

## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

### Fase 5.1.4

### Monitoraggio delle attività nell'area pilota

### *Relazione descrittiva sul monitoraggio svolto nell'area pilota*

## PREMESSA

Questa relazione riporta dati e considerazioni aggiuntive rispetto alla precedente relazione allestita al termine del fase 4.4. Essa permette di definire meglio il quadro di stato e funzionalità ecologica dello Stagno di Corru S'Ittiri sulla base di dati sperimentali acquisiti nel periodo gennaio-ottobre 2011 sui diversi compartimenti ecosistemici che sono stati preventivamente identificati come cruciali per garantire la biodiversità e la pesca economicamente sostenibile ed in particolare quelli: (1) fisico-chimico dell'acqua, (2) planctonico vegetale, (3) bentonico vegetale e animale e (4) sedimentario. Inoltre gli ulteriori elementi conoscitivi acquisiti nella fase 5 permettono un confronto pluriennale anche in relazione ad azioni effettuate dagli altri partner sugli attori territoriali di rilascio degli elementi nutrizionali.

## LO STAGNO

Lo stagno, come già riportato nella relazione di cui alla fase 4.4, ha una dimensione di circa 204 ha ed una profondità media è di circa 1 m. Il volume stimato è di circa  $2,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Lo stagno è il risultato di vari interventi, effettuati a partire dagli anni '50 che lo hanno isolato dal mare, di cui era una propaggine semi confinata, ed è lungo circa 3 Km e largo circa 600 m, con una profondità molto modesta (circa 1,5-2 m), con fondali sabbiosi nella parte prospiciente il mare e fangosi nella zona più interna. Attualmente, nella laguna sono presenti due bocche di collegamento a mare, collocate rispettivamente a sud e a nord.

Lo Stagno di Corru S'Ittiri è soggetto a numerosi vincoli di protezione infatti è un sito Ramsar, una zona di Protezione Speciale (ZPS) ed un Sito di Importanza Comunitaria (SIC). Inoltre è riserva naturale oltre che oasi permanente di protezione faunistica e di cattura. Ci sono poi aree sottoposte a tutela paesistica ed aree da sottoporre a tutela per il loro interesse paesaggistico. Infine lo stagno è stato identificato come area sensibile ed è anche compreso tra le zone vulnerabili da nitrati.

Il bacino idrografico risulta di difficile definizione, esso dovrebbe coincidere con parte del complesso sistema della Bonifica di Arborea. Gli afflussi di acqua dolce provengono infatti da sei canali della rete di drenaggio del comprensorio irriguo, che immettono direttamente in laguna acque reflue di attività agricole e zootecniche. Lo stagno riceve anche le acque dello Stagno di Pauli Pirastru (posizionato nella parte settentrionale).

## CONDIZIONI ECOLOGICHE RISCOINTRATE NEL 2011 E CONFRONTO 2010

In questo capitolo sono riportati i risultati delle indagini compiute per le fase 5 (Applicazione dei modelli gestionali condivisi finalizzati alla mitigazione degli impatti derivanti da attività agro-zootecniche in una area umida di pregio della Provincia di Oristano). L'obiettivo della studio è stato quello di caratterizzare, con un certo dettaglio, vari componenti compartimentali e derivare un quadro ambientale attendibile e una descrizione ecologica soddisfacente per poter formalizzare elementi di ordine gestionale e soprattutto per avere la base di riferimento e di confronto con i dati acquisiti nella fase 4.4 utili per un confronto anche in relazione all'avvio da parte di altri partner di azioni informative, divulgative, sensibilizzative sugli attori primari della generazione dei fattori di stress lagunare. I risultati sono organizzati per capitoli facenti capo ai diversi compartimenti indagati.

### Chimico-fisica dell'acqua e fitoplancton

Vengono riportati i risultati dell'indagine svolta sulla componente fitoplanctonica del compartimento pelagico della Laguna di Corru S'Ittiri, insieme alle valutazioni su aspetti chimico-fisici della colonna d'acqua e sui nutrienti vegetali. La campagna di acquisizione dati è stata effettuata dal febbraio al settembre 2011. Campionamento e metodiche sono le stesse già riportate nella relazione di cui all'azione 4.4.



Stazione	C11	C12	C13
Latitudine	39.751503°	39.761017°	39.771608°
Longitudine	8.520775°	8.530755°	8.539864°

Figura 1. Laguna di Corru S'Ittiri, posizionamento delle stazioni di campionamento e loro coordinate in gradi decimali (Proiezione UTM - Datum WGS84 - Fuso 32).

## Risultati

La temperatura (Fig. 2) media nei due periodi di studio è stata pari a 21,5 °C. Nella prima annata di studio il valore è stato pari a 21,4 °C (periodo febbraio-settembre 2010), mentre nel secondo periodo (febbraio-settembre 2011) il valore è risultato pari a 21,5 °C. In termini spaziali tra le tre

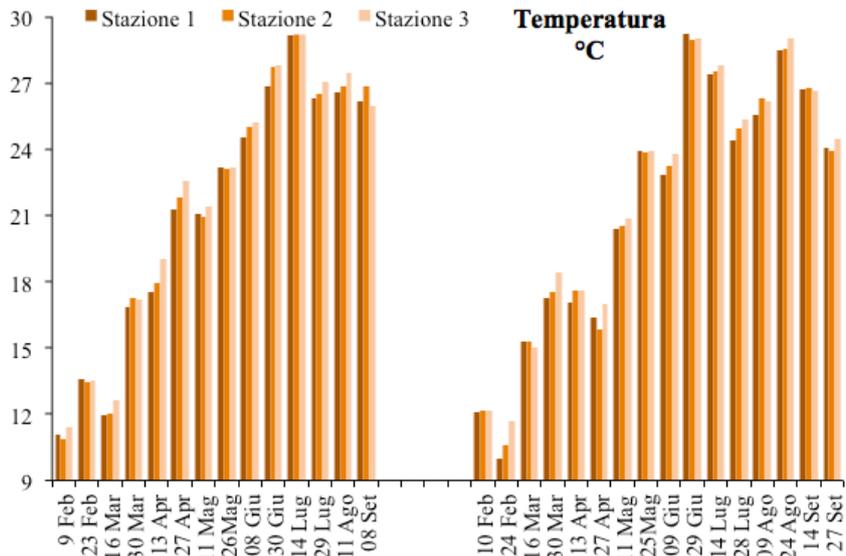


Fig. 2 –Valori e dinamica della temperatura nei due periodi di studio.

stazioni indagate è stato evidente un gradiente incrementale dei valori dalla stazione 1 alla stazione 3. In senso temporale invece i valori sono risultati in linea con la stagionalità, mostrandosi progressivamente in aumento da febbraio verso i massimi

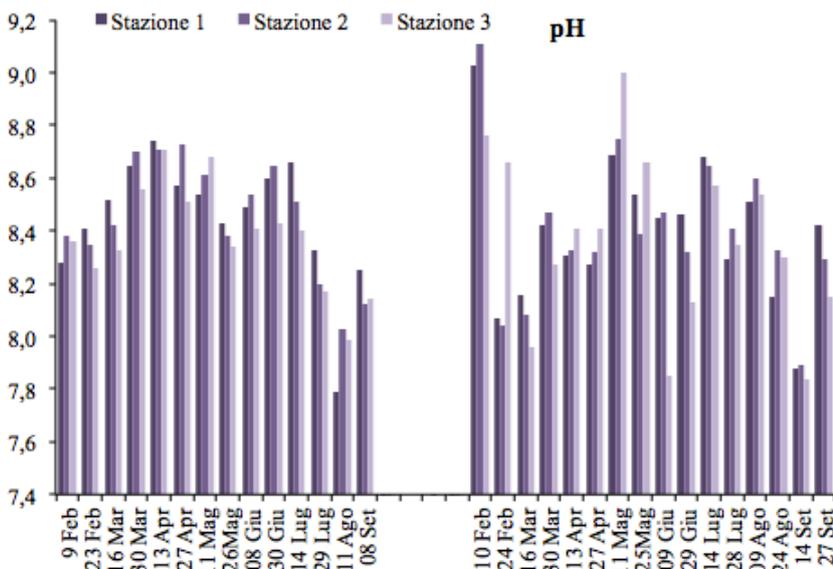


Fig. 2 –Valori e dinamica del pH nei due periodi di studio.

estivi. I valori massimi assoluti come media lagunare, sono stati raggiunti il 14 luglio per il primo anno e il 29 giugno nel secondo anno d'indagine (con un secondo massimo il 24 agosto), con picchi pressoché uguali, ovvero 30,1 °C e 29,3 °C, sempre nella stazione 3. I

valori minimi come media lagunare invece si sono avuti, rispettivamente, per il primo anno il 9 febbraio (11 °C, non si hanno dati nei mesi precedenti), e per il secondo anno il 27 febbraio (10,7 °C). I minimi assoluti sono stati di 10,9 °C nella stazione 2 nel primo ciclo e di, 10 °C nel secondo, precisamente nella stazione 1.

Per il pH (Fig. 3), la media lagunare nell'intero periodo d'indagine è stata di 8,41. Sulla base dei valori medi della laguna nelle due annate di monitoraggio, non si evince nessuna variazione sostanziale, con un valore di 8,4 unità in entrambi i cicli di studio. Analizzando i valori massimi assoluti invece si ha un picco elevato nella seconda annata, pari a 9,1 unità il 10 febbraio 2011, contro un precedente massimo primaverile di 8,7 unità nel mese di aprile. I valori minimi invece sono risultati identificabili entrambi a fine ciclo, pari, come media lagunare, a 7,94 nell'agosto 2010 e 7,87 nel settembre 2011. In termini spaziali i valori sono stati abbastanza omogenei nelle tre stazioni, indicando pH leggermente maggiori nella stazione 1.

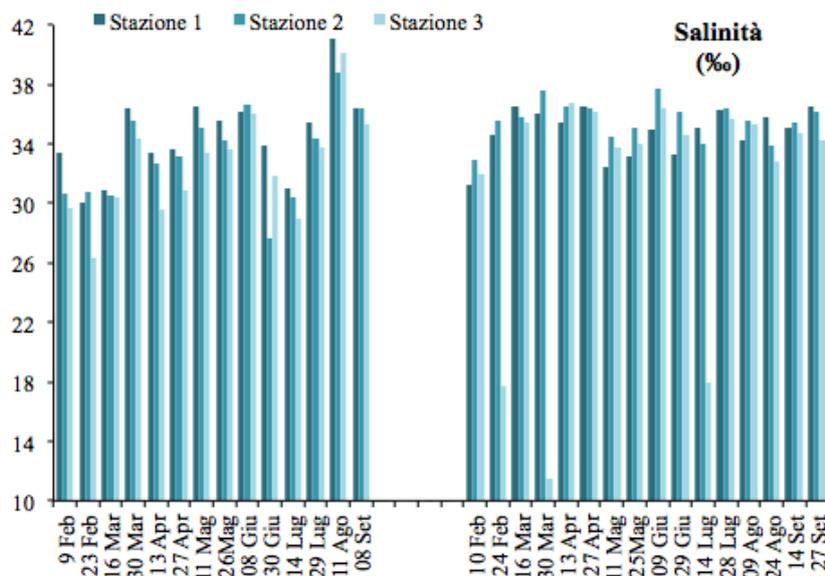


Fig. 3 –Valori e dinamica della salinità nei due periodi di studio.

La salinità (Fig. 3), ha mostrato un caratteristico trend incrementale dei valori dalla stazione 1 alla stazione 3, ovvero dalla zona più prossima all'apertura a mare verso la zona più interna, con una forbice complessiva tra i valori medi rilevati del 3%. Il valore medio di salinità nel complesso delle due annate è stato pari a 33,7%, con un dato medio lagunare assolutamente confrontabile, per il primo periodo del 33,5% e

del 33,9‰ per il secondo. Nel primo periodo di monitoraggio i valori sono aumentati dai mesi invernali verso quelli estivi, mostrando una notevole irregolarità nell'andamento, con fasi alterne di crescita e flessione dei valori, rispetto alla maggiore regolarità ed omogeneità riscontrata nella seconda annata. Il valore medio lagunare più elevato è stato rilevato l'11 agosto 2010 (40,4‰), a cui ha corrisposto anche il massimo assoluto del 42,2‰ nella stazione 1. Nel secondo anno, la media lagunare più alta pari al 36,6‰ è stata riscontrata sia il 27 aprile che il 9 giugno 2011, con il massimo del 37,7‰ in quest'ultimo campionamento nella stazione 2. Considerando i due cicli di studio, la media lagunare più bassa

è stata rilevata sia il 23 febbraio 2010 sia il 14 luglio 2011 con il 29‰, ma il minimo assoluto è stato riscontrato il 30 marzo 2011 nella stazione 3 (11,5‰), in presenza di una variazione molto intensa dei valori tra questa stazione e le altre due.

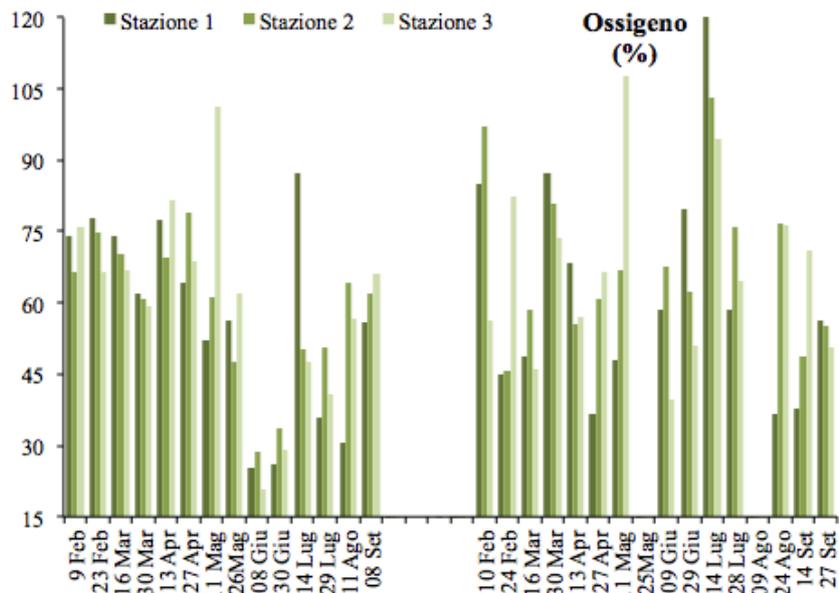


Fig. 4 –Valori e dinamica dell'ossigeno nei due periodi di studio.

L'ossigeno disciolto (Fig.

4), riportato in termini di percentuale di saturazione, ha espresso valori inferiori alla saturazione nella maggior parte delle campagne di campionamento, indicando frequentemente condizioni lagunari critiche, che sarebbero potute evolvere in possibili eventi di crisi anossiche. Questa situazione, senza che peraltro si siano verificate le peggiori conseguenze sulla componente animale, è stata rilevata il 25 maggio 2011. Valori particolarmente bassi sono stati riscontrati anche l'8 giugno 2010, con una media lagunare del 25% e minimo assoluto del 21% nella stazione 3. Il valore medio nel

complesso dei due periodi indagati è risultato pari al 60%, con valori simili nei due periodi di monitoraggio, ovvero del 59% nel primo e del 61% nel secondo. Anche i valori massimi assoluti non hanno espresso picchi rilevanti, con valori medi lagunari indicanti una leggera sovrasaturazione solo nel secondo periodo di monitoraggio (107% il 14 luglio 2011). Il massimo assoluto del primo periodo era risultato pari al 101% nella stazione 3 l'11 maggio 2010 rispetto ad un picco nel secondo periodo del 124% nella stazione 1 il 14 luglio 2011. Tra le stazioni, i valori sono risultati abbastanza omogenei, con una media leggermente maggiore nella stazione 2 e 3 (61%) e minore nella stazione 1 (58%).

Per l'alcalinità (Fig. 5), il valore medio lagunare nel complesso dei due cicli d'indagine è stato pari a 2,83 meq l<sup>-1</sup>, con valori medi simili nei due periodi d'indagine confrontabili,

rispettivamente di 2,81 meq l<sup>-1</sup> nel primo ciclo e 2,85 meq l<sup>-1</sup> nel secondo. Nel complesso, i valori più elevati si sono avuti all'inizio dei periodi d'indagine (febbraio) lasciando presagire un massimo tipicamente invernale, sono poi tendenzialmente diminuiti sino all'estate (rispettivamente, con

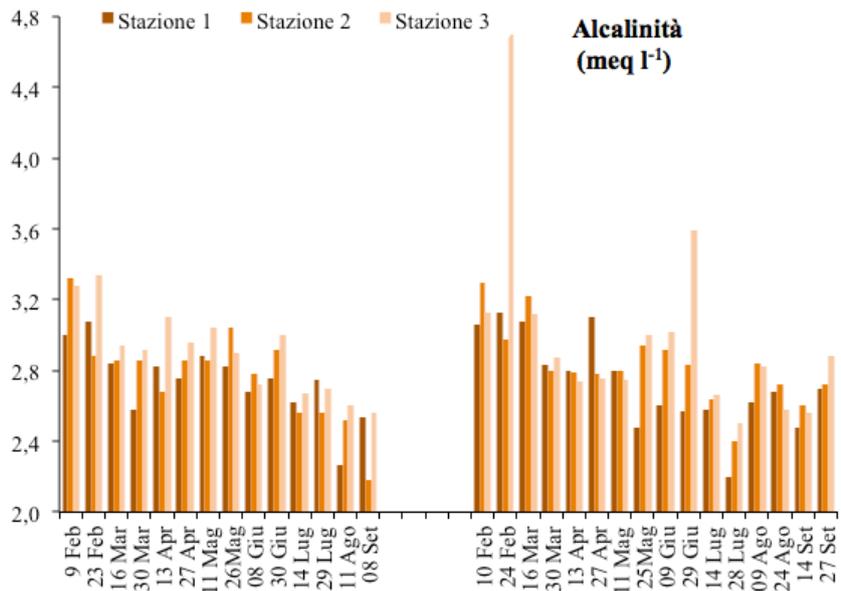


Fig. 5 –Valori e dinamica dell'alcalinità nei due periodi di studio.

medie lagunari di 2,43 meq l<sup>-1</sup> l'8 settembre 2010 e di 2,37 meq l<sup>-1</sup> il 28 luglio 2011, e minimi assoluti di 2,18 meq l<sup>-1</sup> nella stazione 2 nel primo e di 2,20 meq l<sup>-1</sup> nella stazione 1 nel secondo). Il massimo assoluto si è verificato il 24 febbraio 2011, con una media lagunare di 3,60 meq l<sup>-1</sup> ed il picco di 4,7 meq l<sup>-1</sup> nella stazione 3. In senso spaziale le

maggiori disponibilità si sono avute generalmente nella stazione 3, testimoniata da valori medi lagunari per l'intero periodo di monitoraggio progressivamente in aumento dalla stazione 1 (2,74 meq l<sup>-1</sup>), alla stazione 2 (2,81 meq l<sup>-1</sup>), alla stazione 3 (2,95 meq l<sup>-1</sup>).

La trasparenza (Fig. 6), suscettibile di variazioni in rapporto sia all'apporto di materiale solido in sospensione da parte degli affluenti che alla risospensione di materiali dal fondo per l'azione turbolenta dei venti che

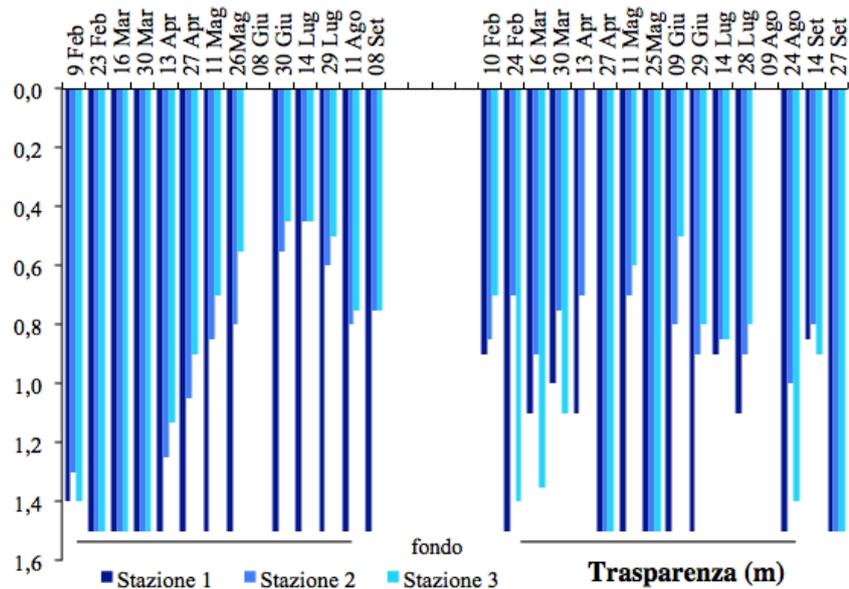


Fig. 6 –Valori e dinamica della trasparenza nei due periodi di studio.

allo sviluppo autoctono del plancton, ha mostrato i minimi nei mesi estivi di giugno e luglio nel primo periodo d'indagine e nei primi mesi di studio nel secondo. La stazione 1 vicina all'apertura a mare, è stata quella in cui la trasparenza è stata tendenzialmente maggiore, con la visione del fondo in quasi tutti i campionamenti (oltre 2/3 dei campionamenti) e una media specificatamente per i campionamenti in cui non si è avuta piena trasparenza, di 1,04 m. I valori più bassi sono stati invece rilevati per lo più nella stazione 2, con un valore medio tra quelli rilevati di 0,83 m.

Il fosforo totale (Fig. 7), ha mostrato valori di concentrazione assai elevati, con un aumento molto marcato presumibilmente nei mesi autunno-invernali, non monitorati, per effetto degli input dal bacino imbrifero. Questa dinamica evidenzia l'importanza dell'osservazione delle variabili su almeno un ciclo annuale completo, poiché molti dei parametri indagati sono suscettibili di ampie variazioni intrannuali sulla scala stagionale.

Di fatto il valore medio della concentrazione lagunare è stato pari a 186 mg P m<sup>-3</sup> nei due cicli di studio e, confrontando i due periodi corrispondenti, a 181 mg P m<sup>-3</sup> nel primo e 193 mg P m<sup>-3</sup> nel secondo, evidenziando quindi anche notevoli differenze sulla scala interannuale. Si è trattato comunque di valori molto elevati, tipici di situazioni altamente eutrofiche. Le medie lagunari sono state eccezionalmente <100 mg P m<sup>-3</sup> (tra luglio e settembre 2010), indicando un maggior consumo estivo nel primo periodo rispetto al secondo. La media

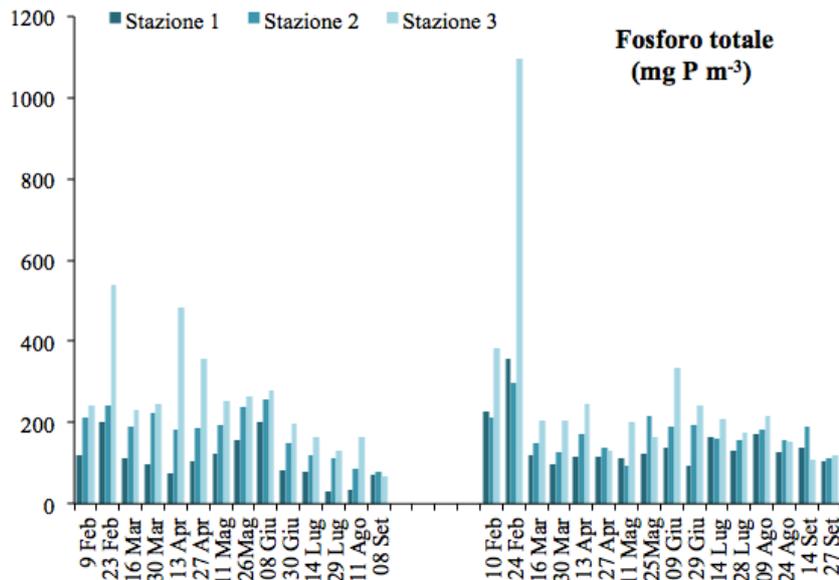


Fig. 7 –Valori e dinamica del P-totale nei due periodi di studio.

lagunare più alta si è verificata il 24 febbraio 2011 (584 mg P m<sup>-3</sup>), a cui ha corrisposto il picco massimo di 1096 mg P m<sup>-3</sup> nella stazione 3. Tra le stazioni di campionamento è stato altresì rilevato un forte gradiente: la media dell'intero dei due periodi di studio è passata dai 128 mg P m<sup>-3</sup> della stazione 1, ai 174 mg P m<sup>-3</sup> della stazione 2, fino ai 260 mg P m<sup>-3</sup> della stazione 3.

Il fosforo reattivo (Fig. 8), ha mostrato un'andamento simile alla forma totale (di cui è uno dei costituenti), con i picchi massimi nelle campagne iniziali (febbraio) e minimi durante l'estate. La forma reattiva, nel complesso, è risultata assai abbondante, costituendo in media dal 35,4% (primo periodo) al 41,6% (secondo periodo) del fosforo totale. I valori medi sono stati di 64 mg P m<sup>-3</sup> nella primo periodo (febbraio-settembre 2010) e di 119 mg P m<sup>-3</sup> nel secondo (febbraio-settembre 2011), con una media lagunare per l'intero monitoraggio di 64 mg P m<sup>-3</sup>. Anche in questo caso, sia la media

lagunare più elevata ( $358 \text{ mg P m}^{-3}$ ) che il massimo assoluto ( $662 \text{ mg P m}^{-3}$  nella stazione 3) si sono verificati nel secondo ciclo il 24 febbraio 2011. Nel primo ciclo si è comunque verificato ugualmente in febbraio un picco elevato pari a  $337 \text{ mg P m}^{-3}$  nella stazione 3 (media lagunare di  $190 \text{ mg P m}^{-3}$ ). Le medie lagunari più basse ( $< 10 \text{ mg P m}^{-3}$ ) sono state osservate tra giugno ed ottobre 2010 e nell'agosto 2011. L'intensa diminuzione, sino a

concentrazioni non rilevabili nelle stazioni 1 e 2 nell'estate 2010, ha indicato che lo sviluppo della componente vegetale autotrofa della laguna potrebbe essere limitata, per brevi periodi, dal fosforo. In termini spaziali, è stato riscontrato lo stesso pattern del

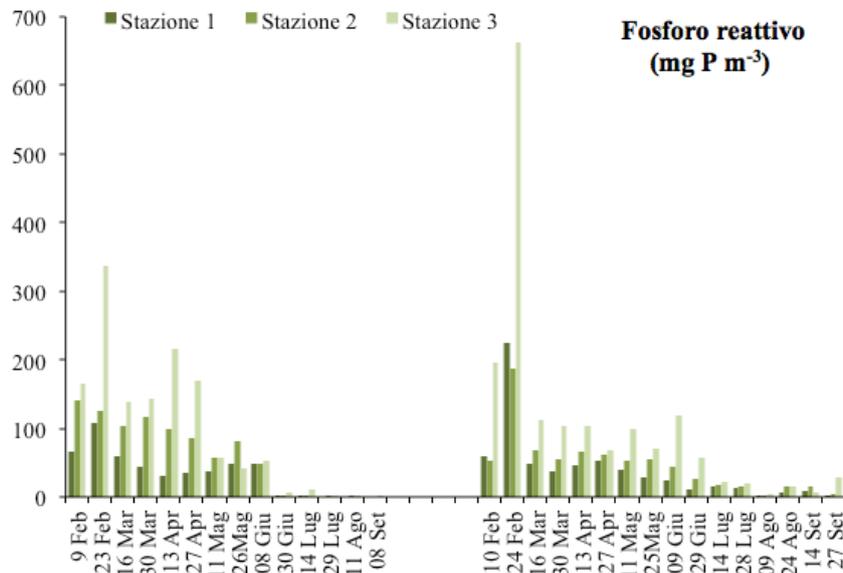


Fig. 8 –Valori e dinamica del P-reattivo nei due periodi di studio.

fosforo totale, con

concentrazioni medie complessive via via maggiori dalla stazione 1 ( $37 \text{ mg P m}^{-3}$ ), alle stazione 2 ( $53 \text{ mg P m}^{-3}$ ), alla stazione 3 ( $101 \text{ mg P m}^{-3}$ ).

Anche per l'azoto nitrico (Fig. 9), le maggiori concentrazioni sono state osservate durante i primi mesi dei cicli di studio (da febbraio in poi), lasciando presagire la presenza di picchi di massimo in inverno, in probabile relazione con i maggiori deflussi continentali, per cui si è potuto cogliere probabilmente solo la fase calante di questo trend. In tal senso il valore massimo nel primo ciclo è stato rilevato il 9 febbraio 2010, pari ad una media lagunare di  $562 \text{ mg N m}^{-3}$  e ad un picco di  $710 \text{ mg N m}^{-3}$  nella stazione 3. Nel secondo anno di monitoraggio invece è stata evidenziata una media lagunare più elevata il 24 febbraio, pari a  $319 \text{ mg N m}^{-3}$  ed il picco massimo il 16 marzo,

pari a 499 mg N m<sup>-3</sup> sempre nella stazione 3. Tra i due cicli di studio la media lagunare è stata di 72 mg N m<sup>-3</sup>, ed è stato ben documentato l'incremento delle concentrazioni tra le stazioni, con medie di 36 mg N m<sup>-3</sup> nella stazione 1, 52 mg N m<sup>-3</sup> nella stazione 2, 127 mg N m<sup>-3</sup> nella stazione 3. I valori medi nei due periodi confrontabili (febbraio-settembre) sono stati di 79 mg N m<sup>-3</sup> nel 2010 e di 66 mg N m<sup>-3</sup> nel 2011.

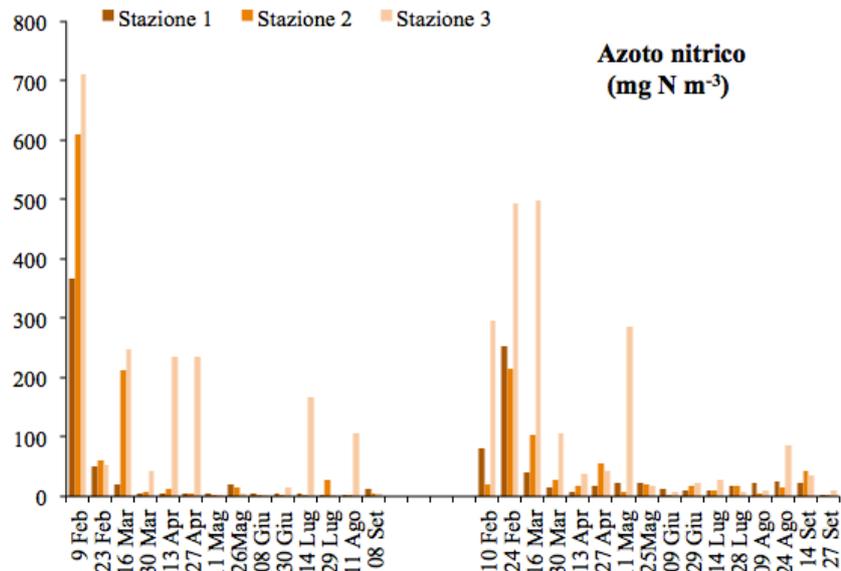


Fig. 9 –Valori e dinamica dell'azoto nitrico nei due periodi di studio.

Per l'azoto nitroso (Fig. 10) è stata riscontrata la stessa dinamica della forma nitrica, con le medie lagunari più elevate nel febbraio 2010 (58 mg N m<sup>-3</sup>), massimi rispettivamente di 84 mg N m<sup>-3</sup> il 23 febbraio 2010 nella stazione 3 e di 92 mg N m<sup>-3</sup> il 24 febbraio 2011, sempre nella stazione 3. Le concentrazioni medie lagunari nei due periodi

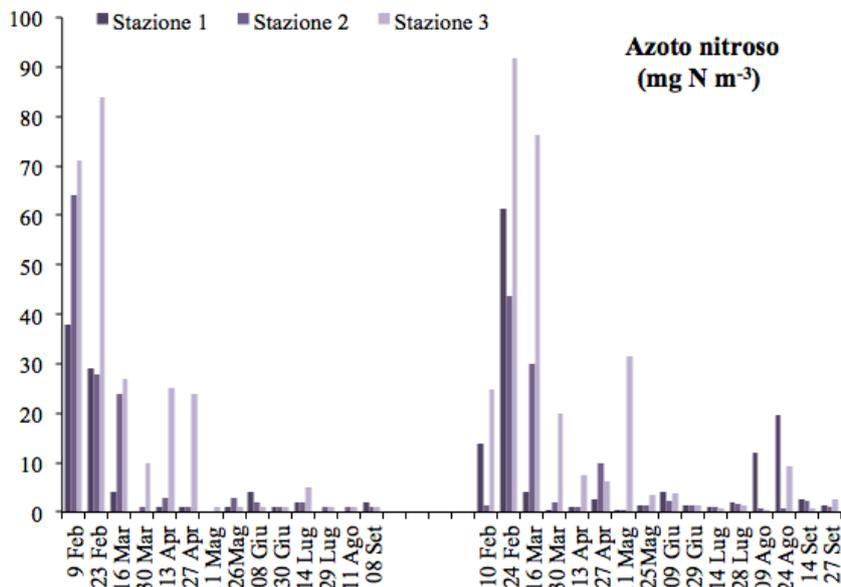


Fig. 10 –Valori e dinamica dell'azoto nitroso nei due periodi di studio.

febbraio-settembre 2010 e 2011 sono state uguali, entrambi pari a 11 mg N m<sup>-3</sup>, con la variazione spaziale delle concentrazioni medie lagunari nell'intero periodo di

monitoraggio in aumento dalla stazione 1 (7 mg N m<sup>-3</sup>), alla stazione 2 (8 mg N m<sup>-3</sup>), alla stazione 3 (18 mg N m<sup>-3</sup>).

Rispetto ai composti azotati precedenti, l'azoto ammoniacale (Fig. 11), i cui valori di

concentrazione sono stati per lo più inferiori ai 30 mg N m<sup>-3</sup>, ha evidenziato picchi prevalentemente nei mesi tardo-primaverili. I massimi sono stati infatti riscontrati, con valori assoluti >100 mg N m<sup>-3</sup> in almeno una delle tre stazioni, il 2 febbraio 2010 (media lagunare di 47 mg N m<sup>-3</sup> e picco di 101 nella stazione 3), il 26 maggio

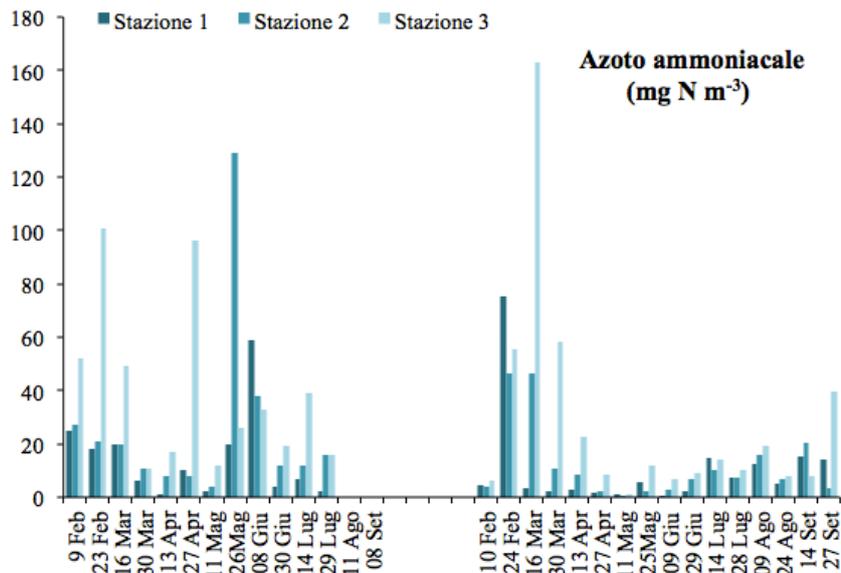


Fig. 11 –Valori e dinamica dell'azoto nitroso nei due periodi di studio.

2010 (media lagunare di 58 mg N m<sup>-3</sup> e picco di 129 nella stazione 2) ed il 16 marzo 2011 (media lagunare di 71 mg N m<sup>-3</sup> e picco di 163 mg N m<sup>-3</sup> nella stazione 3). Le medie delle tre stazioni nell'intero periodo d'indagine hanno seguito lo stesso andamento incrementale riscontrato per gli altri parametri, con valori, rispettivamente, di 11 mg N m<sup>-3</sup>, 17 mg N m<sup>-3</sup>, 30 mg N m<sup>-3</sup>, ed una media lagunare complessiva per i due cicli di studio di 20 mg N m<sup>-3</sup>. Le medie relative ai due periodi febbraio-settembre sono state simili, rispettivamente di 23 mg N m<sup>-3</sup> e 17 mg N m<sup>-3</sup>.

L'andamento della sommatoria delle diverse forme dell'azoto inorganico disciolto (Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN) (Figg. 9, 10, 11), lascia chiaramente pensare ad un'evoluzione incrementale autunno-invernale del parametro, legato agli input dal bacino imbrifero nel periodo di maggiore piovosità. La media lagunare complessiva per

i due cicli di studio è stata di  $102 \text{ mg N m}^{-3}$ , anche in questo caso con medie nei due periodi all'incirca confrontabili (rispettivamente,  $112 \text{ mg N m}^{-3}$  e  $93 \text{ mg N m}^{-3}$ ) e con la concentrazione media più elevata nella stazione 3 ( $175 \text{ mg N m}^{-3}$ ). Questa stazione è stata anche quella interessata dai picchi più consistenti sia nel primo che nel secondo ciclo, con massimi oltre  $700 \text{ mg N m}^{-3}$  il 9 febbraio 2010 ( $833 \text{ mg N m}^{-3}$ ) ed il 16 marzo 2011 ( $738 \text{ mg N m}^{-3}$ ), a cui hanno anche corrisposto le medie lagunari più alte (rispettivamente,  $654 \text{ mg N m}^{-3}$  e  $322 \text{ mg N m}^{-3}$ ), anche se più elevata nel secondo ciclo è stata la media del 24 febbraio 2011 con  $444 \text{ mg N m}^{-3}$ . Considerando la media lagunare, la forma predominante per gran parte del periodo di monitoraggio è stata quella nitrica (Fig. 12), che ha rappresentato complessivamente poco più del 70% del DIN, seguita da quella ammoniacale (dal 18 al 20%), più importante soprattutto nei mesi tardo primaverili del primo ciclo (quando ha nettamente dominato) ed estivi nel secondo (rilevante tra luglio e fine settembre), e dalla nitrosa (dal 9 al 11%).

Lo schema è stato simile nelle tre stazioni, con la stazione 3 caratterizzata dalle maggiori medie per le diverse componenti azotate inorganiche.

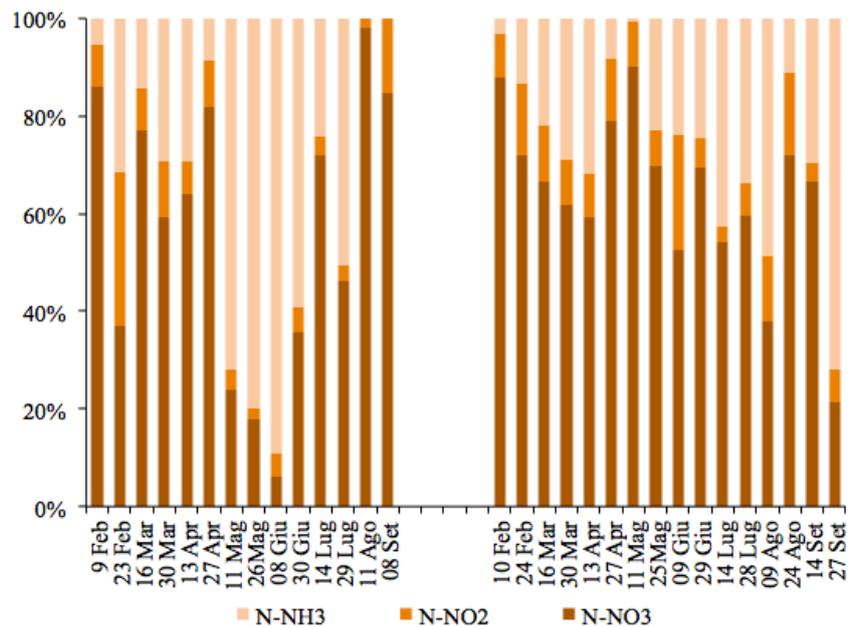


Fig. 12 –Ripartizione delle diverse forme dell'azoto nei due periodi di studio.

L'azoto totale (Fig. 13), ha mostrato valori prevalentemente al di sotto di  $1000 \text{ mg N m}^{-3}$ , con una media lagunare per i due periodi d'indagine di  $913 \text{ mg N m}^{-3}$ . Tra i due periodi è stata notata una maggiore disponibilità nel primo ciclo ( $968 \text{ mg N m}^{-3}$ ) rispetto

al secondo (868 mg N m<sup>-3</sup>). Infatti, il valore massimo assoluto tra i due periodi d'indagine è stato registrato nella stazione 3 il 13 aprile 2010 (1797 mg N m<sup>-3</sup>) mentre la media lagunare più elevata è stata rilevata l'8 giugno 2010 (1247 mg N m<sup>-3</sup>). L'andamento temporale ha

indicato le maggiori concentrazioni sia in estate che, soprattutto, nei mesi tardo invernali (febbraio-marzo) del 2010 e del 2011. I valori più bassi invece si sono collocati all'inizio della primavera (marzo-aprile; medie lagunari tra 500-900 mg N m<sup>-3</sup>). Le concentrazioni medie

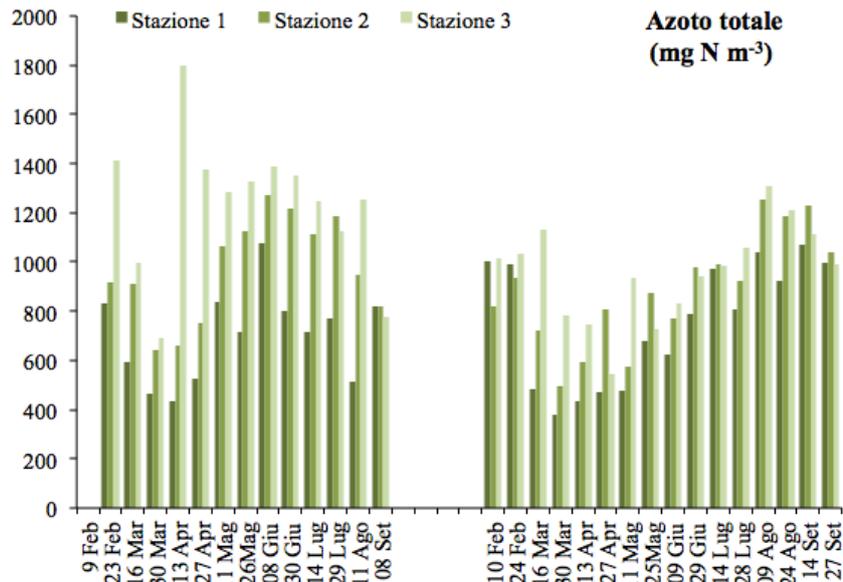


Fig. 13 –Valori e dinamica dell'azoto totale nei due periodi di studio.

complesive dei due periodi d'indagine sono state anche per questo parametro in aumento dalla stazione 1 verso la stazione 3: 732 mg N m<sup>-3</sup> nella stazione 1, 925 mg N m<sup>-3</sup> nella stazione 2, 1082 mg N m<sup>-3</sup> nella stazione 3.

Il rapporto N/P indica prevalentemente una condizione di azoto limitazione della laguna (N/P <7), i periodi in cui si inverte questa condizione, ovvero si ha una netta fosforo limitazione (N/P >7), sono caratteristici dell'estate (da giugno a ottobre). In particolare l'estate del 2010 e la stazione 1 hanno mostrato valori più elevati del rapporto N/P, rispetto all'estate 2011.

La silice reattiva (Fig. 14), il cui apporto è legato principalmente al dilavaggio delle terre emerse, ha mostrato un trend diverso nei due periodi di confronto (febbraio-settembre): durante il 2010 i valori sono risultati particolarmente contenuti e quasi sempre inferiori a

1 mg Si l<sup>-1</sup> mentre nel 2011 si è avuta una maggiore disponibilità di silice, chiaramente indicata dalle medie lagunari riscontrate nei due periodi, pari rispettivamente a 0,46 mg Si l<sup>-1</sup> per il primo e a 1,43 mg Si l<sup>-1</sup> per il secondo. Medie lagunari particolarmente elevate sono state riscontrate

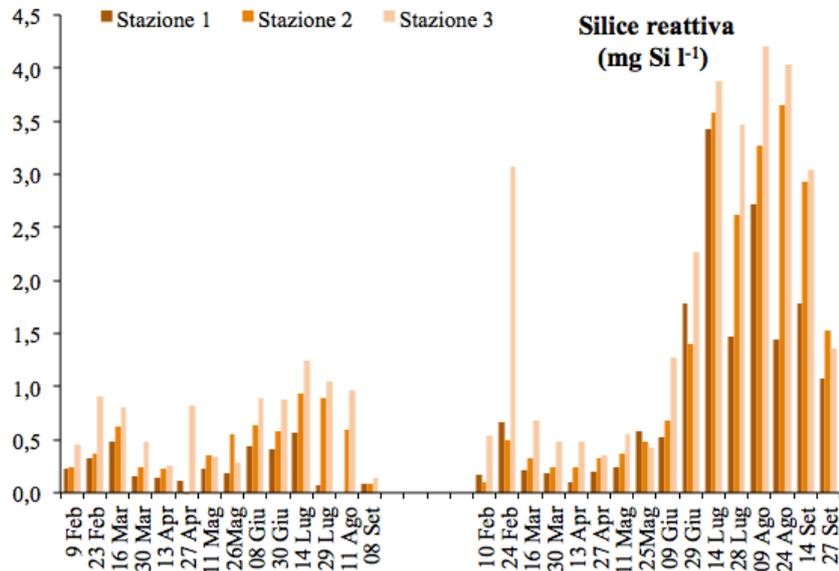


Fig. 14 –Valori e dinamica della silice reattiva nei due periodi di studio.

anche il 24 febbraio 2011 (1,40 mg Si l<sup>-1</sup>) e soprattutto tra il giugno ed il settembre 2011, con medie lagunari sempre >1 mg Si l<sup>-1</sup>, sino a punte di 3,63 mg Si l<sup>-1</sup> il 14 luglio 2011 e 3,40 mg Si l<sup>-1</sup> il 9 agosto 2011. I valori calcolati per l'intero periodo d'indagine nelle diverse stazioni hanno mostrato un netto gradiente incrementale dalla stazione 1 (0,66 mg Si l<sup>-1</sup>), alla stazione 2 (0,95 mg Si l<sup>-1</sup>), alla stazione 3 (1,32 mg Si l<sup>-1</sup>). Il valore medio lagunare tra i due periodi è stato di 0,98 mg Si l<sup>-1</sup>.

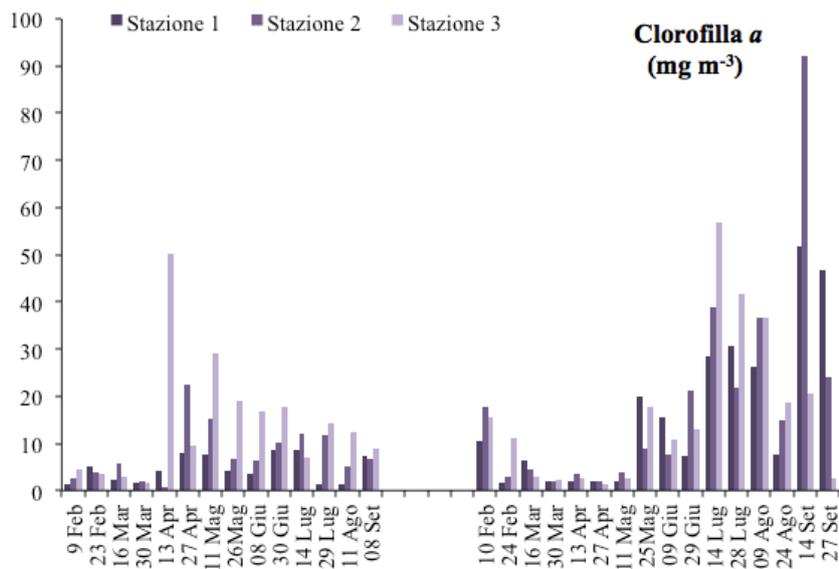


Fig. 15 –Valori e dinamica della clorofilla a nei due periodi di studio.

La clorofilla a (Fig. 15), la cui media lagunare tra i

due periodi di studio è stata di  $13,3 \text{ mg m}^{-3}$ , ha evidenziato valori più elevati, circa pari quasi al doppio, nel secondo periodo di osservazione (febbraio-settembre 2011, media lagunare pari a  $17,1 \text{ mg m}^{-3}$ ) rispetto al primo (febbraio-settembre 2010, media lagunare pari a  $8,9 \text{ mg m}^{-3}$ ). In particolare nel secondo ciclo di campionamenti sono stati evidenti due picchi estivi rilevanti: il primo tra luglio e l'inizio d'agosto (medie lagunari  $30\text{-}40 \text{ mg m}^{-3}$ ) ed il secondo in settembre (medie lagunari  $20\text{-}50 \text{ mg m}^{-3}$ ). Nella prima serie di campionamenti, le medie lagunari più elevate sono state osservate invece in primavera, tra aprile e maggio ( $13\text{-}18 \text{ mg m}^{-3}$ ). Il massimo assoluto è stato registrato il 14 settembre 2011, nella stazione 2 ( $92 \text{ mg m}^{-3}$ ). Tra le tre stazioni indagate sono state evidenti variazioni significative, passando dai  $10,9 \text{ mg m}^{-3}$  della stazione 1 ai  $13,8 \text{ mg m}^{-3}$  della stazione 2, fino ai  $15,1 \text{ mg m}^{-3}$  della stazione 3.

La densità totale del fitoplancton (Fig. 16) si è attestata su un valore medio nei due cicli di studio di  $73 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ , con una variazione notevole tra la media del primo ciclo d'indagine (febbraio-

settembre 2010), pari a  $109 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ , e quella del secondo (febbraio-settembre 2011), pari a  $26 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ . La tendenza è stata quindi contraria a quella della clorofilla a, probabilmente in relazione ad una diversa composizione tassonomica e struttura del fitoplancton. I valori nelle tre stazioni di

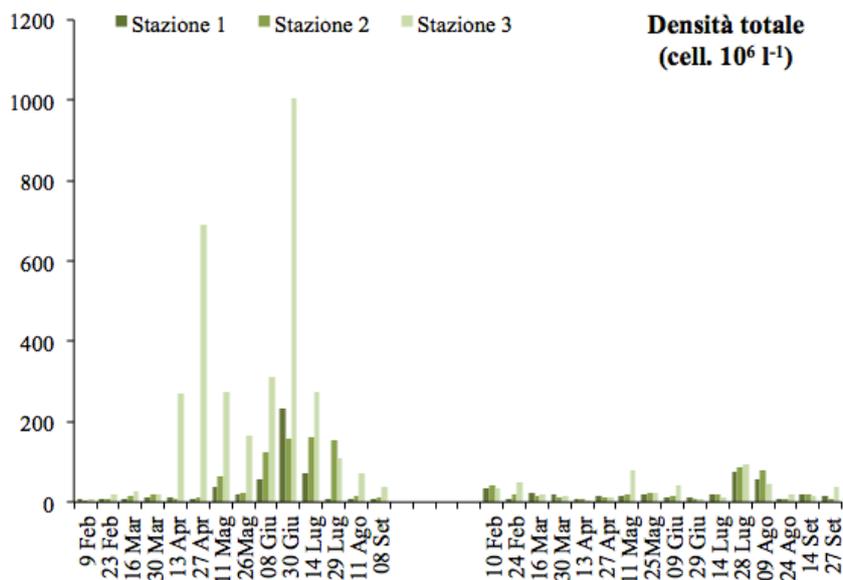


Fig. 16 –Valori e dinamica della densità totale nei due periodi di studio.

campionamento sono aumentati da quella più vicina alla bocca a mare (stazione 1) verso quella più distante (stazione 3), con medie nell'intera indagine rispettivamente di



tassonomica e la struttura del fitoplancton, è stato possibile osservare una marcata importanza delle classi delle Cyanophyceae e delle Bacillariophyceae su tutte le altre (Fig. 17), essendo state responsabili dei picchi massimi riscontrati.

In particolare la classe delle Cyanophyceae (Fig. 18), ha prevalso in termini percentuali in 14 campagne su 30 (47%), con un valore medio di densità nell'intero ciclo di studio di  $31 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>. Nel complesso non è stato evidente nessun preciso andamento stagionale per questa classe, le cui densità, più elevate nel primo ciclo di campionamenti, si sono

verificate soprattutto nella sola stazione 3, sia tra aprile e maggio (massimo di  $664 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> il 27 aprile per una media lagunare corrispondente di  $222 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>) che in giugno ( $799 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> il 30 giugno per una media lagunare corrispondente di  $273 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>). Sono stati

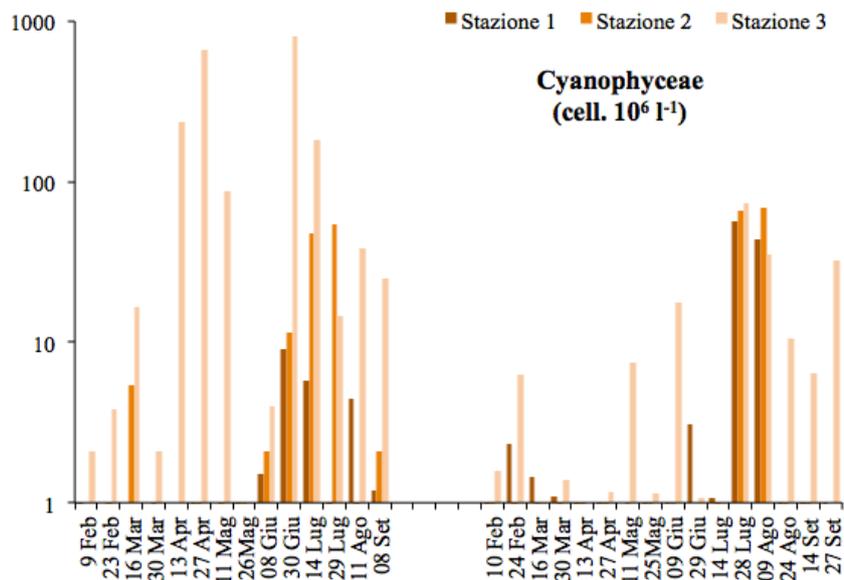


Fig. 18 –Densità delle Cyanophyceae nei due periodi di studio.

questi i campionamenti con i massimi anche dell'intero periodo di studio. Infatti nel secondo periodo di campionamento i massimi sono stati estivi e sono stati più omogenei tra le stazioni (media lagunare di  $65 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> il 28 luglio 2011). Conseguentemente, anche le medie complessive dei due cicli di studio delle tre stazioni hanno mostrato spiccate differenze, aumentando esponenzialmente verso la stazione 3, quella più interna:  $5 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> nella stazione 1,  $9 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> nella stazione 2 e ben  $78 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> nella stazione 3. Tra le specie maggiormente rappresentate sono stati riscontrati numerosi rappresentanti delle Chroococcales dei generi Aphanocapsa,

Merismopedia, Pseudanabaena, Chroococcus, Aphanoteche, Synechococcus oltre ad una notevole rappresentanza anche delle Oscillatoriales.

La classe delle Bacillariophyceae (Fig. 19), invece è stata dominate in 4 campagne su 30 (13%), esprimendo una densità media complessiva nei due cicli di  $17 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>. La dinamica temporale delle Bacillariophyceae ha mostrato notevoli differenze tra i due cicli di studio. Nel primo ciclo è stata ben evidente una intensa proliferazione primaverile-estiva, da aprile a luglio 2010, con valori rilevanti, che hanno raggiunto il massimo assoluto di  $206 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> nella stazione 1 (30 giugno 2011) e attestandosi su una media oltre i  $56 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>. Nel secondo ciclo invece le densità sono risultate assai più modeste. Il massimo assoluto ha fatto capo ad un picco sporadico di circa  $31 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup> nella stazione 2 il 10

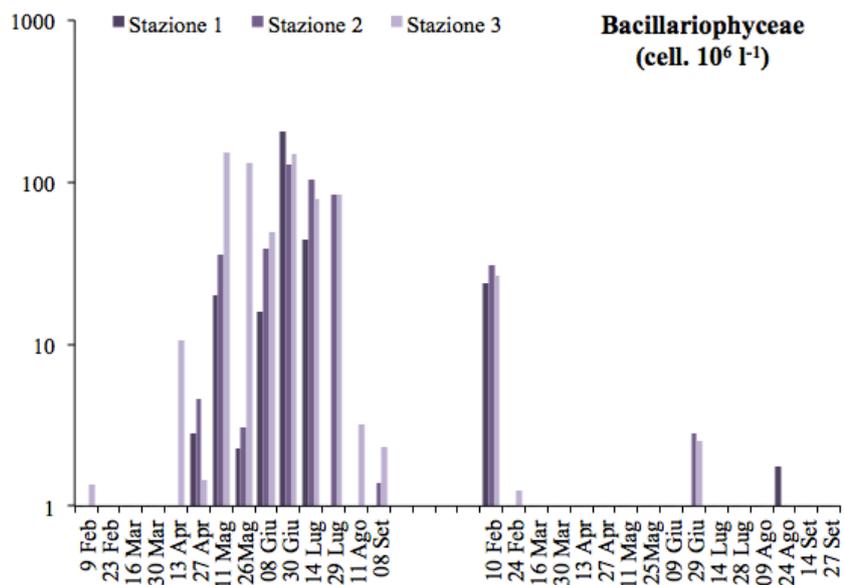


Fig. 19 –Densità delle Bacillariophyceae nei due periodi di studio.

febbraio 2011 ed i valori medi lagunari sono stati nell'ordine di quasi  $27 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>. Durante le altre campagne le densità sono state generalmente al di sotto di  $0,5 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>. In senso spaziale, anche per questa classe, è risultato un gradiente in aumento dalla stazione 1 ( $11 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>), alla stazione 2 ( $15 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>), alla stazione 3 ( $23 \times 10^6$  cell. l<sup>-1</sup>). Tra le specie che hanno espresso le più elevate densità si segnalano sia rappresentanti delle Pennales (genere Pseudonitzschia) che, soprattutto Centrales (generi Thalassiosira, Chaetoceros, Minidiscus, Rhizosolenia setigera e Skeletonema costatum).

Il Nanoplancton (Fig. 20), comprende le forme con dimensioni cellulari tra 2-20  $\mu\text{m}$  per le quali non è stata possibile l'attribuzione ad una gruppo tassonomico certo per l'impossibilità di osservare i necessari caratteri diagnostici. Le densità sono state prevalentemente inferiori a  $10 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ , con una maggiore frequenza di osservazione nel primo ciclo di campionamenti, e nel complesso con un elevato picco l'8 giugno 2010 (con massimo nella stazione 3 di  $229 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ ). Il valore medio lagunare nel complesso dei due cicli di studio è stato di  $7 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ .

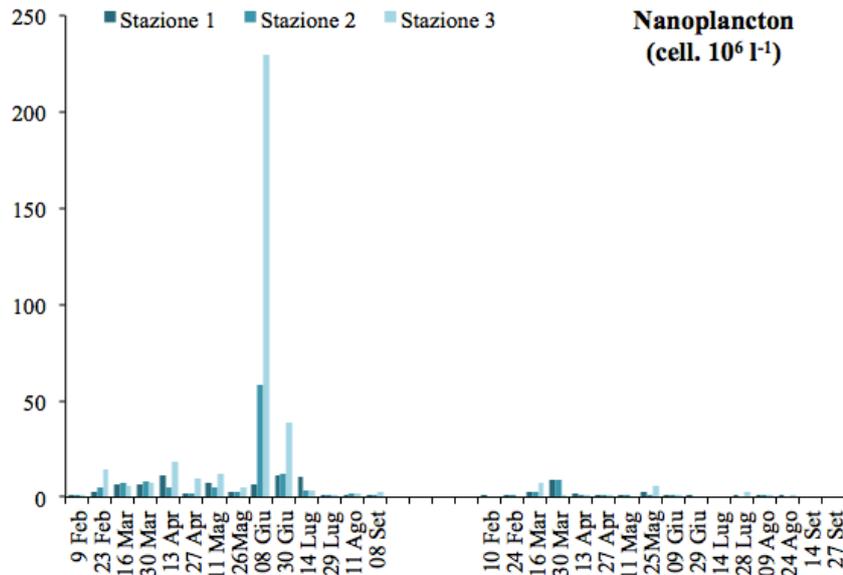


Fig. 20 –Densità del nanoplancton nei due periodi di studio.

Come già accennato si sono avute differenze rilevanti nei due cicli, ben rappresentati dal valore medio  $13 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$  di nel primo ciclo e di appena  $1 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$  nel secondo. Nelle tre stazioni le densità hanno mostrato un tendenziale aumento dalla 1 alla 3, con medie nel periodo rispettivamente di  $3 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ ,  $4 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$  e  $12 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ . Sulla base delle densità medie totali il raggruppamento del Nanoplancton è stato dominante in 3 campagne su 30 (10%).

A seguire, tra le classi maggiormente rappresentate, si hanno le Cryptophyceae (Fig. 21), con densità prevalentemente inferiori a  $5 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$  e con un valore medio lagunare tra i due cicli d'indagine di circa  $4 \times 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ . Anche in questo caso i valori nelle tre stazioni sono aumentati dalla stazione 1 alla 3, anche se con una variazione più attenuata rispetto alle altre classi. Tendenzialmente le densità più elevate si sono avute nella primavera del secondo ciclo di studio, con valori in media attorno a circa  $8 \times$

10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup>, mentre il massimo assoluto è attribuibile alla sola stazione 2 il 24 febbraio 2011 (17 x 10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup>). I valori medi per i due cicli di studio sono in linea con le espressioni dei massimi prima descritti, con densità maggiori nel secondo ciclo (5 x 10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup>) e più basse nel secondo (4 x 10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup>).

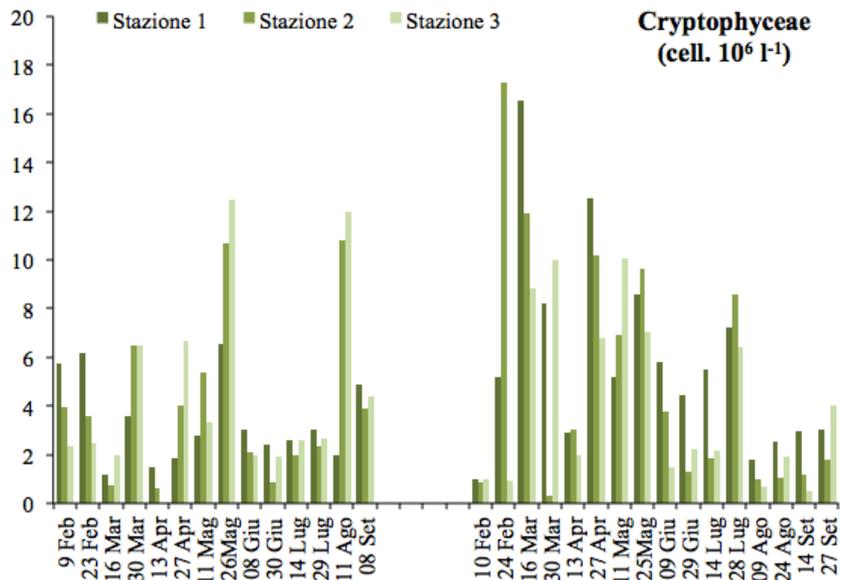


Fig. 21 –Densità del Cryptophyceae nei due periodi di studio.

Nel complesso di tutte le campagne eseguite la classe delle Cryptophyceae è risultata dominante in 5 campagne su 30 (17%). Tra i generi maggiormente rappresentate si sono avuti Rodomonas, Cryptomonas e Pagioselmis. La classe delle Cryptophyceae è risultata dominate in 3 campagne, ovvero per circa l'8% dei controlli.

La classe delle Dinophyceae (Fig. 22), ha mostrato densità in subordinate e meno importanti rispetto alle precedenti classi, con una media lagunare per i due periodi pari a circa 3 x 10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup>. Nel complesso, si è notata una maggiore e prolungata presenza di

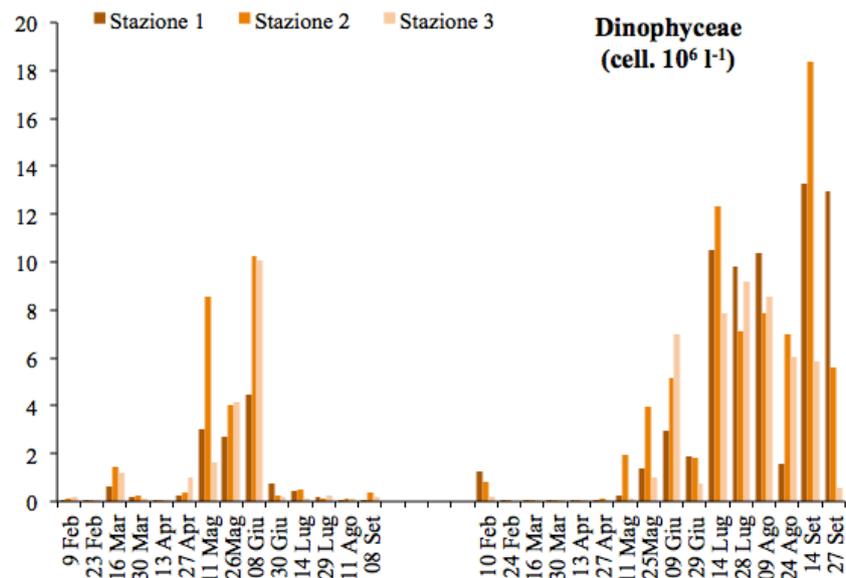


Fig. 22 –Densità del Dinophyceae nei due periodi di studio.

rappresentanti di questa classe nel secondo ciclo di campionamenti, ovvero a partire da maggio 2011 fino alla fine delle osservazioni. Il valore massimo assoluto, pari a  $18 \times 10^6$  cell.  $l^{-1}$ , si è avuto nella stazione 2 il 14 settembre 2011. Durante il primo ciclo di studio invece le densità sono risultate più basse e con il maggior sviluppo nei mesi da maggio a giugno (massimo di  $10 \times 10^6$  cell.  $l^{-1}$  nella stazione 2 l'8 giugno 2010). Il confronto dei valori medi di densità nei due cicli conferma tale diversificazione:  $1 \times 10^6$  cell.  $l^{-1}$  nel primo e  $4 \times 10^6$  cell.  $l^{-1}$  nel secondo. La classe è risultata dominante in una sola campagna (14 luglio 2011). Tra i generi maggiormente importanti si segnalano *Scropsiella*, *Heterocapsa* e le specie *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum micans* e *P. triestinum*.

La classe delle Chlorophyceae (Fig. 23), è risultata presente durante l'intero ciclo di studio ed occasionalmente sono stati registrati dei picchi sporadici, spesso esclusivi di

singole stazioni. La media di densità nella laguna nei due periodi di studio è stata pari a  $1 \times 10^6$  cell.  $l^{-1}$ , mentre il picco massimo assoluto è stato raggiunto nella campagna del 24 febbraio 2011 nella sola stazione 3 ( $41 \times 10^6$  cell.  $l^{-1}$ ). Nel complesso la densità dei valori media

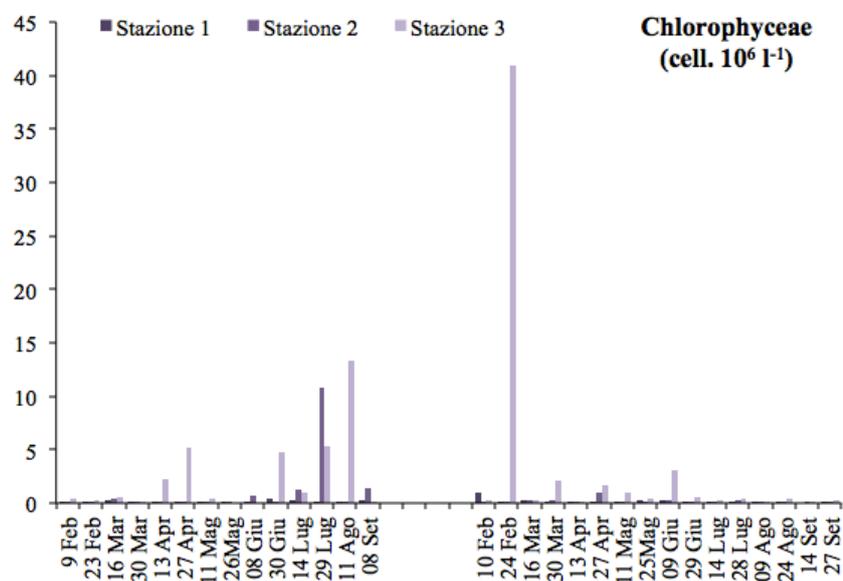


Fig. 23 –Densità del Chlorophyceae nei due periodi di studio.

nei nei due periodi di studio è stata confrontabile ( $1 \times 10^6$  cell.  $l^{-1}$ ). Tra i generi maggiormente rappresentati all'interno di questa classe si segnalano: *Monoraphydium*, *Kirchneriella*, *Carteria*, *Scenedesmus*, *Chlamydomonas* e *Chlorella*.

Le altre classi (Primnesiophyceae, Prasinophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyceae, Conjugatophyceae e Raphidophyceae) hanno mostrato una presenza assai più modesta e sporadica durante il periodo di studio.

Le Bacillariophyceae e le Dinophyceae sono state le classi con il maggior numero di rappresentanti. È stata rilevata la presenza in più campionamenti di specie algali potenzialmente nocive (HAS, Harmful Algal Species), sia per la possibilità di produrre tossine, con azione diretta sugli organismi acquatici o indiretta, attraverso la catena alimentare anche su organismi non acquatici (compreso l'uomo), che per possibilità di sviluppare elevate biomasse provocando danni diretti sugli organismi acquatici, discolorazioni delle acque con ombreggiamento del fondo ed eventi anossici sino all'insorgenza di crisi anossiche/distrofiche. Le HAS individuate sono appartenute ai generi Pseudo-nitzschia e Skeletonema (Bacillariophyceae), Alexandrium, Dinophysis, Gonyaulax, Gymnodinium, Prorocentrum (Dinophyceae), Chrysocromulina (Primnesiophyceae), Tetraselmis (Prasinophyceae), Chattonella (Raphidophyceae) e Aphanizomenon (Cyanobacteri).

#### *Valutazione delle condizioni di stato trofico*

Si riportano di seguito i risultati dell'applicazione dei modelli per la valutazione di stato trofico. Tali modelli derivano da metodologie sviluppate in ambiente lacustre e quindi la loro applicazione al contesto lagunare deve essere valutata con estrema cautela. I punti deboli dell'applicazione sono rappresentati principalmente dalla ridotta profondità della colonna d'acqua, che implica l'assenza di una stabile stratificazione termica, dalla possibilità che il fosforo possa non essere il principale elemento limitante in rapporto agli scambi col sedimento, e dalla elevata salinità. Bisogna altresì specificare che tali valutazioni devono essere effettuate avendo a disposizione un intero ciclo annuale di osservazioni, ovvero che sia rappresentativo dell'intera evoluzione stagionale dei parametri. Nell'ambito di questa relazione si intende riportare una stima orientativa della

trofia che ha lo scopo esclusivamente di una comparazione speditivi delle condizioni di stato trofico tra i due cicli di studio.

Una prima classificazione è stata effettuata con il modello statico proposto da Vollenweider (1982), che si basa sull'attribuzione del sistema ad una determinata classe di trofia in base al valore medio annuale di alcuni parametri (fosforo totale, clorofilla a, disco di Secchi) e dal picco massimo della clorofilla a nella zona fotica. Invece, secondo il modello probabilistico, si attribuisce una percentuale di probabilità di stato trofico sempre attraverso il dato medio dei parametri prima analizzati. Infine, tali risultati sono stati verificati con gli esiti ottenuti per la laguna impiegando le formule proposte da Carlson (1977) per l'indice T.S.I. (Trophic State Index), anche questo basato sul fosforo totale e la clorofilla a.

Considerando i dati del primo ciclo d'indagine, sulla base del modello statico (OECD, Vollenweider, 1982), per la concentrazione media del fosforo totale ( $180,6 \text{ mg P m}^{-3}$ ) e il valore medio della trasparenza (0,8 m), la laguna è classificabile come ipereutrofica. Sulla base della clorofilla a ( $8,9 \text{ mg m}^{-3}$ ) invece la laguna è classificabile come moderatamente eutrofica, mentre in relazione alla concentrazione massima raggiunta ( $50,3 \text{ mg m}^{-3}$ ) la laguna è eutrofica.

Il modello probabilistico (OECD, Vollenweider, 1982) valuta la percentuale di probabilità del sistema di esprimere una delle diverse classi di trofia. Sulla base degli stessi valori quindi il sistema nel primo ciclo di studio è classificabile come segue:

Modello OECD	Valori medi	TP	Chl <i>a</i>	Chl <i>a</i> max	Trasparenza
			180,6	8,9	50,3
	<b>iper-eutrofia</b>	15%	5%	33%	82%
	<b>eutrofia</b>	65%	49%	59%	17%
	<b>mesotrofia</b>	20%	43%	8%	1%
	<b>oligotrofia</b>	0%	3%	0%	0%
	<b>ultraoligotrofia</b>	0%	0%	0%	0%

In questa sintesi il sistema ha una maggiore probabilità del 48% di trovarsi in una condizione di eutrofia, segue l'ipereutrofia per il 34%, la mesotrofia per il 18% e l'oligotrofia per l'1%.

Nel secondo ciclo d'indagine il modello statico evidenzia come, per la concentrazione media del fosforo totale (193,2 mg P m<sup>-3</sup>), per il valore medio della trasparenza (0,8 m), per la concentrazione massima della clorofilla *a* raggiunta (92 mg m<sup>-3</sup>), la laguna è classificabile come ipereutrofica. Solo sulla base della clorofilla *a* media (17,1 mg m<sup>-3</sup>) invece la laguna è classificabile come eutrofia.

Secondo il modello probabilistico il sistema nel secondo ciclo di studio esprime le seguenti probabilità:

Modello OECD	Valori medi	TP	Chl <i>a</i>	Chl <i>a</i> max	Trasparenza
			193,2	17,1	92 mg m <sup>-3</sup>
	<b>iper-eutrofia</b>	20%	22%	51%	83%
	<b>eutrofia</b>	65%	64%	47%	17%
	<b>mesotrofia</b>	15%	14%	2%	0%
	<b>oligotrofia</b>	0%	0%	0%	0%
	<b>ultraoligotrofia</b>	0%	0%	0%	0%

In questa sintesi il sistema ha una probabilità di manifestare ipereutrofia per il 44%, eutrofia per il 48%, mesotrofia per l'8%.

In sintesi, entrambe le metodologie di valutazione definiscono il sistema come fortemente eutrofico-ipereutrofico; questo in relazione ai soli valori di clorofilla *a* e fosforo totale, in quanto l'uso della trasparenza appare particolarmente critico perché, per la bassa profondità della laguna, possono contribuire ampiamente alla torbidità (e quindi alla scarsa trasparenza) i materiali ri-sospesi, riducendo la dipendenza della trasparenza dalla densità del fitoplancton. Il confronto dei risultati tra i due cicli di studio evidenzia un lieve peggioramento delle condizioni nel secondo ciclo.

Utilizzando il T.S.I. (Carlson, 1977), anche questo sviluppato per ambienti lacustri, le valutazioni non cambiano di molto. L'indice è basato sull'utilizzo, anche in questo caso, dei valori medi annuali di fosforo, clorofilla a e trasparenza. Sulla base del modello e dei valori medi dei diversi descrittori il sistema in entrambi i cicli di studio risulta così classificato: ipereutrofico per la concentrazione di fosforo totale ed eutrofico per la concentrazione di clorofilla a e per la trasparenza.

I tre parametri di misura non coincidono perfettamente per diversi motivi pur descrivendo tutti una situazione di eutrofia. La valutazione ricalca comunque quella precedentemente espressa dai modelli OECD, in questo senso quindi esiste una uniformità nella classificazione che cautelativamente può essere ritenuta accettabile.

### *Sintesi dei risultati*

- l'osservazione nei due periodi di controllo ha indicato un andamento spaziale per la maggior parte delle variabili, sia abiotiche che biotiche, caratterizzato dalla presenza di gradienti dalla stazione 1, quella più vicina alla bocca al mare, alla stazione 3, quella più prossima all'area di maggior apporto delle acque dolci,
- nella stazione 3 sono state rilevate le maggiori concentrazioni di nutrienti (fosforo, azoto, silice reattiva) ed il maggior sviluppo del fitoplancton, con una composizione in specie ed un andamento stagionale differente rispetto alle altre stazioni in entrambi i periodi di campionamento,
- la disponibilità di nutrienti vegetali (fosforo ed azoto) è risultata complessivamente elevata, tipica di ambiente eutrofici, e simile nei due periodi di controllo (febbraio-settembre 2010: 181 mg P m<sup>-3</sup> per il fosforo totale, 112 mg N m<sup>-3</sup> per il DIN; febbraio-settembre 2011: 193 mg P m<sup>-3</sup> per il fosforo totale, 93 mg N m<sup>-3</sup> per il DIN),
- le maggiori concentrazioni sono probabilmente incentrate nel periodo autunno-invernale, a testimonianza dell'importanza di un raccolta dati comprendente almeno un intero ciclo annuale, per meglio definire il quadro delle dinamiche stagionali del sito di studio,

- l'andamento della disponibilità dei nutrienti ha evidenziato una chiara stagionalità, con le maggiori concentrazioni nei primi mesi dei cicli di studio, un progressivo calo, per il probabile consumo da parte dei vegetali sia planctonici che bentonici, sino a giugno, e concentrazioni basse nei mesi successivi,
- alla notevole disponibilità di nutrienti ha corrisposto uno sviluppo del fitoplancton elevato, espresso sia dalla clorofilla a che dalla densità cellulare (medie lagunari nell'intero periodo di monitoraggio di 13,1 mg m<sup>-3</sup> per la clorofilla a e 66 x 10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup> per la densità totale),
- le medie lagunari dei due descrittori del fitoplancton sono risultate però piuttosto diverse nei due periodi (febbraio-settembre 2010: 8,9 mg m<sup>-3</sup> per la clorofilla a e 109 x 10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup> per la densità totale; febbraio-settembre 2011: 18,1 mg m<sup>-3</sup> per la clorofilla a e 26 x 10<sup>6</sup> cell. l<sup>-1</sup> per la densità totale) e con tendenze contrarie (incremento della clorofilla a, riduzione della densità), dovute sia alla diversa dinamica stagionale che alla diversa composizione del fitoplancton, a loro volta strettamente connesse tra di loro,
- infatti, mentre nel periodo febbraio-settembre 2010 i picchi massimi della clorofilla a erano stati primaverili, nel periodo febbraio-settembre 2011 sono stati autunnali e nettamente maggiori; è stato inoltre possibile osservare anche una fase d'intenso sviluppo nei mesi invernali tra il 2010 ed il 2011,
- per la densità totale, la stagionalità dei picchi è stata in entrambi i periodi estiva ma con una crescita molto più intensa nel primo; è stato inoltre possibile osservare anche una fase di moderato sviluppo nelle prime campagne del secondo ciclo (febbraio 2011),
- per quanto riguarda la composizione, nel primo periodo, i gruppi dominanti sono stati le Bacillariophyceae, le Cyanophyceae ed il Nanoplancton e, nel complesso, il fitoplancton è stato caratterizzato dalla presenza prevalente di specie con dimensioni cellulari ridotte (<5 µm); nel secondo periodo, accanto alle classi prima riportate, le cui abbondanze sono state però nel complesso minori, si sono affermate anche altre

classi, in particolare le Dinophyceae, Cryptophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae e Prasinophyceae, con specie caratterizzate da maggiori taglie cellulari,

- sembra esserci una forte influenza della salinità nell'espressione delle dominanze degli assemblaggi algali. In particolare le due classi principali delle Cyanophyceae e delle Bacillariophyceae sembrano esprimere i propri massimi in corrispondenza dei ribassi della salinità (aprile e giugno 2010).
- è stata confermata, nell'intero periodo di studio, la presenza di specie potenzialmente nocive nell'ambito del fitoplancton.

In conclusione, il quadro ottenuto dall'insieme dei dati raccolti ha definito il quadro di una laguna caratterizzata da un'elevata trofia, definita dall'abbondante disponibilità di nutrienti vegetali (sia composti del fosforo che dell'azoto) e dal conseguente rilevante sviluppo del fitoplancton. È stata riscontrata una notevole eterogeneità spaziale, con le maggiori concentrazioni dei nutrienti nella stazione 3, prossima all'ingresso del principale apporto di acque dolci dal sistema del Pauli Pirastru, a testimonianza dell'importanza degli apporti territoriali per la laguna. L'importanza è stata indicata anche dalla stagionalità della dinamica dei nutrienti, con i supposti maggiori input nel periodo di maggior di maggior piovosità e dilavamento del bacino. D'altra parte la situazione trofica non ha mostrato nessuna particolare differenza tra i due cicli di campionamenti (febbraio-settembre 2010 e febbraio-settembre 2011), ad indicazione di nessuna sensibile variazione conseguente all'eventuale modifica nell'approccio gestionale a livello di bacino imbrifero. Per alcune variabili, in particolare per lo sviluppo del fitoplancton in termini di clorofilla a, il secondo ciclo ha addirittura indicato un peggioramento. Diverse motivazioni possono aiutare ad interpretare questa situazione e tra queste, la difficoltà, in assenza di un quadro conoscitivo adeguatamente dettagliato, nel comprendere quanto delle variazioni riscontrate siano riconducibili alla naturale variabilità interannuale della laguna o siano imputabili agli eventuali interventi attuati. Un altro aspetto non secondario può il livello di resistenza e la resilienza del

sistema, capaci di determinare un ritardo notevole nelle risposte e un assestamento di queste su livelli differenti da quelli attesi nel breve periodo.

Al fine di verificare e evidenziare la presenza di differenze significative nei due periodi omogenei indagati (febbraio-settembre 2010 e febbraio-settembre 2011) nell'espressione dei diversi parametri ambientali e della componente biotica (fitoplancton e clorofilla a), è stata condotta un'analisi statistica multivariata (nMDS). Per questa analisi sono state costruite due distinte matrici di similarità, ottenute prendendo in esame i dati mediati delle tre stazioni per ogni singola campagna nelle due annate a confronto.

La prima matrice riguarda i parametri ambientali. La base di dati analizzata è composta da un set di 12 parametri (temperatura, pH, salinità, ossigeno disciolto, alcalinità, fosforo reattivo, fosforo totale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto ammoniacale, azoto totale, silice reattiva). La risultante matrice di similarità è stata costruita sulla distanza euclidea e trasformata radice quadrata in modo da eliminare l'influenza dovuta a differenti unità di misura. La seconda matrice riguarda i parametri biotici (componente fitoplanctonica). La base di dati analizzati è composta da 14 parametri corrispondenti alle densità delle diverse classi algali individuate (Chlorophyceae, Chrysophyceae, Conjugatophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae, Rhaphidophyceae, "Altre" e Nanoplancton) e dalla concentrazione di clorofilla a. Per questi dati la matrice di similarità è stata costruita sulla misura di similarità di Bray-Curtis e trasformata  $\log x+1$ . La significatività per entrambe le matrici di similarità delle eventuali differenze nelle due annate di studio è stata verificata utilizzando il test di randomizzazione e permutazione a una via ANOSIM; con questo tipo di test una percentuale inferiore al 3% è ritenuta significativa (Clarke e Warwick, 2001).

Nelle due matrici di dati abiotici e biotici è stata ulteriormente elaborata un'analisi di similarità percentuale (SIMPER test) per determinare il contributo percentuale dei parametri che maggiormente hanno determinato le differenze (Clarke e Warwick, 2001). Considerando i dati ambientali nel loro complesso, l'ordinamento nMDS evidenzia che non vi è una differenza significativa tra le due annate (Fig. 24), mentre l'analisi condotta sulla matrice ottenuta dai parametri biotici, ovvero delle classi fitoplanctoniche e della

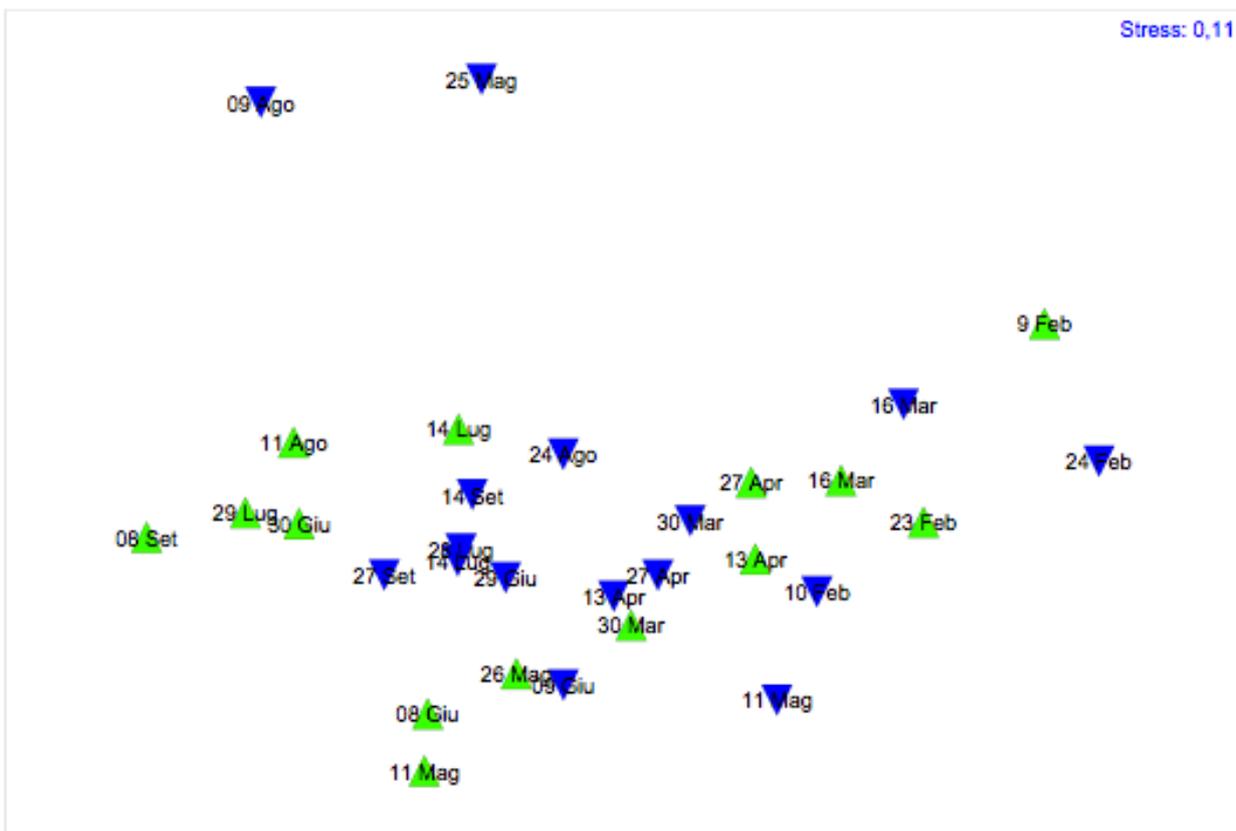


Fig. 24 - Ordinamento nMDS dei parametri ambientali (▲ prima annata ▼ seconda annata).

clorofilla *a* (Fig. 25), evidenzia una certa segregazione dei dati relativi alla seconda annata, anche se si riscontrano evidenti elementi di sovrapposizione con la prima.

I test statistici effettuati a conferma delle ipotesi di partenza espresse dall'analisi nMDS, sono risultati non significativi per i parametri ambientali (test ANOSIM: Global R=0,022

p=25,9%), e significativi anche se con un valore modesto per i parametri biotici (test ANOSIM: Global R=0,212 p=0,2%).

L'ulteriore analisi statistica (SIMPER) per identificare i parametri ambientali e le classi

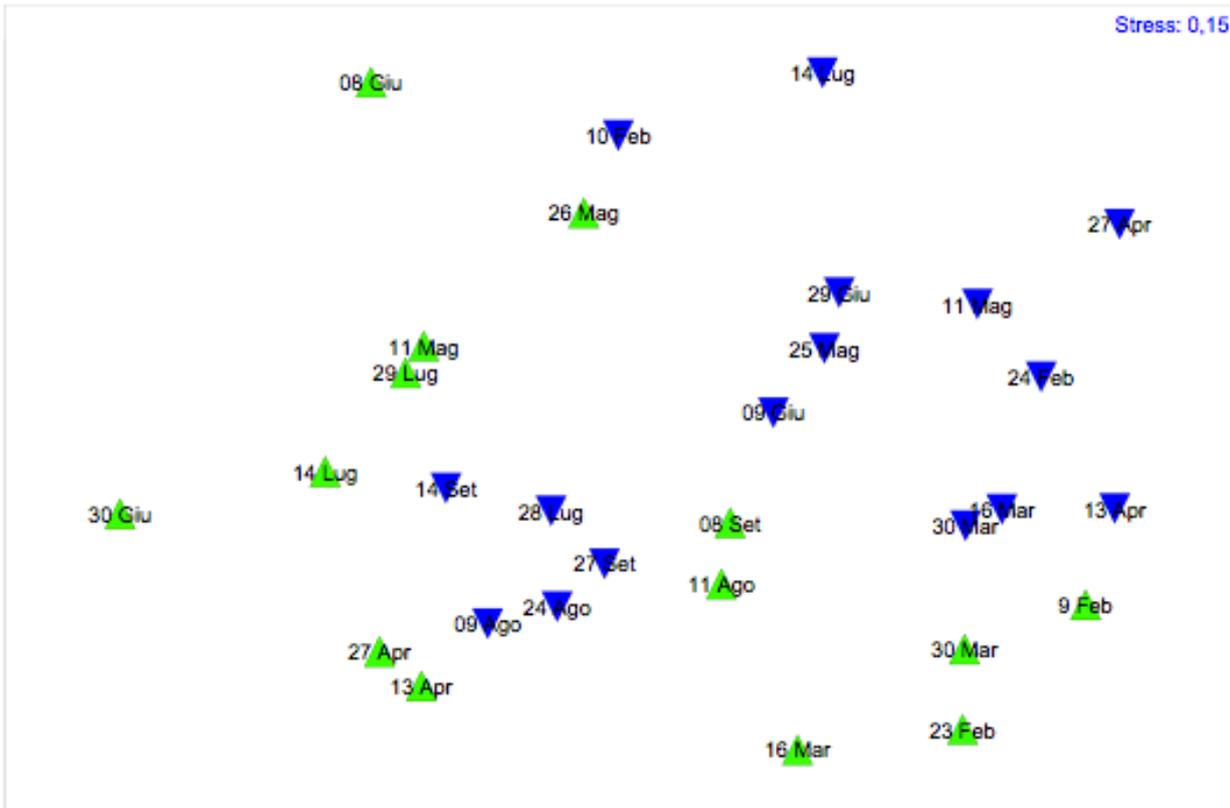


Fig. 25 - Ordinamento nMDS dei parametri biotici (▲ prima annata ▼ seconda annata).

algali che maggiormente hanno contribuito a determinare le differenze tra i due periodi omogenei d'indagine indica che le differenze tra i periodi sono più significative considerando la matrice dei parametri biotici (Average dissimilarity = 45,74), mentre più contenute sono risultate considerando i parametri ambientali (Average dissimilarity = 10,60).

Nello specifico, tra i parametri ambientali della tabella seguente che riporta i risultati SIMPER relativi ai parametri ambientali che maggiormente hanno contribuito alle differenze tra le annate (cut off = 70%), i nutrienti nelle forme inorganiche del fosforo e

dell'azoto) hanno contribuito maggiormente alle differenze. In particolare il fosforo reattivo ha contribuito per oltre il 19% alle differenze, seguito dall'azoto nitrico (oltre il

Parameter	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Fosforo reattivo	63,99	63,40	2,19	1,37	20,65	20,65
Azoto nitrico	78,45	65,64	1,91	1,46	18,05	38,70
Azoto nitroso	11,12	10,67	1,58	1,35	14,92	53,62
Azoto ammoniacale	28,45	16,79	1,45	1,42	13,66	67,28
Ossigeno disciolto	64,12	62,72	1,07	0,58	10,13	77,41

18%), dall'azoto nitroso, ammoniacale ed dall'ossigeno disciolto.

Tra i parametri biotici della tabella seguente che riporta i risultati SIMPER relativi ai parametri biotici che maggiormente hanno contribuito alle differenze tra le annate (cut off = 70%) e che maggiormente hanno determinato le differenze, il maggior contributo è

Parameter	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Cyanophyceae	53,05	19,16	11,12	1,20	24,31	24,31
Bacillariophyceae	32,45	3,08	8,52	1,13	18,63	42,93
Nanoplancton	12,74	2,08	5,16	1,05	11,29	54,23
Chlorophyll <i>a</i>	8,92	17,08	4,88	1,28	10,66	64,89
"Altre"	3,72	3,58	3,44	1,02	7,51	72,40

stato ovviamente attribuibile alle Cyanophyceae (per oltre il 24% della dissimilarità), seguite dalle Bacillariophyceae (18%), Nanoplancton, clorofilla *a* (come espressione della variazione della biomassa delle specie) e dalle specie indeterminate raggruppate tra le "Altre" con percentuali di contributo inferiori al 12%.

In sintesi la differenza tra i due anni risiede principalmente sui contenuti e dinamica del fosforo reattivo e delle Cianophyceae in un link che porta direttamente non solo alle quantità ma anche alle modalità ed alle proporzioni fosforo totale/fosforo reattivo di riversamento territoriale.

## Sedimenti superficiali

Sono stati fatti due campionamenti, il primo nel periodo autunnale (3° campionamento: ottobre 2010) ed il secondo nel periodo invernale (4° campionamento: febbraio 2011). Questa tempistica è consequenziale stagionalmente a quella della fase 4.4 quando i campionamenti sono stati effettuati in primavera ed estate. Metodiche di campionamento e di analisi sono le stesse già riportate nella relazione della fase 4.4.

### Risultati

Nelle Tabelle 1A,B, 2, e 3 sono riportati i valori dell'azoto, del fosforo e del carbonio

Tabella 1A- Analisi Fisico-Meccanica dei sedimenti

1° campionamento	Sabbia Grossa	Sabbia Fine	SG + SF	Argilla	Limo	Classificazione USDA
Primavera	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Aa	70,46	25,73	96,20	0,54	3,26	Sabbioso
Ab	86,39	11,76	98,15	1,82	0,03	Sabbioso
Ac	37,77	26,42	64,19	23,30	12,51	Franco Sabbioso Argilloso
Ba	60,03	32,07	92,10	4,53	3,37	Sabbioso
Bb	63,96	25,24	89,20	8,65	2,15	Sabbioso Franco
Bc	56,88	32,78	89,66	7,61	2,73	Sabbioso Franco
Ca	93,20	2,19	95,39	4,54	0,07	Sabbioso
Cb	77,46	18,74	96,20	3,15	0,65	Sabbioso
Cc	46,12	36,53	82,65	12,48	4,87	Sabbioso Franco
2° campionamento	Sabbia Grossa	Sabbia Fine	SG + SF	Argilla	Limo	Classificazione USDA
Estate	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Aa	70,83	23,03	93,86	1,49	4,64	Sabbioso
Ab	84,37	12,21	96,59	2,44	0,98	Sabbioso
Ac	32,55	29,45	62,00	18,67	19,33	Franco Sabbioso Argilloso
Ba	55,38	36,48	91,86	6,55	1,59	Sabbioso
Bb	70,49	18,76	89,24	8,00	2,75	Sabbioso Franco
Bc	60,92	28,45	89,36	7,42	3,22	Sabbioso Franco
Ca	91,64	2,08	93,72	5,09	1,19	Sabbioso
Cb	82,25	14,30	96,55	2,34	1,11	Sabbioso
Cc	52,65	30,87	83,52	10,47	6,01	Sabbioso Franco

totale, del pH, della CE e quelli relativi alla tessitura dei sedimenti prelevati in due

differenti periodi dell'anno, rispettivamente in autunno (3° campionamento) ed in inverno (4° campionamento) insieme a quelli del primo ciclo.

L'analisi granulometrica, come nelle determinazioni precedenti (campionamento primaverile ed estivo) ha evidenziato la sabbia grossa come componente predominante dei sedimenti in tutte le stazioni (Tabella 1B). In particolare, in base alla classificazione ufficiale USDA (Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti), i sedimenti delle stazioni

Tabella 1B - Analisi Fisico-Meccanica dei sedimenti

3° campionamento Autunno	Sabbia Grossa (%)	Sabbia Fine (%)	SG + SF (%)	Argilla (%)	Limo (%)	Classificazione USDA
Aa	68,76	27,24	96,00	0,62	3,38	Sabbioso
Ab	88,45	9,82	98,27	1,41	0,32	Sabbioso
Ac	40,10	28,71	68,81	20,81	10,38	Franco Sabbioso Argilloso
Ba	57,91	32,26	90,17	5,10	6,82	Sabbioso
Bb	65,03	22,35	87,38	9,96	2,64	Sabbioso Franco
Bc	54,26	30,47	84,73	8,36	6,91	Sabbioso Franco
Ca	90,88	5,51	96,39	5,71	1,83	Sabbioso
Cb	79,82	16,57	96,39	4,82	1,27	Sabbioso
Cc	44,71	35,72	80,43	13,98	5,59	Sabbioso Franco
4° campionamento Inverno	Sabbia Grossa (%)	Sabbia Fine (%)	SG + SF (%)	Argilla (%)	Limo (%)	Classificazione USDA
Aa	72,51	21,91	94,42	2,57	3,02	Sabbioso
Ab	83,55	12,15	95,70	1,87	0,95	Sabbioso
Ac	35,28	31,48	66,76	21,76	21,19	Franco Sabbioso Argilloso
Ba	57,38	34,48	91,86	5,95	2,19	Sabbioso
Bb	70,92	18,45	89,37	8,46	3,48	Sabbioso Franco
Bc	58,25	30,87	89,12	8,64	3,25	Sabbioso Franco
Ca	88,64	5,08	93,72	4,09	2,19	Sabbioso
Cb	77,65	19,87	97,52	4,54	1,32	Sabbioso
Cc	49,26	33,45	83,52	11,72	5,62	Sabbioso Franco

Aa, Ab, Ca e Cb, costituiti da più del 60% di sabbia grossa possono essere classificati come sedimenti "Sabbiosi"; i sedimenti delle stazioni Bb, Bc e Cc come "Sabbioso-Franchi", mentre quelli della stazione Ac come "Franco-Sabbioso-Argilloso". Dal confronto dei dati relativi all'analisi granulometrica si può affermare che nel lasso di tempo intercorso tra i due campionamenti non vi è stata alcuna significativa variazione

nella composizione granulometrica dei sedimenti. Anche rispetto ai campionamenti condotti in primavera ed estate non sono state rilevate variazioni significative (Tabella 1A).

Il pH dei sedimenti prelevati nel periodo autunnale ed invernale è risultato fortemente alcalino in tutte le stazioni. In generale si osserva una riduzione del valore del pH rispetto al campionamento condotto nel periodo estivo (2° campionamento). Inoltre nel periodo invernale (4° campionamento) in tutte le stazioni, è visibile una riduzione del pH rispetto al campionamento autunnale, che può essere attribuito principalmente a fenomeni di natura biologica, in particolare alla minore attività fotosintetica del fitoplancton e delle macrofite.

L'analisi dei sedimenti rivela contenuti di carbonio organico totale (TOC) bassi in tutte le stazioni e compresi tra l'1,15% (4° campionamento, Stazione Ab) ed il 5,32% (3° campionamento, Stazione Ac) (Tabella 2). La variazione del TOC tra i due campionamenti non è uniforme, infatti in qualche stazione si osserva un aumento del TOC nel campionamento invernale, in altre una riduzione. Analogamente la variazione complessiva del TOC tra i quattro campionamenti non è omogenea, né nell'ambito delle singole stazioni, né nel corso dei diversi campionamenti. In ogni caso il contenuto di carbonio organico nelle diverse stazioni sembra essere direttamente correlato con la tessitura dei sedimenti. È infatti possibile osservare come il contenuto più elevato di TOC sia stato rilevato, nei campioni prelevati sia in autunno che in inverno nella stazione Ac, che presenta la maggiore percentuale di argilla. Tali risultati sono in linea con quelli ottenuti nei campionamenti primaverili ed estivi. I colloidi inorganici possono stabilire con la componente organica interazioni di tipo chimico e/o fisico tali da rallentare il processo di mineralizzazione della sostanza organica stessa. Inoltre, la combinazione delle componenti organiche ed inorganiche concorre nella stabilizzazione della struttura del sedimento incrementandone la capacità a trattenere l'azoto e il fosforo, in particolare le forme inorganiche.

Il tenore di azoto e fosforo nei sedimenti estratti nelle due fasi di campionamento è tale da costituire un basso carico di questi nutrienti nei sedimenti stessi (Tabella 3). Tuttavia

Tabella 2 - Caratteristiche chimiche dei sedimenti.

Campionamenti	pH <sub>H2O</sub>		Conducibilità Elettrica (mS cm <sup>-1</sup> )		Carbonio organico totale (% s.s.)	
	Primavera (1° camp.)	Estate (2° camp.)	Primavera (1° camp.)	Estate (2° camp.)	Primavera (1° camp.)	Estate (2° camp.)
Aa	8,31	8,92	7,39	3,12	2,42	2,19
Ab	8,45	9,02	5,75	4,85	1,05	1,96
Ac	7,77	8,13	57,6	27,5	13,74	7,92
Ba	8,43	9,01	11,37	5,88	3,11	3,24
Bb	8,12	8,93	20,44	5,65	5,78	3,16
Bc	8,12	8,88	23,12	6,12	5,99	3,16
Ca	8,58	8,93	9,05	6,95	2,46	4,02
Cb	8,57	8,48	5,52	19,5	1,26	3,49
Cc	8,10	8,73	32,82	6,85	7,48	6,84

Campionamenti	pH <sub>H2O</sub>		Conducibilità Elettrica (mS cm <sup>-1</sup> )		Carbonio organico totale (% s.s.)	
	Autunno (3° camp.)	Inverno (4° camp.)	Autunno (3° camp.)	Inverno (4° camp.)	Autunno (3° camp.)	Inverno (4° camp.)
Aa	8,79	8,70	8,54	4,82	1,38	2,54
Ab	8,80	8,73	8,20	2,78	2,47	1,15
Ac	8,11	8,08	7,08	1,98	5,32	4,94
Ba	8,84	8,54	11,65	7,79	3,01	3,55
Bb	8,94	8,61	6,94	4,96	2,65	2,42
Bc	8,77	8,58	5,95	5,36	1,54	2,48
Ca	8,75	8,61	12,56	5,59	3,52	4,18
Cb	8,58	8,35	21,14	15,77	2,89	3,11
Cc	8,79	8,62	20,79	2,68	4,38	4,80

i campioni Ac e Cc contengono una maggiore quantità di azoto e fosforo rispetto a quelli delle altre stazioni. Ciò può essere correlato, come già accennato, al più alto contenuto di TOC e di granulometria fine (in particolare di argilla) in questi due sedimenti. La variazione nella quantità di azoto totale non è uniforme nei campioni prelevati nel periodo autunnale ed invernale.

Nei campionamenti autunnali ed invernali non si osservano significative variazioni del contenuto di fosforo totale. I più elevati valori di fosforo totale nei sedimenti campionati

nel periodo autunnale ed invernale (3° e 4° campionamento rispettivamente, Tabella 3), rispetto al campionamento primaverile (1° campionamento) possono essere attribuiti ai

Tabella 3 - Contenuti di fosforo ed azoto nei sedimenti

Campionamenti	Azoto totale (mg·g <sup>-1</sup> s.s.)		Fosforo totale (mg·g <sup>-1</sup> s.s.)		Rapporto N/P	
	Primavera (1° camp.)	Estate (2° camp.)	Primavera (1° camp.)	Estate (2° camp.)	Primavera (1° camp.)	Estate (2° camp.)
Aa	0,448	0,476	0,064	0,152	7,00	3,13
Ab	0,182	0,336	0,052	0,108	3,50	3,11
Ac	4,284	2,884	0,615	0,728	6,97	3,96
Ba	0,798	0,420	0,144	0,271	5,54	1,55
Bb	1,512	0,448	0,254	0,170	5,95	2,64
Bc	1,176	0,336	0,218	0,139	5,39	2,42
Ca	0,196	0,252	0,043	0,207	4,56	1,22
Cb	0,214	1,092	0,056	0,331	3,82	3,30
Cc	2,534	0,476	0,296	0,728	8,56	0,65

Campionamenti	Azoto totale (mg·g <sup>-1</sup> s.s.)		Fosforo totale (mg·g <sup>-1</sup> s.s.)		Rapporto N/P	
	Autunno (3° camp.)	Inverno (4° camp.)	Autunno (3° camp.)	Inverno (4° camp.)	Autunno (3° camp.)	Inverno (4° camp.)
Aa	0,379	0,438	0,075	0,112	5,05	3,91
Ab	0,451	0,319	0,097	0,069	4,65	4,62
Ac	2,319	2,268	0,485	0,412	4,78	5,50
Ba	0,467	0,795	0,166	0,162	2,81	4,91
Bb	0,336	0,478	0,102	0,146	3,29	3,27
Bc	0,371	0,393	0,108	0,103	3,44	3,82
Ca	0,632	0,513	0,186	0,169	3,40	3,04
Cb	0,735	0,932	0,264	0,306	2,78	3,05
Cc	1,320	1,288	0,329	0,307	4,01	4,20

più elevati valori di pH, che hanno promosso la precipitazione del fosforo con la calcite (CaCO<sub>3</sub>), con la conseguente formazione di idrossiapatite insolubile. Al contrario si osserva una riduzione nel tenore di fosforo rispetto al campionamento condotto in estate (2° campionamento).

Il rapporto N/P totale in tutti i campionamenti non è mai superiore a 9 (Tabella 3). Tali rapporti così bassi possono essere spiegati dal fatto che il fosforo, che ha una mobilità inferiore rispetto all'azoto, tende ad essere maggiormente trattenuto nei sedimenti come fosforo precipitato e/o adsorbito dalle componenti colloidali.

## Sintesi

L'analisi granulometrica, effettuata nelle due fasi della ricerca, non evidenzia significative variazioni nella tessitura dei sedimenti essendo la sabbia grossa la componente più rappresentata. In particolare, i campioni relativi alla stazione Ac, indipendentemente dal periodo stagionale, presentano, rispetto agli altri campioni, una più alta percentuale di argilla e possono essere classificati come "Franco-Sabbiosi-Argillosi"

Il pH dei sedimenti in tutti e quattro i campionamenti si attesta su valori compresi tra debolmente e fortemente alcalino. Nei campioni prelevati nel periodo autunno-inverno si osserva una riduzione del valore del pH rispetto al campionamento condotto nel periodo estivo (2° campionamento), ma un aumento rispetto al campionamento primaverile (3° campionamento) che presenta in quasi tutte le stazioni (ad eccezione della stazione Cb) i più bassi valori di pH.

Risulta un basso tenore di carbonio organico totale (TOC), compreso tra il 13,74% s.s. nella stazione Ac (campionamento primaverile) ed l'1,05% s.s. nella stazione Ab (campionamento primaverile). La variazione complessiva del TOC tra i quattro campionamenti non è omogenea, né nell'ambito delle singole stazioni, né nel corso dei diversi campionamenti. In ogni caso il contenuto di carbonio organico nelle diverse stazioni sembra essere direttamente correlato con la tessitura dei sedimenti. Il più elevato valore di TOC si registra nel sedimento della stazione Ac prelevato nel periodo primaverile (13,74% s.s.).

I sedimenti delle stazioni Ac e Cc, indipendentemente dal periodo di prelievo, contengono la maggiore quantità di azoto totale. Ciò può essere correlato, come già accennato, al più alto contenuto di TOC e alla granulometria fine che caratterizza questi due sedimenti. La variazione nella quantità di azoto totale tra i quattro campionamenti non è omogenea, né nell'ambito delle singole stazioni, né nel corso dei diversi

campionamenti. Il più elevato valore di azoto totale si registra nel sedimento della stazione Ac prelevato nel periodo primaverile (4,284 mg·g<sup>-1</sup> s.s.).

I sedimenti delle stazioni Ac e Cc contengono la maggiore quantità di fosforo totale indipendentemente dal periodo di prelievo. Nei campioni prelevati in autunno ed inverno, la concentrazione di fosforo totale è, in generale, superiore rispetto al campionamento primaverile (1° campionamento). Solo nelle stazioni Ac, Bb e Bc la quantità di fosforo totale è più elevata nel periodo primaverile. Al contrario, la concentrazione di fosforo nei campioni prelevati, da tutte le stazioni, nel periodo autunno-inverno è più bassa rispetto al campionamento estivo, che presenta in generale i valori di fosforo totale più elevati. In particolare, il più elevato valore di P totale si registra nei sedimenti delle stazioni Ac e Cc (0,728 mg·g<sup>-1</sup> s.s.).

Nel complesso il fosforo e l'azoto sono presenti nei sedimenti in quantità limitate senza specifiche dinamiche. Si deve quindi presumere che il rifornimento nutrizionale dai sedimenti sia alquanto modesto ed influente per la produttività della laguna e che pertanto il rifornimento che genera le elevate disponibilità nutrizionali sia del tutto esterno e derivante dal bacino idrografico.

## Fitobenthos

Il fitobenthos rappresenta spesso nelle lagune una componente autotrofica di grande rilevanza per la produttività primaria: la sua caratterizzazione è quindi di importanza rilevante per definire lo stato ambientale e produttivo di ogni laguna.

La campagna di acquisizione dati è stata effettuata dal febbraio al settembre 2011.

Campionamento e metodiche sono le stesse già riportate nella relazione di cui all'azione 4.4.

### *Risultati*

I risultati vengono presentati e discussi sia per il ciclo 2010 che per il ciclo 2011. Essi sono diversificati come cadenza e numerosità dei campionamenti in quanto, per capire meglio lo stato della laguna, ed essendo il fitobenthos una componente produttiva determinante, nel secondo ciclo si è intensificato lo sforzo dell'indagine ancorchè con il medesimo budget del ciclo precedente.

### 2010

In questo periodo, come già descritto nella relazione dell'azione 4.4, sono state individuate cinque taxa macrofitobentoniche: *Ulva rigida*, *Ulva* sp., *Chaetomorpha mediterranea*, *Cladophora* sp. e la fanerogama *Cymodocea nodosa*. I dati sono riportati nella Tabella 4.

La presenza di *Ulva rigida* è stata registrata solamente nel mese di maggio per le stazioni 1 e 3, nelle retinate profonde, con biomassa rispettivamente di 23,35 g dw m<sup>-2</sup> e 55,42 dw m<sup>-2</sup>, le retinate superficiali non hanno riportato alcuna specie. Nella stazione 2 non è stata registrata alcuna presenza di specie fitobentoniche.

Un'altra presenza di una specie del genere *Ulva*, non meglio identificata per via del campione in frammenti, è stata riportata nel successivo campionamento del mese di luglio per la stazione n. 1 nel comparto profondo con una biomassa di 0,15 g dw m<sup>-2</sup>.

Nel mese di settembre sono stati individuati, nelle retinate profonde della stazione n. 1, frammenti di *Ulva* sp. per i quali, vista la massa esigua, non è stato possibile verificare il peso e la specie.

Tabella 4 - Valori di biomassa rilevati nel 2010 per le quattro specie più importanti.

<i>Ulva rigida</i> (g dw m <sup>-2</sup> )												
	Maggio			Luglio			Settembre			Ottobre		
	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3
	Profonda	23,35	0,00	55,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Superficiale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<i>Ulva</i> sp. (g dw m <sup>-2</sup> )												
	Maggio			Luglio			Settembre			Ottobre		
	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3
	Profonde	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<i>Cladophora</i> sp. (g dw m <sup>-2</sup> )												
	Maggio			Luglio			Settembre			Ottobre		
	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3
	Profonda	0,00	0,00	0,00	56,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Superficiale	0,00	0,00	0,00	6,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<i>Cymodocea nodosa</i> (g dw m <sup>-2</sup> )												
	Maggio			Luglio			Settembre			Ottobre		
	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3	st1	st2	st3
	Profonda	0,00	0,00	0,00	6,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Superficiale	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La specie *Chaetomorpha mediterranea* è stata registrata in tracce nel mese di settembre nelle retinate profonde della stazione n. 1; nel mese di ottobre alcuni frammenti di *C. mediterranea* sono stati registrati nel detrito presente nelle retinate profonde della stazione n. 1.

In luglio è stata individuata *Cladophora* sp. epifita sulle foglie della fanerogama *Cymodocea nodosa* sia nelle retinate profonde che in quelle superficiali della stazione n. 1. La biomassa di questa specie è stata per le retinate profonde di 56,81 g dw m<sup>-2</sup>

mentre nelle retinate superficiali di 6,88 g dw m<sup>-2</sup>. Presenza di questa specie è stata riportata in tracce anche nei campionamenti di settembre sempre per le retinate profonde della stazione n. 1.

Nel mese di luglio sia nelle retinate profonde che in quelle superficiali della stazione n. 1 è stata rilevata la presenza della fanerogama *Cymodocea nodosa* con biomassa rispettivamente pari a 6,31 g dw m<sup>-2</sup> e 0,77 g dw m<sup>-2</sup>. Le foglie di *Cymodocea nodosa* presenti nelle retinate superficiali sono da ritenersi staccatesi per via della stagionalità della caduta delle foglie presente in tale specie. Foglie di questa specie sono state registrate anche nel detrito dei campioni del mese di ottobre.

Nel complesso i campionamenti hanno rivelato, per ogni mese, una biomassa macroalgale decisamente bassa, con la tendenza a diminuire con l'arrivo dell'estate, in accordo con la stagionalità delle fioriture nelle aree lagunari. Questa situazione, non coerente con le disponibilità nutrizionali, ha comportato un aumento dello sforzo di campionamento nel ciclo successivo per poter eventualmente cogliere meglio le dinamiche produttive.

2011

Nel complesso (Tabella 5), sono state individuate le seguenti specie: *Chaetomorpha* sp., *Cladophora* sp., *Cladophora prolifera*, *Gloiocladia furcata*, *Ulva* sp. e *Ulva flexuosa*. I dati tal quali relativi al peso secco di ciascuna specie danno i seguenti risultati: *Chaetomorpha* sp. 110,19 g dw m<sup>-2</sup>, *Cladophora* sp. 47,44 g dw m<sup>-2</sup>, *Cladophora prolifera* 4,19 g dw m<sup>-2</sup>, *Gloiocladia furcata* 8,50 g dw m<sup>-2</sup>, *Ulva* sp. 65,38 g dw m<sup>-2</sup>, *Ulva flexuosa* era presente in tracce di peso non rilevabile. Per la determinazione di *Gloiocladia furcata* si è reso necessario visionare al microscopio porzioni di campione, la specie è stata individuata in seguito all'osservazione di una sezione del fusto dell'alga, in cui le cellule si presentavano secondo la caratteristica disposizione della specie, ossia di piccole dimensioni in posizione corticale e di grosse dimensioni in posizione midollare. Anche per la determinazione dei campioni indicati come

appartenenti al genere *Cladophora* sp. è stata necessaria la visione al microscopio, ma non è stato possibile arrivare ad individuare la specie anche a causa del deterioramento subito a livello cellulare.

Le specie macrofitobentoniche individuate nel complesso del progetto sono le seguenti: *Chaetomorpha* sp., *Cladophora* sp., *Cladophora prolifera*, *Gloiocladia furcata*, *Herposiphonia secunda*, *Pilayella littoralis*, *Ulva* sp., *Ulva compressa*, *Ulva flexuosa*,

Tabella 5 - Valori di biomassa rilevati nel 2011 per le diverse specie più importanti.

<b><i>Cymodocea nodosa</i> (g dw m<sup>-2</sup>)</b>															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Profonde	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,04	0.00	0.00	0,25	0.00	0.00	4,29	0.00	0.00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Profonde	0.00	0.00	0.00	1,75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,90	0.00	0.00			

<b><i>Chaetomorpha</i> sp. (g dw m<sup>-2</sup>)</b>															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Profonde	36,43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Profonde	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,44	0.00	0.00			

<b><i>Chaetomorpha</i> sp. (g dw m<sup>-2</sup>)</b>															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Profonde	36,43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Profonde	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,44	0.00	0.00			

Continua

Tabella 5 - Continua

<b>Cladophora sp. (g dw m<sup>-2</sup>)</b>															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Profonde	15,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	1,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

<b>Cladophora prolifera (g dw m<sup>-2</sup>)</b>															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Profonde	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

<b>Gloiocladia furcata (g dw m<sup>-2</sup>)</b>															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Profonde	2,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

<b>Pilayella littoralis (g dw m<sup>-2</sup>)</b>															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	0,00	0,00	0,00	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

Continua

Tabella 5 - Continua

<i>Ulva flexuosa</i> (g dw m <sup>-2</sup> )															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

<i>Ulva laetevirens</i> (g dw m <sup>-2</sup> )															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	0,00
Profonde	21,79	0,00	0,00	10,94	0,00	0,00	195,65	0,35	86,58	94,46	13,08	161,31	20,10	40,94	571,17
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	113,50	0,00	722,21	0,00	0,00	492,13	0,00	0,00	21,29	0,71	0,00	0,00			

<i>Ulva linza</i> (g dw m <sup>-2</sup> )															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

<i>Ulva prolifera</i> (g dw m <sup>-2</sup> )															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Profonde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,27	0,00
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	0,00	32,94	0,00	0,19	77,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

*Ulva laetevirens*, *Ulva linza* e *Ulva prolifera*, alle quali si aggiunge la fanerogama *Cymodocea nodosa*. Durante il campionamento del mese di marzo è stato, inoltre, prelevato un campione dalla riva, al solo scopo di individuare la presenza in specie, oltre ai soliti esemplari riconducibili ai generi *Ulva* e *Claophora*, sono state identificate le seguenti unità: *Codium fragile*, *Colpomenia sinuosa* con *Ceramiales* sp. epifitica e *Sphaerococcus coronopifolius*.

Durante il mese di febbraio 2011 è stata individuata la presenza della sola *Ulva laetevirens*, peraltro in quantità determinabile solo dalla replica 1 della Stazione 1 profonda (St. 1 P1), dove raggiungeva una biomassa di 32,81 g dw m<sup>-2</sup>, mentre nella Replica 1 della Stazione 3 superficiale (St. 3 S1) la quantità campionata risultava talmente esigua da essere insufficiente per effettuare la pesata; tutte le altre retinate sono andate a vuoto.

Il campionamento del mese di marzo, relativamente alle retinate superficiali, ha comportato il reperimento di un solo campione per la Stazione 1 (St. 1 S1), un solo campione per la Stazione 2 (St. 2 S1), e nessun campione per la Stazione 3. In St. 1 S1 sono state individuate *Ulva linza* e *Claophora prolifera* la cui quantità non era sufficiente per effettuare la pesata. In St. 2 S1 sono state individuate *Ulva compressa*, *Ulva laetevirens* e *Ulva linza* delle quali solo *U. laetevirens* raggiungeva una quantità, seppur minima, sufficiente per essere pesata, consistente in 6,13 g dw m<sup>-2</sup>. Per quanto concerne le retinate profonde, sia in Stazione 1 che in Stazione 3 è risultato possibile reperire le 3 repliche previste dal disegno sperimentale, mentre per la Stazione 2 la sola replica 1 (St. 2 P1) ha prodotto materiale utile all'analisi. Le retinate di Stazione 1 contenevano le specie: *Cymodocea nodosa*, *Gloiocladia furcata* e *Ulva laetevirens* con una biomassa mediata per le tre repliche, rispettivamente, di 1,04 g dw m<sup>-2</sup>, 1,50 g dw m<sup>-2</sup> e 195,65 g dw m<sup>-2</sup>. In St 2 P1 come anche nelle 3 repliche di Stazione 3 è stata individuata la sola *Ulva laetevirens* la cui biomassa è risultata essere 1,06 g dw m<sup>-2</sup> in Stazione 2, e 86,58 g dw m<sup>-2</sup> in media nelle tre repliche di Stazione 3.

Considerato l'aumento della biomassa di *Ulva laetevirens* riscontrato nei mesi di marzo e aprile, e valutata anche la situazione dell'anno passato durante il quale si era verificato un bloom macroalgale proprio nel corso del mese di aprile, per i campionamenti dei mesi successivi, ossia aprile e maggio, si è deciso di procedere al prelievo del materiale con cadenza quindicinale, effettuando due uscite nel mese di aprile ed una nel mese di maggio, per monitorare il potenziale verificarsi di un evento di fioritura.

Nel mese di aprile il reperimento dei campioni per il comparto fitobentonico è stato, quindi, eseguito in due date, nei giorni 13 e 27. Relativamente al 13 aprile le retinate superficiali non sono state eseguite a causa della mancanza di materiale in sospensione nei punti di prelievo, mentre per quanto concerne le retinate profonde hanno portato alla luce elementi d'interesse per l'indagine in corso due repliche della Stazione 1 (St. 1 P1 e St. 1 P2) ed una sola replica della Stazione 2 (St. 2 P1) e della Stazione 3 (St. 3 P1). Si segnala che in riferimento alla Stazione 3 si sono verificati dei problemi tecnici, legati al mezzo utilizzato per condurre la missione, che hanno comportato l'impossibilità a raggiungere il punto preciso di campionamento, pertanto si è proceduto alla raccolta del materiale in una zona limitrofa raggiungibile a guado ma è risultata impraticabile la replicazione delle retinate. In Stazione 1 sono state riconosciute *Cymodocea nodosa*, *Ulva laetevirens* e *Ulva prolifera*, tra l'altro quest'ultima risultava in quantità insufficiente per effettuare la pesata, ed insieme alla fanerogama sono state individuate solo nella replica 2. La biomassa per la *C. nodosa* è risultata  $0,75 \text{ g dw m}^{-2}$ , mentre per *U. laetevirens*  $94,46 \text{ g dw m}^{-2}$ , in media. In Stazione 2 è stata reperita la sola *Ulva laetevirens* la cui biomassa è risultata essere  $39,25 \text{ g dw m}^{-2}$ , mentre in Stazione 3 oltre a *U. laetevirens* era presente una modestissima quantità di *Ulva prolifera*, per una biomassa di  $483,94 \text{ g dw m}^{-2}$  e  $0,50 \text{ g dw m}^{-2}$ , rispettivamente. Per quanto concerne il 27 Aprile è stata compiuta una sola retinata relativa al comparto superficiale in Stazione 2 (St. 2 S1), all'interno della quale sono state riconosciute tre specie del genere *Ulva*: *U. flexuosa*, *U. laetevirens* e *U. linza*, con una biomassa di 0,19

g dw m<sup>-2</sup>, 5,25 g dw m<sup>-2</sup> e 2,00 g dw m<sup>-2</sup>, rispettivamente. In riferimento alle retinate profonde, sia in Stazione 1 che in Stazione 3 sono state portate a termine le 3 repliche previste dal disegno di campionamento, mentre per la Stazione 2 la sola replica 1 (St. 2 P1) ha fornito materiale valido per l'analisi. Dall'esame dei campioni di Stazione 1 sono state identificate le specie *Cymodocea nodosa* e *Ulva laetevirens*, quest'ultima presente solo in replica 3, le cui biomasse sono risultate 4,29 g dw m<sup>-2</sup> in media per la fanerogama, e 60,31 g dw m<sup>-2</sup> per la macroalga. In Stazione 2, invece, il materiale prelevato ha suscitato maggiore interesse in quanto si mostrava più eterogeneo e variegato, presentando le seguenti specie: *Cladophora* sp., *Herposiphonia secunda*, *Ulva laetevirens* e *Ulva prolifera*, insieme ad altri frammenti di *Ulva* sp. (ex Enteromorpha) di consistenza tubulosa, la cui classificazione tassonomica è risultata di difficile definizione. Il riconoscimento della specie *Herposiphonia secunda* ha richiesto la visione al microscopio di porzioni di campione, si rende noto che, nonostante non sia stato possibile determinarne la biomassa, la presenza di tale specie non è infrequente ma, essendo essa una specie di dimensioni ridotte, che cresce epifita su altre specie e su elementi di sedimento organogeno, è molto difficile, staccandola, raggiungere una quantità sufficiente ad ottenere un peso congruo. Le biomasse sono state ricavate per le specie *Cladophora* sp., *Ulva laetevirens* e *Ulva prolifera*, risultando 0,56 g dw m<sup>-2</sup>, 122,81 g dw m<sup>-2</sup> e 0,81 g dw m<sup>-2</sup>, rispettivamente. Dai campioni di Stazione 3 è emersa la presenza unicamente della specie *Ulva laetevirens*, ma in quantità estremamente abbondante, la biomassa media nelle tre repliche, infatti, è risultata essere 571,17 g dw m<sup>-2</sup>. Come già specificato, durante il mese di maggio il campionamento è stato effettuato a distanza di quindici giorni rispetto al precedente. Tale raccolta di campioni non ha portato al reperimento di alcun elemento per quanto concerne le retinate superficiali, mentre in relazione alle retinate profonde è stato possibile compiere il disegno di campionamento completo, infatti, sono andate a buon fine tutte le 3 repliche in ciascuna delle stazioni. La Stazione 1 presentava le specie *Cladophora* sp. e *Ulva laetevirens*, la prima, reperita solo in P1 e P2, contava una biomassa media di 1.42 g

dw/m<sup>2</sup>, mentre la biomassa media dell'ulvacea è risultata di 113,50 g dw m<sup>-2</sup>. In Stazione 2 è stata rinvenuta unicamente la specie *Ulva prolifera* con biomassa media di 32,94 g dw m<sup>-2</sup>. Dai campioni di Stazione 3 è risultata la presenza delle specie *Pilayella littoralis*, *Ulva prolifera* e *Ulva laetevirens*, le prime due, rilevate solo in P1 e P2, erano in quantità così esigue da non poter essere pesate mentre l'ultima, al contrario, era talmente abbondante da presentare una biomassa media nelle tre repliche di ben 722,21 g dw m<sup>-2</sup>, ossia la massima quantità registrata nel corso del progetto.

Nel mese di giugno il prelievo del materiale relativo al comparto fitobentonico è stato effettuato con la regolare cadenza mensile. Durante il campionamento non sono state eseguite le retinate superficiali a causa dell'assenza di materiale galleggiante, mentre per quanto attiene alle retinate profonde, in Stazione 1 non compare la replica 3 poiché non presentava materiale utile all'analisi, mentre sia per la Stazione 2 che per la Stazione 3 sono andate a buon fine tutte le 3 repliche previste dal disegno sperimentale. Dall'analisi del materiale prelevato in Stazione 1 sono state identificate la fanerogama *Cymodocea nodosa*, e le macroalghe *Cladophora* sp., presente unicamente in replica 1 con un solo rametto di piccolissime dimensioni utile esclusivamente al riconoscimento sistematico, insieme a *Pilayella littoralis* e *Ulva prolifera*. Per quanto concerne le biomasse il peso relativo alla fanerogama è risultato 1,75 g dw m<sup>-2</sup> in media, mentre per le macroalghe *P. littoralis* e *U. prolifera* è risultato 5,88 g dw m<sup>-2</sup> e 0,19 g dw m<sup>-2</sup> in media, rispettivamente. Relativamente alla Stazione 2 i campioni prelevati erano costituiti dalla sola specie *Ulva prolifera* la cui biomassa risultava essere di 77,10 g dw m<sup>-2</sup> in media per le tre repliche. Anche dai campioni di Stazione 3 è emersa la presenza di un'unica specie, ossia *Ulva laetevirens*, con una biomassa media nelle tre repliche di 492,13 g dw m<sup>-2</sup>, quantità, questa, che dimostra l'andamento in declino della fioritura della specie, che stava interessando l'area dal mese di marzo.

Durante il campionamento mensile compiuto a luglio, dalle Stazioni 1 e 2 non è stato possibile rilevare materiale utile all'analisi né dalla porzione superficiale né dal fondo.

Anche la Stazione 3 non presentava elementi galleggianti da raccogliere per l'analisi, mentre tutte le tre retinate profonde hanno permesso il prelievo di campioni validi per lo studio in oggetto. Dall'osservazione del materiale campionato è risultata essere presente solo la specie *Ulva laetevirens*, con un peso medio nelle tre repliche di 21,29 g dw m<sup>-2</sup>.

Nel mese di agosto la raccolta di materiale ha permesso di reperire campioni utili all'analisi solamente dalle 3 repliche dello strato profondo, appartenenti alla Stazione 1. Nel complesso sono state identificate le specie *Chaetomorpha* sp., *Cymodocea nodosa* e *Ulva laetevirens*. La fanerogama, presente nella totalità delle repliche, contava una biomassa media di 3,90 g dw m<sup>-2</sup>, la *Chaetomorpha* rinvenuta solo in P1 e P3, aveva una biomassa di 3,44 g dw m<sup>-2</sup>, in media, mentre l'ulvacea, individuata solo in P2 e P3 presentava una quantità sufficiente ad essere pesata solo nella terza replica con una biomassa di 2,13 g dw m<sup>-2</sup>. Si rende noto che a causa del forte vento di Maestrale, che insisteva sulla zona nella giornata in cui è stato effettuato il campionamento, il prelievo non si è potuto compiere esattamente sulla linea di massima lunghezza dello stagno, come previsto dal disegno sperimentale, ma più in prossimità della costa, per motivi di stabilità del mezzo.

### Sintesi

In generale è stata notata una sostanziale differenza nelle comunità macroalgali che caratterizzano le diverse aree della laguna nei due cicli, cosa che appare molto evidente nel secondo ciclo grazie all'incremento dei campionamenti (Tabella 6). La stazione 2 appare quella meno produttiva: lo sviluppo fitobentonico è stato parecchio inferiore rispetto alle altre due stazioni con un massimo di soli 77,1 g dw m<sup>-2</sup> rispetto ai 198,19 g dw m<sup>-2</sup> della stazione 1 e 722,1 g dw m<sup>-2</sup> della stazione 3. Questi valori sono senz'altro assai più elevati di quelli riscontrati nel ciclo 2010 quando il massimo non ha superato i 65 g dw m<sup>-2</sup>. Appare importante la non sincronia dei picchi produttivi tra le diverse stazioni: nel 2011 a marzo nella stazione 1, a maggio nella stazione 3 e a

giugno nella stazione 2. Gli elevati livelli produttivi nella stazione 3 si sono mantenuti a lungo da aprile a giugno coerentemente con i maggiori livelli di disponibilità nutrizionale.

Tabella 6 - Biomassa totale del fitobenthos nei vari campionamenti nelle tre stazioni

<i>Biomassa totale</i> (g dw m <sup>-2</sup> )															
Date	15 Dicembre			24 Febbraio			30 Marzo			13 Aprile			27 Aprile		
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48	0,00
Profonde	78,26	0,00	0,00	10,94	0,00	0,00	198,19	0,35	86,58	94,71	13,00	161,17	24,39	40,97	571,17
Date	11 Maggio			09 Giugno			14 Luglio			09 Agosto					
Stazioni	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3			
Superficiali	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Profonde	114,92	32,94	722,1	7,82	77,10	492,1	0,00	0,00	21,29	8,05	0,00	0,00			

Il minor livello produttivo della stazione 2 è presumibilmente legato alla natura del substrato di tipo prettamente fangoso.

Complessivamente, sulla base delle tre stazioni indagate, il livello produttivo della laguna non è certo modesto attestandosi su 290 g dw m<sup>-2</sup> (Tabella 7) che comunque descrive una situazione di rilievo, ben diversa da quella del 2010 e molto più coerente con le disponibilità nutrizionali.

Tabella 7 - Biomassa totale lagunare nei vari campionamenti (g dw m<sup>-2</sup>)

Significative sono anche le differenze strutturali con una

15-dic	24-feb	30-mar	13-apr	27-apr	11-mag	09-giu	14-lug	09-ago
26,09	3,65	95,04	89,63	212,18	289,99	192,35	7,10	2,68

composizione floristica più articolata nel 2011 e più povera nel 2010 ancorchè possa aver influito la diversità campionatoria. Appare comunque evidente la forte prevalenza di *Ulva laetevirens* nel 2011, assente nel 2010, cosa che, almeno in parte, può rendere conto della diversa situazione nei due anni. Può essere quindi che, in questa laguna, la presenza-assenza di questa specie sia alla base delle espressioni produttive più o meno pronunciate dell'intera laguna.

In sintesi l'espressione produttiva globale della laguna, quella di singole aree e la prevalenza di specie di tipo prettamente nitrofilo sono l'espressione più fedele di uno stato eutrofico causato da un notevole rifornimento nutrizionale ben evidenziato dall'elevata concentrazione del fosforo e dell'azoto su descritte. Se mai si può dire che a fronte di importanti disponibilità nutrizionali la laguna non esprime tutto il potenziale trofico a causa di vari fattori tra i quali può concorrere la torbidità generata dai moti turbolenti innescati dal vento che risospinge i sedimenti.

## Zoobenthos

Sono stati fatti due campionamenti, il primo nel periodo autunnale (3° campionamento: ottobre 2010) ed il secondo nel periodo invernale (4° campionamento: febbraio 2011). Questa tempistica è consequenziale a quella della fase 4.4 quando i campionamenti sono stati effettuati in primavera ed estate. In questo caso infatti non si tratta di mettere a confronto i periodi corrispondenti bensì di capire l'evolversi dello stato zoobentonico nelle diverse stagioni relativamente ai diversi contesti ambientali dipendenti dall'espressione trofica dei vegetali e del consumo e/o demolizione aerobica o anaerobica della loro sostanza organica prodotta. Metodiche di campionamento e di analisi sono gli stessi già riportati nella relazione dell'azione 4.4.

### *Risultati*

#### Primo ciclo primavera-estate

Come già riportato nella relazione dell'azione 4.4, di cui qui si riporta una sintesi, nel corso della campagna di prelievo primaverile sono stati complessivamente raccolti ed identificati 12.574 individui appartenenti rispettivamente a: Nematodi (4710), Crostacei (4.641), Policheti (3.073), Molluschi (118) ed altri taxa (Celenterati, Echinodermi, etc.) rappresentati in misura minore (32).

I Nematodi presentano la maggiore abbondanza media ( $502,7 \pm 206,9$  E.S. individui) nella seconda zona dell'area B (denominata Bb), sebbene nelle zone adiacenti (rispettivamente Ba e Bc) i valori medi osservati siano stati notevolmente minori ( $26,0 \pm 7,2$  vs.  $110,7 \pm 50,7$ ). Nell'area A il numero medio di esemplari è stato sostanzialmente simile nelle zone denominate Aa ed Ac ( $186,0 \pm 45,1$  vs.  $248,7 \pm 37,5$ ), mentre è risultato decisamente inferiore in Ab ( $20,3 \pm 10,0$ ). All'interno dell'area C, soltanto nella zona Cc è stato osservato un numero medio piuttosto consistente di individui ( $328,0 \pm 216,0$ ), seppure con una notevole variabilità tra le repliche, mentre nelle zone Ca e Cb è stato campionato un numero medio di Nematodi dello stesso ordine di grandezza ( $53,0 \pm 31,5$  vs.  $94,7 \pm 28,3$ ).

Dei Crostacei si è riscontrato che mentre nell'area denominata A il numero medio di individui osservati nelle zone Aa, Ab ed Ac sia relativamente simile malgrado un evidente grado di variabilità tra le repliche ( $143,0 \pm 55,0$  vs.  $85,3 \pm 27,7$  vs.  $171,3 \pm 20,7$ , rispettivamente), nelle aree B e C tale valore medio sia stato soggetto a forti fluttuazioni nelle differenti zone esaminate, soprattutto per quanto concerne i valori medi minimi ( $Bb=39,7 \pm 15,2$ ) e massimi ( $Cb=441,3 \pm 40,1$ ). Il gruppo dei Peracaridi (comprendente principalmente Anfipodi, Cumacei, Isopodi e Misidacei) è quello indiscutibilmente più rappresentato in tutte le 3 aree dello stagno. Il maggior numero medio di individui è stato osservato nell'area C ( $258,1 \pm 49,0$ ), mentre nelle rimanenti aree A e B i valori medi di abbondanza si sono rivelati piuttosto simili ( $131,1 \pm 22,7$  vs.  $120,3 \pm 39,3$ ).

La distribuzione degli individui dei Policheti nelle diverse aree dello stagno è risultata tutt'altro che uniforme. Infatti, nell'area A, ma soprattutto nell'area C, i valori medi di abbondanza registrati siano stati marcatamente differenti tra loro ( $Aa=119,3 \pm 31,5$  vs.  $Ab=224,7 \pm 38,4$  vs.  $Ac=15,3 \pm 10,2$ ;  $Ca=83,3 \pm 29,9$  vs.  $Cb=385,0 \pm 39,5$  vs.  $Cc=21,3 \pm 7,4$ ) e con un elevato grado di variabilità tra le repliche. Per contro, all'interno delle 3 zone dell'area B il numero medio di individui rinvenuto è risultato sostanzialmente comparabile ( $Ba=68,0 \pm 21,0$  vs.  $Bb=28,3 \pm 7,3$  vs.  $Bc=63,7 \pm 53,9$ ), malgrado nella zona Bc sia stata notata una significativa differenza tra le repliche. Le abbondanze relative alle singole famiglie di Policheti classificate (18 in totale), hanno mostrato un netto predominio di Spionidi (947 esemplari identificati), Capitellidi (904) e, a seguire, Cirratulidi (469).

Durante la campagna di campionamento estiva sono stati globalmente rinvenuti e classificati 16.833 individui appartenenti rispettivamente a: Nematodi (8.988), Crostacei (4.973), Policheti (2.831), Molluschi (18) ed altri taxa rinvenuti in numero decisamente minore.

I Nematodi hanno costituito oltre la metà degli animali censiti durante la stagione estiva, sebbene con un più elevato grado di variabilità rispetto al periodo precedente. Il numero medio di individui maggiore è stato osservato nell'area B e precisamente nelle

zone denominate Bc (1.434,7±448,5) e Bb (669,3±136,6), malgrado una notevole variabilità tra le repliche. Ben diversa, invece, è risultata la zona Ba (147,3±22,6), caratterizzata da un valore medio di abbondanza più simile a quello riscontrato nelle aree A e C. In particolare, nell'area A il numero medio di esemplari rinvenuti è stato relativamente simile nelle zone denominate Aa ed Ac (49,7±27,3 vs. 22,7±10,2), mentre è risultato consistentemente maggiore in Ab (130,7±32,0). Nell'area C, mentre all'interno della zona Cb è stato osservato un numero medio di Nematodi molto esiguo (13,7±9,5), nelle zone Ca e Cb è stato rilevato un valore medio di individui simile (298,7±43,9 vs. 229,3±46,3).

I Crostacei hanno mostrato i valori medi di abbondanza più elevati in 2 zone distinte situate all'interno delle aree B e C (Ba=472,0±63,9 e Ca=432,0±93,9, rispettivamente). A seguire, il numero medio di esemplari maggiore è stato registrato nelle medesime aree nelle zone denominate Bc (277,3±43,9) e Cc (226,3±90,5). Le rimanenti zone delle aree suddette (Bb e Cb) hanno fatto registrare i rispettivi valori medi minimi (67,3±27,2 e 22,7±22,2). Nell'area A il numero medio di Crostacei rinvenuti è stato estremamente differente e suscettibile di un notevole grado di variabilità tra le repliche di campionamento effettuate all'interno delle zone Aa, Ab ed Ac (5,0±3,2 vs. 32,0±11,1 vs. 123,0±70,7, rispettivamente). Tra i Crostacei hanno un netto predominio i Peracaridi, soprattutto nelle aree B e C, che hanno mostrato valori del tutto comparabili (253,8±62,6 vs. 213,1±69,8). Ben inferiore è risultato invece il numero medio di individui registrato nell'area A (49,1±27,1), seppure con un'evidente variabilità tra le repliche.

I valori medi di abbondanza dei Policheti nel periodo estivo sono stati caratterizzati da un'estrema variabilità tra le repliche sia di tutte le aree sia di tutte le zone considerate. In particolare, spiccano i massimi riscontrati nelle zone Ca (226,3±41,9) e Ba (172,0±38,1) ed il minimo osservato nella zona Aa (5,3±3,5), mentre le altre zone all'interno delle relative aree hanno mostrato valori medi sostanzialmente comparabili (i.e., Ab=111,3±17,2 vs. Ac=110,0±21,3; Bb=59,7±21,3 vs. Bc=66,7±11,9; Cb=69,7±69,2 vs. Cc=122,7±15,6). Le abbondanze delle singole famiglie di Policheti

(16 in totale) hanno mostrato una netta prevalenza di Spionidi (1.517 individui) seguiti da Cirratulidi e Nereidi (254 ciascuno) ed Ofelidi (204). Buona si è rivelata anche la presenza di Capitellidi (164) e Hesionidi (156).

### Secondo ciclo autunno-inverno

Nel corso della campagna di prelievo autunnale, sono stati complessivamente raccolti ed identificati 16.333 individui appartenenti rispettivamente a: Nematodi (3.074), Crostacei (10.967), Policheti (2.105), Molluschi (25) ed altri taxa, riportati come Vari, (Celenterati, Echinodermi, etc.) rappresentati in misura minore (162).

Dei Nematodi la maggiore abbondanza media (204,0±182,5 E.S. individui) è stata registrata nella terza zona dell'area B (denominata Bc), malgrado nelle zone adiacenti (rispettivamente Ba e Bb) i valori medi osservati siano stati decisamente minori (54,0±13,6 vs. 124,0±65,8; Fig. 26).

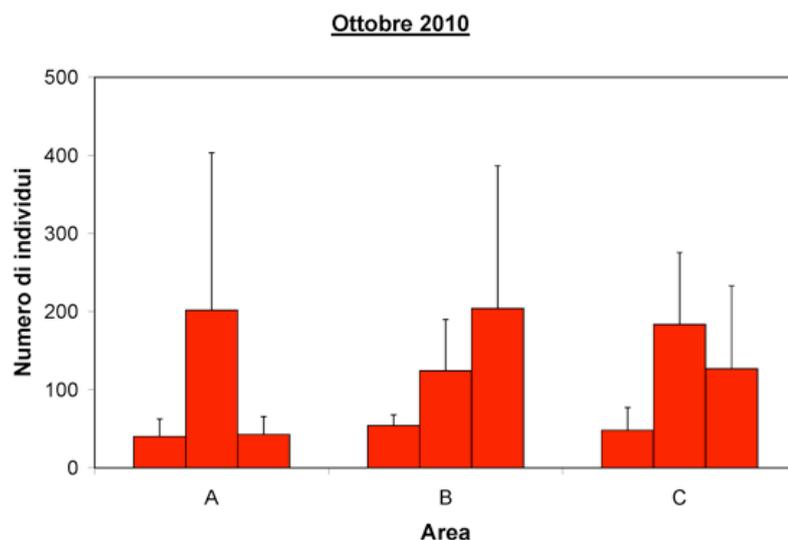


Fig. 26 – Abbondanze medie (+E.S.) dei Nematodi rinvenuti durante la fase di campionamento autunnale nelle 3 diverse aree.

Nell'area A il numero medio di esemplari rinvenuti è stato del tutto simile nelle zone denominate Aa ed Ac (40,0±22,5 vs. 42,7±22,8), mentre è risultato decisamente superiore in Ab (201,7±201,7), anche se tutti gli individui (605) sono stati raccolti in una sola delle 3 repliche effettuate. All'interno dell'area C, soltanto nelle zone Cb e Cc è stato osservato un numero medio piuttosto consistente di individui (183,7±92,0 vs. 126,7±106,4), seppure con una notevole

variabilità tra le repliche, mentre nella zona Ca è stato campionato un numero medio di Nematodi notevolmente inferiore ( $48,0 \pm 29,0$ ).

Per quanto riguarda il complesso dei Crostacei, osservando la Fig. 27 si può facilmente notare come, mentre nell'area denominata C il numero medio di individui osservati nelle zone Ca, Cb e Cc sia alquanto elevato malgrado un evidente grado di variabilità tra le repliche ( $283,7 \pm 162,2$  vs.  $515,0 \pm 282,6$  vs.  $600,7 \pm 188,5$ , rispettivamente).

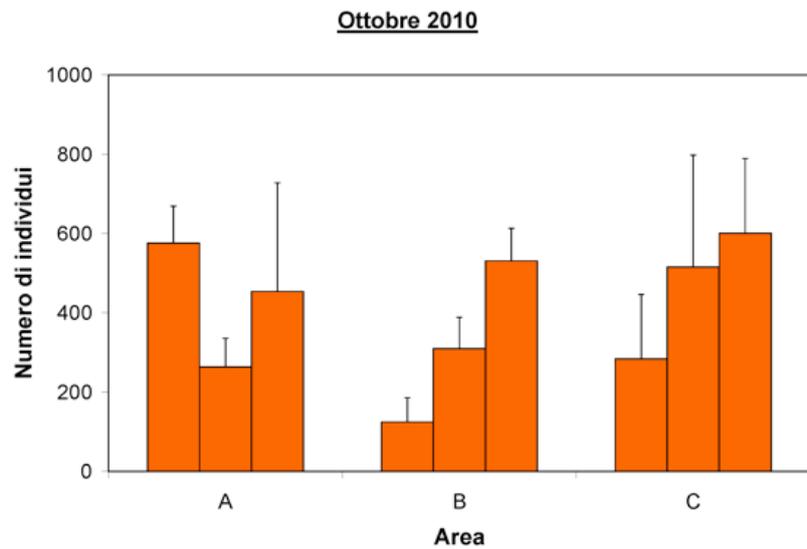


Fig. 27 – Abbondanze medie (+E.S.) dei Crostacei rinvenuti durante la fase di campionamento autunnale nelle 3 diverse aree.

Anche nelle aree A e B tale valore medio è stato soggetto a forti fluttuazioni nelle differenti zone esaminate, soprattutto per quanto concerne i valori medi minimi ( $Ba=124,3 \pm 61,2$ ) e massimi ( $Aa=575,3 \pm 93,3$ ). Dei Crostacei il gruppo dei Peracaridi (comprendente principalmente Anfipodi, Cumacei, Isopodi e Misidacei) è quello maggiormente rappresentato in tutte e 3 le aree dello stagno. I relativi valori medi di abbondanza si siano rivelati piuttosto simili ( $A=430,33 \pm 97,53$ ;  $B=321,11 \pm 69,51$ ;  $C=465,78 \pm 118,25$ ). I Copepodi invece, sono stati rinvenuti in modo sporadico in tutte e 3 le aree studiate, mentre la presenza di Ostracodi e di Decapodi nei campioni raccolti in autunno è da considerarsi esclusivamente occasionale.

La distribuzione dei Polichetii nelle diverse aree dello stagno è risultata tutt'altro che uniforme (Fig. 28). Nell'area B, ma soprattutto nell'area C, i valori medi di abbondanza registrati siano stati marcatamente differenti tra loro ( $Ba=15,7 \pm 3,8$  vs.  $Bb=62,3 \pm 23,2$  vs.

Bc=34,3±24,1; Ca=63,3±39,9 vs. Cb=133,0±85,8 vs. Cc=190,3±81,9) e con un elevato grado di variabilità tra le repliche. Per contro, all'interno delle 3 zone dell'area A il

numero medio di individui rinvenuto è risultato sostanzialmente comparabile (Aa=61,0±16,3 vs. Ab=44,7±16,3 vs. Ac=97,0±17,4). Delle singole famiglie classificate (17 in totale) i Capitellidi (934 esemplari determinati) hanno mostrato un netto predominio e, a seguire, Nereidi (505), Spionidi (266)

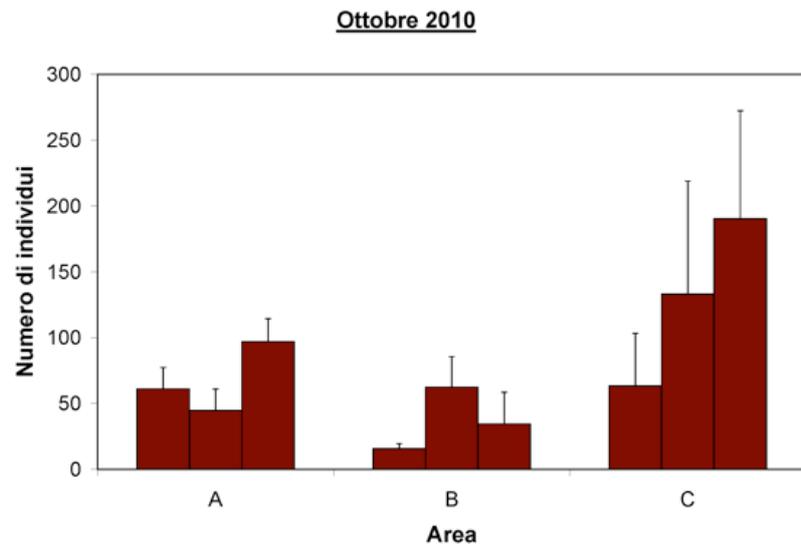


Fig. 28 – Abbondanze medie (+E.S.) dei Polichetti rinvenuti durante la fase di campionamento autunnale nelle 3 diverse aree.

ed Ophelidi (100). Viceversa, Sabellidi (8), Paraonidi (1), Serpulidi (2), Onuphidi (8) sono stati rinvenuti soltanto occasionalmente, mentre si segnala la completa mancanza di esemplari delle famiglie Gliceridi e Terebellidi che, anche se con un numero esiguo di individui, erano invece presenti nei precedenti campionamenti primaverile ed estivo.

Nel quarto prelievo (invernale) sono stati globalmente campionati ed identificati 27.476 individui appartenenti rispettivamente ai seguenti taxa principali: Nematodi (15.147), Crostacei (10.144), Policheti (2.078), Molluschi (27). Altri taxa minori hanno espresso solo 80 individui.

I Nematodi hanno costituito oltre la metà (55,1%) degli animali censiti durante la stagione invernale, malgrado un elevatissimo grado di variabilità rispetto ai periodi precedenti (Fig. 29). Il numero medio di individui maggiore è stato osservato nell'area B e precisamente nella zona denominata Bc (1.956,0±738,2), sebbene sia stata osservata una notevole variabilità tra le repliche. Ben diversa è risultata la situazione nelle zone Ba (40,3±16,6) e Bb (92,0±20,3), caratterizzate da valori medi di

abbondanza estremamente modesti. Nell'area A, invece, il numero medio di esemplari rinvenuti è stato piuttosto dissimile nelle 3 zone considerate ( $Aa=126,0\pm52,2$  vs.  $Ab=489,3\pm401,4$  vs.  $Ac=778,0\pm742,5$ ), con notevoli differenze numeriche tra le repliche. Nell'area C, infine, mentre all'interno della zona Ca è stato osservato un numero medio di Nematodi molto elevato ( $1286,0\pm650,9$ ), nelle zone Cb e Cc sono stati rilevati valori medi decisamente inferiori e molto diversi tra loro ( $49,0\pm30,2$  vs.  $232,3\pm242,9$ ). I Crostacei hanno mostrato i valori medi di abbondanza più elevati in 3 zone distinte

situate all'interno delle 3 aree A, B e C ( $Ac=712,7\pm88,3$ ,  $Bc=959,0\pm476,7$  e  $Ca=704,0\pm340,6$ , rispettivamente; Fig. 30). Nelle rimanenti zone delle aree A e B, invece, il numero medio di esemplari rinvenuti è risultato dello stesso ordine di grandezza ( $Aa=166,0\pm44,9$  vs.  $Ab=264,7\pm118,8$  e  $Ba=242,0\pm122,3$  vs.

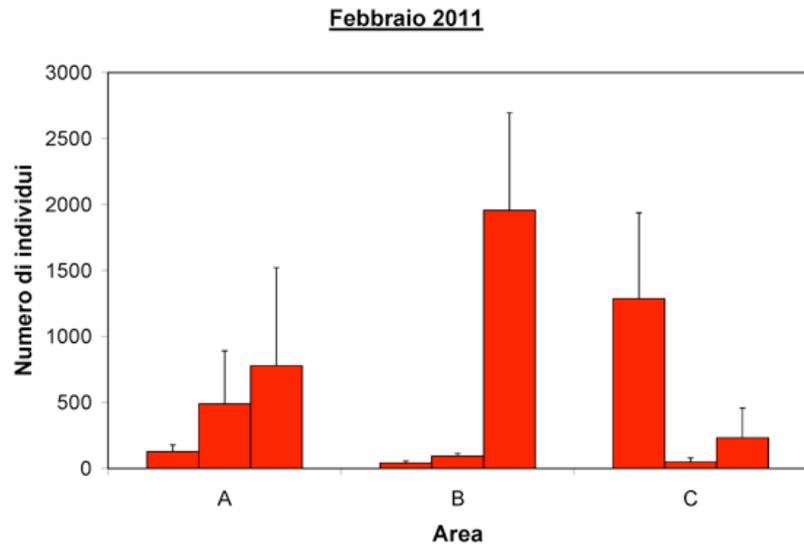


Fig. 29 – Abbondanze medie (+E.S.) dei Nematodi rinvenuti durante la fase di campionamento invernale nelle 3 diverse aree.

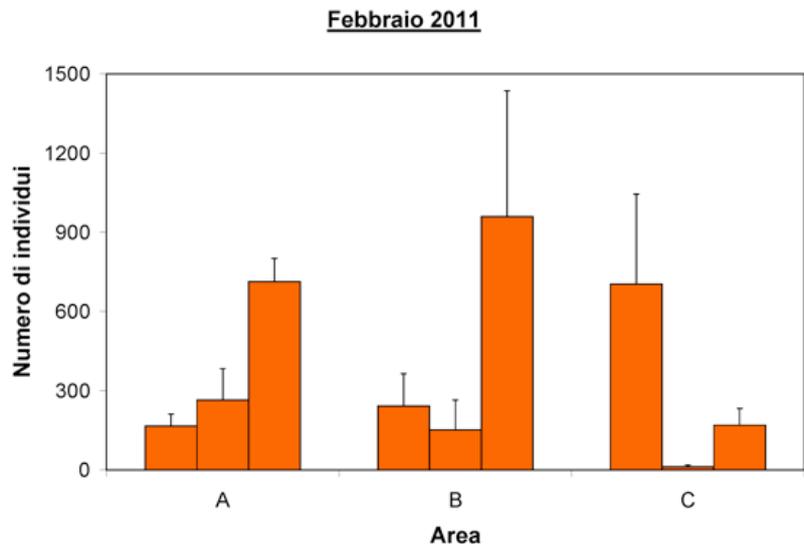


Fig. 30 – Abbondanze medie (+E.S.) dei Crostacei rinvenuti durante la fase di campionamento invernale nelle 3 diverse aree.

Bb=151,7±113,0). Viceversa, nelle rimanenti zone dell'area C i valori medi di Crostacei campionati sono stati estremamente differenti tra loro (Cb=12,0±6,2 vs. Cc=169,3±63,3). I Peracaridi sono prevalenti in tutte e 3 le aree con valori medi del tutto comparabili (A=380,7±95,2 vs. B=449,1±193,3 vs. C=294,7±144,4) sebbene con un'evidente grado di variabilità tra le singole zone esaminate. Copepodi e Decapodi, invece, sono stati rinvenuti

soltanto sporadicamente: i primi nelle aree B e C, mentre i secondi in A e B. Gli Ostracodi, infine, sono stati osservati in quantità minime solo nell'area B.

Per quel che riguarda i Policheti (Fig. 31), i valori medi di abbondanza registrati durante questo periodo sono stati caratterizzati da un'estrema variabilità

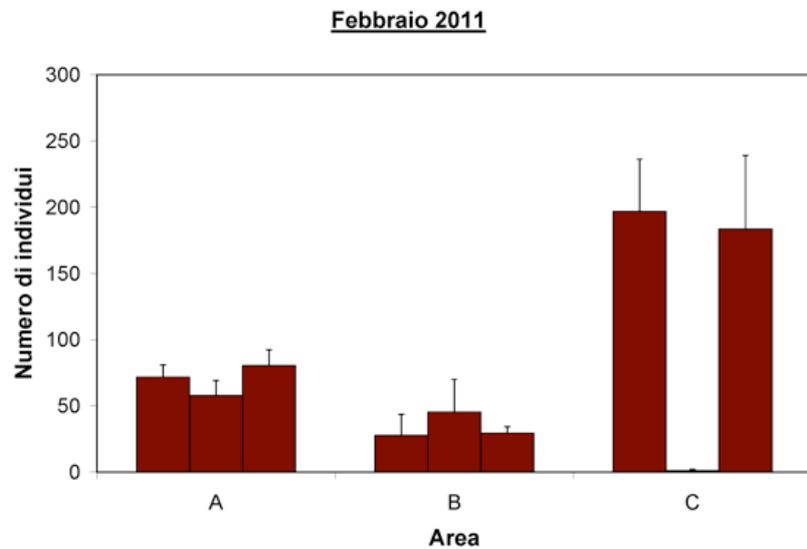


Fig. 31 – Abbondanze medie (+E.S.) dei Policheti rinvenuti durante la fase di campionamento invernale nelle 3 diverse aree.

sia tra le zone che tra le repliche di campionamento effettuate nell'area C, con picchi massimi in Ca (196,7±39,5) e Cc (183,3±55,7) ed il minimo assoluto osservato nella zona Cb (un solo individuo rinvenuto). Nelle altre aree i valori medi di abbondanza sono risultati sostanzialmente comparabili (i.e., Aa=71,7±9,2 vs. Ab=57,7±11,5 vs. Ac=80,3±29,3 e Ba=27,7±15,9 vs. Bb=45,3±24,7 vs. Bc=29,3±5,0). Si è avuta la netta maggioranza di Capitellidi (919 esemplari determinati), seguiti da Nereidi (323), Spionidi (256), Ophelidi (190), Hesionidi (152) e Cirratulidi (88). Dorvilleidi (6), Terebellidi (1), Serpulidi (2), Onuphidi (3), viceversa, sono stati osservati soltanto saltuariamente, mentre è stata nuovamente notata la comparsa (seppur modesta) di esemplari appartenenti alle famiglie dei Gliceridi (1) e dei Terebellidi (1), che invece non

erano presenti nei campioni di Ottobre. Infine, sono state rinvenute ed identificate due nuove famiglie completamente assenti in tutte le campagne di prelievo precedenti: Maldanidi (1) e Sigalionidi (1).

## Sintesi

I risultati emersi nel corso dell'intero periodo di studio hanno consentito di delineare un quadro sinottico piuttosto particolareggiato, sebbene non definitivo, della composizione dei popolamenti della macrofauna zoobentonica presenti nello Stagno di Corru S'Ittiri. Nel corso delle 2 diverse fasi di campionamento (primaverile-estiva ed autunnale-invernale rispettivamente), infatti, la struttura di questa importante componente del comparto bentonico è apparsa estremamente variabile, ma soprattutto contraddistinta da una notevole disomogeneità nella distribuzione dei vari taxa nelle 3 aree del compendio ittico indagate.

Come già detto in precedenza, la granulometria del sedimento risulta particolarmente eterogenea all'interno dello stagno, con condizioni sedimentologiche piuttosto complesse e diversificate dovute alla simultanea presenza di matrici sabbiose grossolane, sabbiose fini e talvolta completamente fangose. Questo fatto, senza dubbio, determina una netta diversificazione dell'insediamento delle diverse comunità bentoniche nel sedimento, con notevoli differenze sia in termini di biodiversità, sia per quanto concerne l'abbondanza e la biomassa degli individui presenti. Nella parte più interna del bacino (area denominata C), inoltre, le considerevoli bioconcrezioni dovute al Polichete Serpulide *Ficopomatus enigmaticus*, sebbene da un lato possono favorire l'insediamento al loro interno di svariate altre specie di Policheti ed Anfipodi, dall'altro costituiscono il principale ostacolo alla colonizzazione del substrato molle da parte di numerose specie macrozoobentoniche (Heiman & Micheli, 2010).

Nello specifico, per quanto riguarda l'abbondanza di Nematodi è stata osservata una netta distinzione in termini quantitativi durante le 2 diverse fasi della ricerca. Infatti, mentre durante la prima fase questo taxon ha fatto registrare percentuali del 33,5% sul

totale degli individui raccolti nella campagna primaverile e del 53,4% in quella estiva, nella seconda fase è stato notato dapprima un brusco decremento nel periodo autunnale (18,8%) e, di seguito, un picco assoluto di abbondanza (pari al 55,1%) nei campioni raccolti in inverno. Anche la distribuzione dei Nematodi nelle 3 diverse aree dello stagno studiate è stata piuttosto variabile: a fronte di una certa omogeneità registrata nell'aprile 2010, si è assistito ad un predominio assoluto di presenze nell'area intermedia (B) nel luglio successivo. Durante la seconda fase, invece, le abbondanze medie osservate nel mese di ottobre sono state abbastanza simili in tutte e 3 le aree, mentre nel campionamento di febbraio 2011 è stata notata una notevole concentrazione di individui in due diverse zone delle aree B e C.

Da un punto di vista generale, comunque, la considerevole presenza di questo gruppo zoologico, registrata soprattutto durante le campagne di prelievo estiva (prima fase), ed invernale (seconda fase), entrambe caratterizzate da oltre il 50% degli individui globalmente raccolti, è indice di un elevato carico di sostanza organica nei sedimenti di alcune zone dello stagno contraddistinte dall'elevata consistenza numerica di alcune specie indicatrici di inquinamento.

Dall'analisi dei risultati relativi ai Policheti, si può osservare come le loro abbondanze medie siano state dello stesso ordine di grandezza durante le 2 fasi della ricerca, sebbene con un picco massimo di presenze registrato nel corso della prima fase in primavera (24,4%, aprile 2010) ed uno minimo durante la seconda fase in inverno (7,6%, febbraio 2011). Per quanto riguarda il numero di individui campionati nelle 3 differenti aree, invece, si sottolinea come la maggior parte di essi sia sempre stata osservata nell'area C in ambedue le fasi dello studio, sebbene con un andamento discontinuo nelle 3 diverse zone di quest'area prese in esame. In merito alle famiglie di Policheti classificate, il loro numero è risultato abbastanza simile durante tutti e 4 i periodi di campionamento, con 18 e 16 di esse identificate rispettivamente nell'aprile e nel luglio 2010 (prima fase) e 17 e 20 nei mesi di ottobre 2010 e febbraio 2011 (seconda fase). Osservando le tabelle relative alle singole specie, si evince come la

consistente presenza di Capitellidi e Spionidi registrata nel corso di entrambe le fasi dello studio in tutte e 3 le aree dello stagno esaminate sia, anche in questo caso, sintomatica di una cospicua quantità di sostanza organica nei sedimenti.

Per quanto attiene i Crostacei, le loro abbondanze assolute durante le 2 distinte fasi dell'indagine hanno fatto registrare un andamento altalenante, con valori del 36,9% e del 29,5% sul totale degli individui raccolti durante le 2 campagne di prelievo primaverile ed estiva effettuate nel corso della prima fase dell'indagine e del 67,2% e del 36,9% in quelle autunnale ed invernale relative alla seconda fase. Ancora una volta, tuttavia, appare opportuno sottolineare l'estrema variabilità della distribuzione dei vari taxa appartenenti a questo subphylum. In particolare, infatti, a fronte di una costante cospicua presenza di Peracaridi in tutte e 3 le aree dello stagno investigate, va rimarcata la quasi totale assenza in tutti e 4 i periodi di campionamento di Copepodi ma soprattutto di Decapodi, gruppi del macrozobenthos che costituiscono il pabulum elettivo per gli avannotti e le forme giovanili delle più importanti specie ittiche pregiate abitualmente presenti negli ambienti salmastri costieri (Ceccherelli et al., 1981; Ferrari & Chierigato, 1981).

Infine, la persistente quasi totale assenza di Molluschi (soprattutto Bivalvi) nei campioni esaminati durante tutto il corso della ricerca (0,9% del totale in aprile, 0,1% in luglio e 0,2% in ottobre, 0,1% in febbraio) appare piuttosto problematica, anche alla luce di una consistente presenza di conchiglie osservabile lungo le rive dello stagno. In particolare, la totale mancanza di individui di specie di interesse economico quali vongole veraci (*Ruditapes decussatus*) e cuori (*Cerastoderma glaucum*), che invece si rinvencono usualmente in prossimità delle sponde, può essere attribuita a situazioni caratterizzate da valori di ossigeno nei sedimenti talmente bassi da provocare condizioni ai limiti della crisi distrofica. Eventi di questo tipo, infatti, possono causare massicci episodi di moria degli esemplari infossati nel substrato, rendendo contestualmente quest'ultimo inadatto alla successiva colonizzazione da parte di forme post-larvali (Magni et al., 2008).

## Discussione e conclusioni generali

Il quadro che si delinea dall'analisi ecologica complessiva dei diversi compartimenti analizzati è abbastanza chiaro nell'indicare che lo Stagno di Corru S'Ittiri si trovi in una situazione trofica critica, ascrivibile alla eutrofia pronunciata ben conclamata a cui conseguono elevate probabilità di eventi distrofici più o meno importanti.

La condizione predisponente a questo stato è la notevole disponibilità nutrizionale, come testimoniano le concentrazioni dei due nutrienti più importanti, fosforo e azoto, che per qualsiasi ecosistema lagunare sono da ritenersi incompatibili: sono troppo elevate perché evidentemente ne arrivano in grande quantità dal bacino idrografico.

Una stima di questa quantità, relativamente al fosforo e già effettuata per la Regione Sardegna dal Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche dell'Università di Sassari, è pari a 18,9 t P a<sup>-1</sup> di cui una parte importante (14,4 t P a<sup>-1</sup>) derivante dall'uso del territorio agricolo (arature e concimazioni). L'applicazione di un modello di bilancio di massa, basato sul tempo di ricambio idraulico (calcolato dal Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università di Cagliari, sempre per conto della Regione Sardegna), evidenzia che il carico nutrizionale del fosforo potrebbe determinare una concentrazione media annuale stagnale di 104 mg P m<sup>-3</sup> di fosforo che è da intendersi puramente indicativo ed andrebbe corroborato da stime sperimentali di carico. Le misure sperimentali effettuate durante i due cicli sono di 191 e 193 mg P m<sup>-3</sup> che sono abbastanza più elevate. Il che potrebbe significare che l'uso del territorio è ancora più intenso o che le pratiche agronomiche e zootecniche sono più impattanti rispetto allo standard nazionale.

Questa tematica del carico e delle fonti di generazione andrebbe sviluppata in dettaglio in quanto da questo chiarimento dipendono le strategie di intervento.

In tutti i casi al momento l'aspetto certo è che le concentrazioni nutrizionali lagunari sono tali da poter sostenere uno sviluppo della componente vegetale a livelli ipertrofici.

Tuttavia il sistema lagunare non ha espresso, nei due periodi di indagine, un corrispondente sviluppo ipertrofico della componente vegetale autotrofica rimanendo limitato alla eutrofia ancorchè differenziata: pronunciata nel primo periodo e ben più consistente nel secondo periodo.

Certamente il fitoplancton ha espresso elevati valori di clorofilla a, il cui valore medio è peraltro tipico per l'intero complesso lagunare di una eutrofia pronunciata nel primo ciclo e quasi ipertrofico nel secondo ciclo, ed elevatissimi di densità nel primo ciclo ma spesso a carico di specie di piccolissime dimensioni; nel secondo ciclo le densità si sono assai ridotte ma le specie concorrenti sono risultate di maggiore dimensioni. Tuttavia in ambito lagunare le medie di sistema non sono molto pertinenti a causa della diversa dinamica idrica nelle sue diverse parti che è evidenziata bene dalla forte eterogeneità delle stazioni studiate: la stazione tre, dove evidentemente si verifica l'immissione più massiccia dei nutrienti e dove le relative concentrazioni sono maggiori, esprime condizioni trofiche ben più evidenti dall'analisi del fitobenthos mentre il fitoplancton evidenzia spesso un maggiore sviluppo nella stazione uno. A livello qualitativo, complessivamente all'intera laguna, sia il fitoplancton che il fitobenthos, in gran parte è ascrivibile alla eutrofia.

Il fitobenthos, contrariamente al primo ciclo 2010, presenta uno sviluppo pronunciato e ben differenziato nelle tre aree e coerente con le disponibilità nutrizionali; anche il numero delle specie rilevate nel secondo ciclo è maggiore e praticamente tutte tipiche indicatrici di eutrofia e di ambienti tipicamente nitrofilo. Le cause dell'esiguità del primo ciclo e della relativa abbondanza nel secondo ciclo, in un contesto nutrizionale virtualmente senza limiti, sono molteplici e magari sinergici: torbidità, condizioni climatiche, eventi distrofici pregressi e competizione da parte del fitoplancton oltre che composizione floristica: in effetto i maggiori livelli produttivi del secondo ciclo sono dovuti alla proliferazione di *Ulva laetevirens* assente nel primo ciclo. Tuttavia il fitobenthos non ha espresso gli elevati livelli produttivi invece evidenziati dal DBEV nel 2001-2003.

Il fatto che il fitobenthos possa esprimere elevate potenzialità in termini diversificati anno per anno, come si evince dai risultati del primo e secondo ciclo, mette a fuoco il carattere molto disturbato del sistema lagunare perché, se si escludono le eventuali particolari condizioni climatiche, che peraltro non possono essere responsabili del tutto o nulla, le cause del sviluppo più o meno marcato devono ritenersi di origine umana direttamente o indirettamente cioè consequenziali alla manipolazione territoriale: ad esempio un evento torbido, molto facile da terreni utilizzati ed arati, come lo sono tutti quelli del bacino idrografico, può bloccare sul nascere lo sviluppo del fitobenthos a favore del fitoplancton ed allo stesso tempo una pulsazione produttiva del fitoplancton, indotta dalle elevate disponibilità nutrizionali, può condizionare il flusso luminoso e impedire il fitobenthos.

Quindi lo sviluppo delle due grandi componenti autotrofiche lagunari è contingente alle condizioni presenti al momento d'innesco del processo di crescita: talvolta prevale il fitobenthos piuttosto che il fitoplancton e talvolta il fitoplancton piuttosto che il fitobenthos.

Questo fatto, come già espresso nella relazione dell'azione 4.4, ha grande rilevanza per i processi distrofici in quanto lo sviluppo del fitobenthos può addurre al sistema lagunare quantitativi di sostanza organica maggiori che stazionano in loco e che poi devono essere demoliti con notevole consumo di ossigeno e quindi forte possibilità, in condizioni meteorologiche di calma, di avvio di condizioni riducenti prima in prossimità del fondo, poi in ambiti lagunari ristretti (chiazze) ed infine, in condizioni di calma prolungata, nell'intero stagno. Nella maggioranza dei casi il processo è confinato sul fondo o in aree ristrette.

Il fitoplancton può esprimere elevati livelli produttivi e addurre al sistema grandi quantità di sostanza organica e magari superare anche di molto quella del fitobenthos ma ci sono sempre forti possibilità, che per effetto dei flussi mareali, possa essere, per la gran parte, dispersa a mare. Comunque anche in questi casi le probabilità distrofiche sono elevate perché, spesso, anche senza arrivare all'anossia, la grande densità algale,

intasando le branchie dei pesci ed impedendo o limitando gli scambi gassosi, porta a morie più o meno importanti a cui consegue la distrofia vera e proprio derivata dalla demolizione delle carcasse dei pesci morti.

Tutto questo è ben registrato nella componente zoobenthonica che porta traccia di eventi avvenuti anche molto lontano nel tempo ma anche contingenti al momento come risulta dalla diversa articolazione strutturale nei diversi campionamenti stagionali. Esso può non dare risposta degli eventi momentanei, come può fare una analisi chimica o del fitoplancton e del fitobenthos, ma esprime la condizione media temporale degli eventi: quindi si può sicuramente dire che nello Stagno di Corru S'lttiri gli eventi distrofici più o meno conclamati e le morie più o meno importanti siano ricorrenti. Il fatto che attualmente, dopo 5 anni dalla grande crisi distrofica del 2005, la componente sfruttabile dei bivalvi sia modestissima testimonia che nel frattempo sono successi altri processi distrofici non resosi palesi ma che comunque hanno danneggiato la componente del benthos non dando la possibilità di ripristinare un assetto sfruttabile.

L'estrema variabilità nella produzione della sostanza organica, a carico di un compartimento piuttosto che un altro e di effetti diversi in relazione a fatti contingenti pone il problema di come gestire un ambiente lagunare con queste caratteristiche ecologiche.

Appare abbastanza evidente come non sia possibile gestire la biodiversità lagunare e la la produttività, compresa quella prelevabile, e garantire, riguardo agli aspetti economici, una pesca costante e scarsamente oscillante fino a che non si stabilizza il carico nutrizionale su un valore ben definito che possa garantire una certa stabilità nell'ambito della variabilità naturale dei sistemi ecologici.

Se lo Stagno di Corru S'lttiri, nell'attuale assetto morfologico, morfometrico e idrologico, deve erogare i due servizi richiesti: naturale (biodiversità di specie e di habitat come espressamente richiesto da tutti i vincoli di protezione cui è soggetto) ed economico (pesca estensiva come deducibile dal fatto di essere in specifica concessione), servizi che già di per se hanno un certo grado di contrasto, in particolare se si richiedono rese

di pesca oltre il limite compatibile con la biodiversità richiesta, si deve per forza di cose intervenire sul terzo servizio, ne richiesto ne espressamente previsto ma esistente e fortemente condizionante, di processore, come corpo idrico recettore, dei reflui agricolo-zootecnici derivanti del territorio versante. Servizio assolutamente contrastante con la naturalità e la pesca. Con la naturalità contrastante in ogni caso mentre con la pesca ad una soglia maggiore quando peraltro i servizi di naturalità possono essere già significativamente ridotti.

Trovare l'equilibrio tra queste tre diverse forme d'uso significa applicare una specifica gestione che comporti in primo luogo la riduzione calibrata dell'entità dei reflui ad un livello tale che la naturalità possa esprimere la potenzialità richiesta e la pesca una resa modesta-moderata ma quasi certa ( $50-150 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) e non altamente oscillante.

Una minore riduzione calibrata dei reflui può dare maggiore enfasi alla pesca, peraltro aumentando i rischi probabilistici di distrofie, ma questo comporta che la naturalità non possa raggiungere la sua espressione normale, oggi assente, e quindi che possa erogare i servizi richiesti da vincoli protezionistici in atto, purtroppo senza esito sostanziale se non per la componente perilagunare terrestre.

Quanto emerso dal complesso delle indagini svolte nel primo e secondo ciclo pone problemi valutativi di stato rilevanti a cui consegue la necessità di identificare delle variabili semplici e non costose che permettano di seguire i processi in atto o pregressi al fine di poter implementare, in tempo reale, azioni gestionali per far fronte ai problemi estemporanei altamente probabili. Infatti, nel contesto altamente variabile dei processi produttivi che si verificano (anche a parità di disponibilità nutrizionali) sia in termini qualitativi che quantitativi, non è sufficiente il quadro nutrizionale o di contorno chimico relativamente semplice da definire ma come si è visto spesso non coerente con l'esplicitazione produttiva; serve invece l'analisi bio-ecologica che possa rilevare gli eventi in ogni compartimento di base: in primo luogo quelli responsabili delle distrofie cioè il fitoplancton ed il fitobenthos che hanno comportamenti imprevedibili in un

contesto nutrizionale altamente disponibile anche se magari costante, ed in secondo luogo lo zoobenthos come registro temporale degli eventi.

Volendo poi avere un'idea dello stato ambientale e funzionalità ecologica, a prescindere da indagini costose e laboriose, che possa servire per evidenziare un problema e le possibili implicazioni, necessarie per formalizzare alcune opzioni gestionali preliminari contingenti, si può pensare di utilizzare due metodologie molto semplici a cui i pescatori, che sono tutti i giorni nello stagno, debitamente addestrati, possono provvedere giorno per giorno.

Si tratta di valutare, a vista, la trasparenza dell'acqua, che da idea della presenza ed abbondanza del fitoplancton, e la presenza, sempre a vista, del fitobenthos.

La trasparenza deve essere valutata, in vari punti dello stagno, sulla base della colorazione dell'acqua con due modalità: una guardando la profondità di scomparsa di un disco bianco di 25 cm di diametro (chiamato disco di Sechi) ed un'altra, abbinata, ancora più empirica, attribuendo all'acqua, in una scala di valutazione cromatica, il carattere di molto colorata, abbastanza colorata, poco colorata e non colorata.

La presenza del fitobenthos macroscopico essendo facilmente visibile, sempre in diversi punti dello stagno, viene rilevata direttamente, ed inoltre può essere valutata la consistenza di biomassa in termini molto grossolani, ma comunque indicativi, in una scala dal poco, al parecchio, al molto ed al moltissimo.

Dando istruzioni precise ai pescatori di come utilizzare questi semplici strumenti e riversando le loro valutazioni, tramite internet, in un data base programmato allo scopo, è possibile avere un'idea, ad ampia scala, giorno per giorno, dei possibili processi in atto ed ipotizzare sulle possibili conseguenze momentanee ed in prospettiva e quindi far scattare un "allarme" e l'avvio di controlli di monitoraggio adatti.

La gestione della laguna peraltro non può essere semplicemente contingente ed intrinseca a se stessa. Va estesa al bacino idrografico di input nutrizionale e nello specifico alle attività agricole-zootecniche che sono la forma d'uso assolutamente

prevalente da quando i reflui del Comune di Arborea sono stati convogliati esternamente.

Bisogna pertanto procedere con interventi strutturali basati sulla riduzione e/o riorganizzazione delle attività zootecniche ed agronomiche di modo che il carico nutrizionale possa, in una prima fase, quantomeno essere dimezzato, vedere gli esiti a livello lagunare e poi eventualmente in una seconda fase, se necessario, intervenire nuovamente con ulteriori riduzioni. I risultati della sperimentazione su due parcelle sperimentali condotta dalla Regione Sardegna nell'ambito del presente progetto Zoumgest sono incoraggianti comportando proprio un dimezzamento del carico derivante dalle pratiche agronomiche e per di più con un risparmio consistente lasciando inalterate le potenzialità produttive. Questa strategia dovrebbe essere adottata non obbligatoriamente ma volontariamente ed immediatamente dai coltivatori! Si tratta solo di informarli e sensibilizzarli e questo sarebbe un risultato straordinario dell'intero progetto Zoumgest.

Questo obiettivo peraltro lo si può raggiungere anche mediante la realizzazione di un canale perilagunare che convogli il carico nutrizionale direttamente a mare lasciando la possibilità di prelevare i quantitativi idrici necessari con i relativi elementi nutrizionali per sostenere i livelli produttivi desiderati che implicino le minori probabilità possibili di crisi distrofiche.

Le attività svolte nell'ambito del progetto Zoumgest hanno permesso di definire con sufficiente certezza lo stato trofico-ambientale della laguna che sulla base delle informazioni disponibili risultava molto contraddittorio e assolutamente insufficiente per poter semplicemente pensare qualche strategia gestionale.

Ora il quadro è molto ben definito e lo è senza dubbi sulle condizioni di salute della laguna che richiedono interventi non differibili anche se elementi aggiuntivi relativamente alla definizione del carico sarebbero necessari. Peraltro, data la specifica collocazione geografica e la dimensione spaziale contenuta, la soluzione ideale

sarebbe con costi accettabili, se i coltivatori non adottassero la strategia della riduzione della concimazione fosfatica e/o questa non bastasse, quella di divergere i canali di rifornimento provenienti dal complesso delle coltivazioni gravitanti, direttamente a mare con la realizzazione di un canale collettore perilagunare nella sponda destra intercettando anche quello che si riversa nello Stagno di Pauli Pirastru.

## Bibliografia

- Carlson, R.E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22, 361-369.
- Ceccherelli V.U., Ferrari I., Gaiani V. (1981). Zooplankton and zoobenthos role in the diet of juvenile stages of different fish species in an embayment of the Po River Delta. *Kieler Meeresforsch.*, 5: 259-261.
- Clarke K.R., Warwick R.M. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.
- Ferrari I., Chierigato A.R. (1981). Feeding habits of juvenile stages of *Sparus auratus* L., *Dicentrarchus labrax* L. and Mugilidae in a brackish embayment of the Po River Delta. *Aquaculture*, 25: 243-257.
- Heiman K.W., Micheli F. (2010). Non-native ecosystem engineer alters estuarine communities. *Integr. Comp. Biol.*, 50: 226-236.
- Magni P., Rajagopal S., van der Velde G., Fenzi G., Kassenberg J., Vizzini S., Mazzola A., Giordani G. (2008). Sediment features, macrozoobenthic assemblages and trophic relationships ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  analysis) following a dystrophic event with anoxia and sulphide development in the Santa Giusta lagoon (western Sardinia, Italy). *Mar. Pollut. Bull.*, 57: 125-136.
- Vollenweider R.A. Kerekes J. (1982). Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control. Report of the OECD cooperative programme on eutrophication, Organisation for the Economic Development and Co-operation, Paris (1982) 154 pp.
- Wehr J.D. (1989). Experimental tests of nutrient limitation in freshwater picoplankton. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(6), 1605-1611.