586	0,2431	0,6494	0,3303
84f	0,2492	0,2883	0,1364	0,1775	0,3595	0,2739	0,1926	0,6536	0,3510
97f	0,2595	0,3182	0,1399	0,1827	0,3628	0,2589	0,1746	0,6402	0,3555
5g	0,0906	0,1329	0,2899	0,1443	0,1427	0,4207	0,3345	0,2722	0,4967
20g	0,1519	0,1618	0,1905	0,2273	0,2519	0,2418	0,1806	0,3034	0,7868
84g	0,1443	0,1594	0,1875	0,2355	0,2631	0,2408	0,1679	0,3183	0,8112
97g	0,1339	0,1537	0,1880	0,2338	0,2640	0,2463	0,1652	0,3300	0,8406
59g	0,1533	0,2594	0,1450	0,1688	0,1662	0,2604	0,1979	0,3088	0,8397
71g	0,1146	0,2976	0,1301	0,1571	0,1426	0,2923	0,1865	0,3475	0,8258
31g	0,0842	0,1319	0,2088	0,2332	0,2537	0,2858	0,1596	0,3646	0,8501
53g	0,1105	0,2931	0,1471	0,1109	0,0935	0,3363	0,2605	0,3182	0,8172
65g	0,0706	0,1218	0,2132	0,2664	0,2940	0,2943	0,1401	0,4170	0,7798

Tabella B: distribuzione dei campioni del chimico-fisico nei diversi cluster dopo riallocazione.

Stazioni	GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4	GRUPPO 5	GRUPPO 6	GRUPPO 7
17h	0,3221	0,3169	0,2987	0,2903	0,2365	0,2826	0,2951
17r	0,4571	0,3063	0,2541	0,1375	0,2730	0,1671	0,1482
17m	0,3633	0,3293	0,2152	0,2107	0,3588	0,2028	0,2455
zes	0,4705	0,2993	0,2138	0,1124	0,2392	0,1981	0,1493
17i	0,4738	0,3063	0,2372	0,1061	0,2367	0,1671	0,1405
zei	0,3749	0,2577	0,2034	0,1222	0,1920	0,2171	0,1560
17s	0,3609	0,3082	0,2634	0,1746	0,3362	0,2601	0,1844
cah	0,3850	0,4691	0,4376	0,2515	0,3436	0,3791	0,3191
43s	0,3427	0,4404	0,4014	0,2648	0,3105	0,3752	0,3209
zer	0,3705	0,4509	0,3424	0,2021	0,3416	0,2969	0,2373
43o	0,2607	0,4202	0,3285	0,2700	0,2424	0,4073	0,3558
43n	0,3787	0,4137	0,3504	0,3194	0,3667	0,3440	0,3735
71n	0,2953	0,4157	0,3207	0,3192	0,3652	0,3784	0,3778
cam	0,2683	0,3990	0,3506	0,2409	0,3126	0,3649	0,3186
cao	0,2228	0,3934	0,3140	0,2068	0,2912	0,3093	0,2646
cai	0,2217	0,2861	0,2853	0,2002	0,2368	0,2641	0,2202
43h	0,3427	0,4848	0,4302	0,2474	0,3105	0,3071	0,2811
can	0,2228	0,3771	0,3828	0,2088	0,2912	0,2956	0,2709
71h	0,2811	0,4039	0,5086	0,2344	0,2606	0,3401	0,3134

cap	0,1515	0,3511	0,4250	0,2356	0,2762	0,3241	0,2854
car	0,1629	0,2752	0,4021	0,2367	0,2725	0,3086	0,3132
caL	0,3278	0,3308	0,3966	0,1862	0,2538	0,2915	0,2543
43r	0,2999	0,3324	0,4007	0,1917	0,3234	0,2773	0,2712
71r	0,1251	0,3217	0,3662	0,1764	0,1865	0,2837	0,2387
71s	0,1474	0,2928	0,3280	0,2791	0,2819	0,3545	0,3269
sth	0,1231	0,1696	0,1558	0,4419	0,2317	0,2371	0,2944
zem	0,1418	0,2246	0,2337	0,4217	0,3020	0,2652	0,3023
str	0,1608	0,2301	0,2155	0,4234	0,3087	0,3736	0,3176
stL	0,1358	0,2349	0,2200	0,4849	0,3441	0,3815	0,3604
sto	0,0990	0,1911	0,1782	0,4329	0,2163	0,3432	0,3063
stq	0,1023	0,1616	0,1952	0,4506	0,2576	0,3303	0,3346
zeo	0,1773	0,2629	0,2596	0,4374	0,2761	0,4174	0,4050
stp	0,1790	0,2639	0,2023	0,4577	0,2531	0,3441	0,3708
zeL	0,1645	0,2403	0,2399	0,4396	0,3248	0,3229	0,3321
71m	0,2053	0,2966	0,2532	0,4412	0,2894	0,3963	0,4004
stm	0,1969	0,2894	0,2402	0,4840	0,2839	0,3717	0,4101
zen	0,2726	0,3351	0,2511	0,4484	0,3974	0,4067	0,4016
17n	0,2651	0,3576	0,2839	0,4332	0,3228	0,3753	0,4097
zeh	0,2883	0,3121	0,2757	0,2929	0,4675	0,3177	0,2830
cas	0,3042	0,3923	0,3240	0,2518	0,4857	0,2696	0,2816
sts	0,1755	0,2332	0,1757	0,3266	0,3818	0,3139	0,2542
71i	0,2950	0,2977	0,3178	0,1961	0,1606	0,3513	0,2859
43i	0,2614	0,3810	0,3643	0,2899	0,2424	0,4541	0,3648
zep	0,2147	0,3225	0,3013	0,4182	0,2703	0,4885	0,4841
43L	0,2294	0,3955	0,3451	0,3423	0,3588	0,5334	0,4218
71L	0,2746	0,3986	0,3795	0,3605	0,3796	0,5428	0,4276
17L	0,2464	0,3575	0,3078	0,3958	0,4077	0,4634	0,3928
71p	0,1950	0,3438	0,3724	0,2816	0,2598	0,4723	0,3736
sti	0,2048	0,3093	0,2869	0,4423	0,3103	0,4983	0,4249
43q	0,1670	0,3305	0,2920	0,3499	0,2894	0,4888	0,3776
71o	0,1219	0,2353	0,2439	0,2907	0,2528	0,4458	0,3676
71q	0,1427	0,2668	0,2605	0,3205	0,2331	0,4309	0,3615
17p	0,2448	0,3591	0,2829	0,3304	0,2562	0,4065	0,3861
17o	0,1876	0,2588	0,2537	0,4293	0,2321	0,4418	0,4386
stn	0,1356	0,1865	0,2271	0,3463	0,2250	0,3674	0,3496
43p	0,1474	0,2994	0,3406	0,3090	0,3322	0,4429	0,3597
caq	0,1193	0,2603	0,2943	0,2853	0,2654	0,3805	0,3459
zeq	0,1801	0,2852	0,2977	0,2605	0,2424	0,3445	0,3227
17q	0,2328	0,3518	0,3044	0,4297	0,3075	0,4381	0,4492

Tabella C: distribuzione dei campioni mensili di fitoplancton nei diversi cluster dopo riallocazione.