Capitolo IV

RISULTATI

4.1 VARIABILITA SPAZIO-TEMPORALE DELLA LAGUNA 2006-2007

Per valutare l'andamento stagionale dell'intera laguna, sono stati presi in considerazione i campionamenti svolti durante i seguenti mesi:

3-4 maggio 2006	primavera
5-6 settembre 2006	estate
30-31 ottobre 2006	autunno
20-21 febbraio 2007	inverno

Primavera

La distribuzione superficiale dei parametri fisico-chimici nel periodo primaverile (Fig. 4.1) evidenzia una modesta differenza, di circa un grado, fra i valori di temperatura del settore settentrionale (21°C) e quello meridionale (22°C); i valori di salinità sono abbastanza omogenei, attorno al 32 ‰. I valori dell'ossigeno sono ovunque superiori all'80% e alla stazione C, all'uscita del braccio della Molella, si osservano valori di quasi 100%.

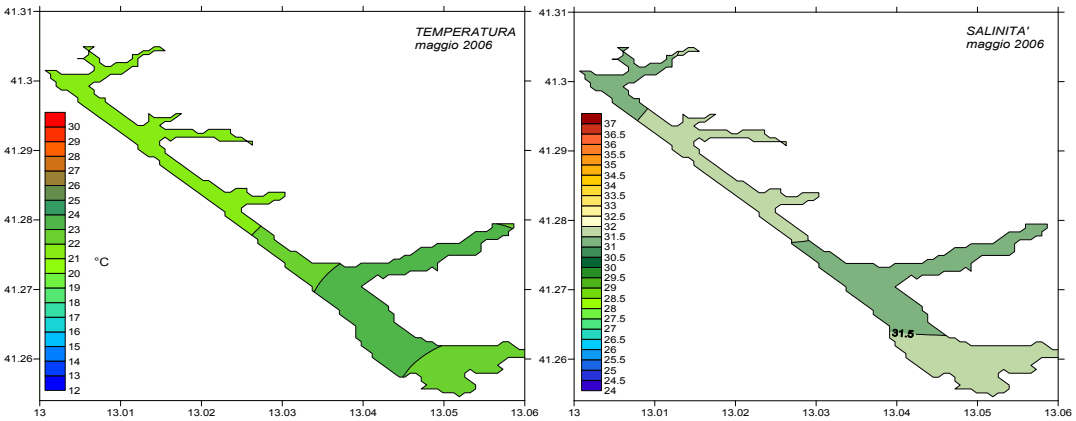


Fig. 4.1 – Primavera 2006 - Distribuzione superficiale di temperatura e salinità.

L'analisi dei nutrienti mostra che il maggior contributo viene fornito dall'azoto (AVG=11,07µM, ±11,83), seguito dai silicati (AVG=4,99µM, ±2,94) e fosfati

(AVG=0,20µM, ±0,20). Dall'analisi della loro distribuzione (Fig. 4.2) si può notare, ancora una volta, una differenza fra il settore settentrionale e quello meridionale: quello meridionale è caratterizzato dai valori più alti del TIN (AVG=19,48µM, ±11,72) e dei fosfati (AVG=0,16µM, ±0,28) rispetto al settore settentrionale (AVG TIN=2,66µM, ±1,03; AVG PO_4=0,13µM, ±0,05). Per quanto riguarda i silicati, invece, essi appaiono ovunque equamente distribuiti.

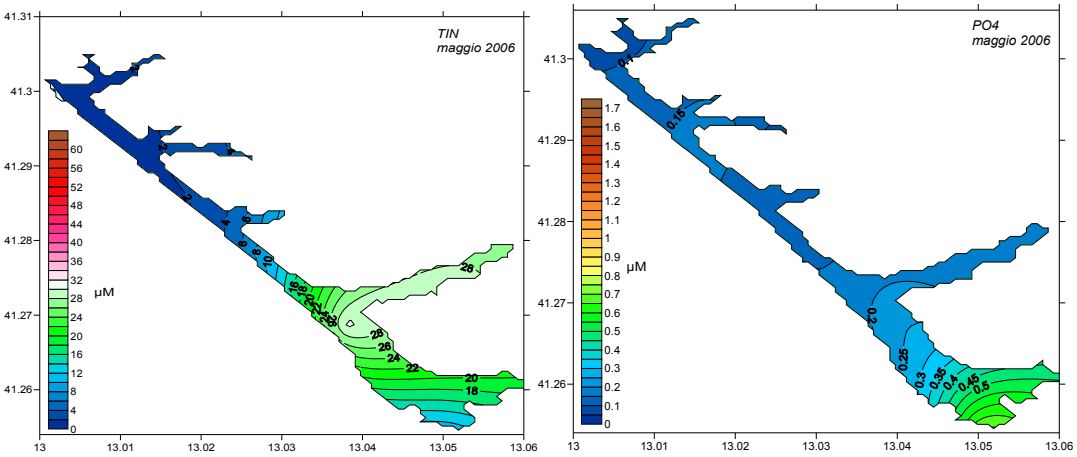


Fig. 4.2 – Primavera 2006 - Distribuzione superficiale di azoto totale inorganico (TIN) e fosfati (PO_4).

Quanto alle diverse forme dell'azoto si è notato che esso è presente soprattutto sotto forma di NO_3 (AVG=9,33µM, ±11,32), mentre le altre due forme ioniche - NO_2 e NH_4 – hanno concentrazioni molto simili (AVG=0,90µM, ±0,66 e 0.84µM, ±0,63, rispettivamente). La distribuzione delle tre forme ioniche mostra una differenza fra i settori settentrionale e meridionale, per NO_3 e NO_2, mentre si evidenzia una certa omogeneità per l' NH_4 (Fig. 4.3).

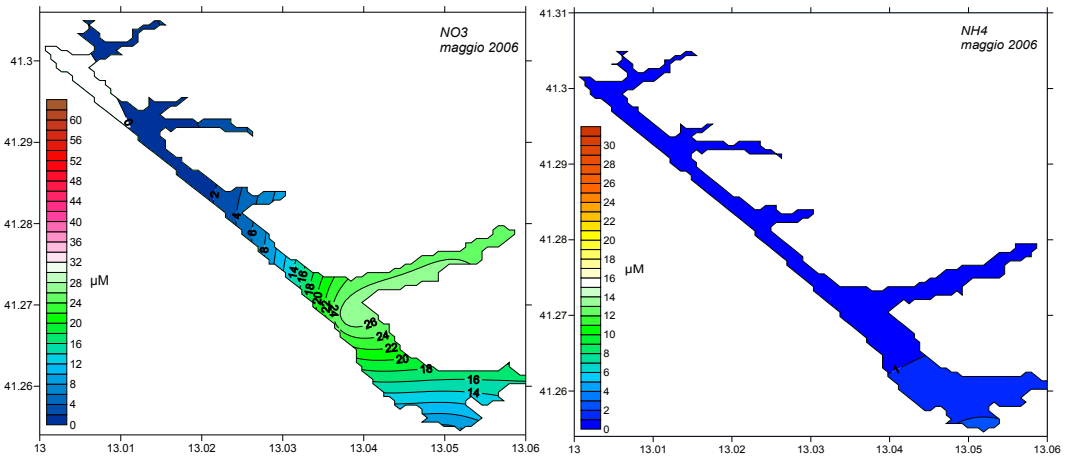


Fig. 4.3 – Primavera 2006 - Distribuzione superficiale di nitrati (NO_3) e ammonio (NH_4).

La biomassa fitoplanctonica mostra elevati valori nell'intera laguna, con valori medi di circa 15,81 µg/l (±6,78). La distribuzione (Fig. 4.4) mette in evidenza, ancora una volta, una separazione della laguna in due settori: uno settentrionale, (AVG=20,81 µg/l, ±5,31), e l'altro meridionale (AVG=10,81 µg/l, ±3,56).

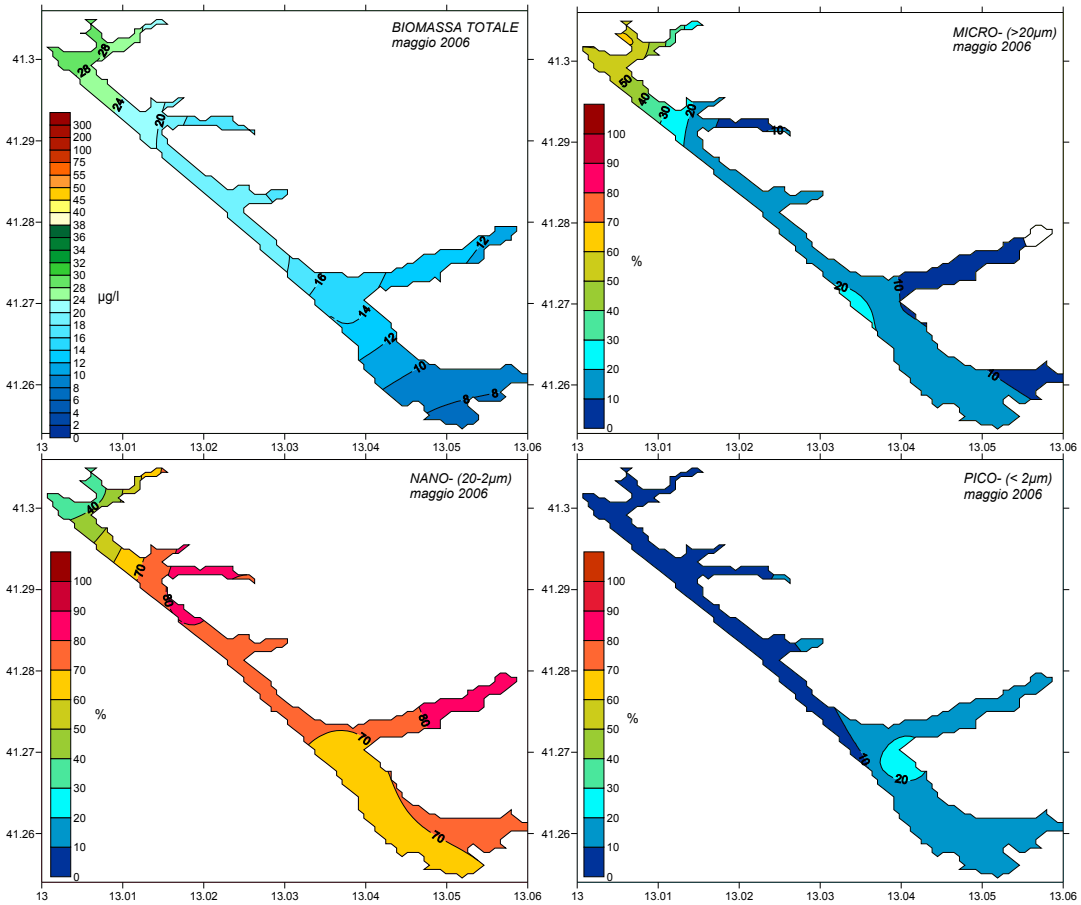


Fig. 4.4 – Primavera 2006 - Distribuzione superficiale della biomassa fitoplanctonica totale e delle frazioni micro-, nano- e picoplanctonica.

Quanto alle frazioni dimensionali, quella predominante è la nano- in tutta la laguna (AVG=69,76%, ±9,59) seguita dalla frazione micro- (AVG=17,02%, ±11,36). La loro distribuzione (Fig. 4.4), inoltre, mette in evidenza che là dove la percentuale della frazione nano- è minore, la percentuale di micro- aumenta; la frazione pico- (AVG=10,05%, ±6,53) invece è omogeneamente distribuita in tutta la laguna.

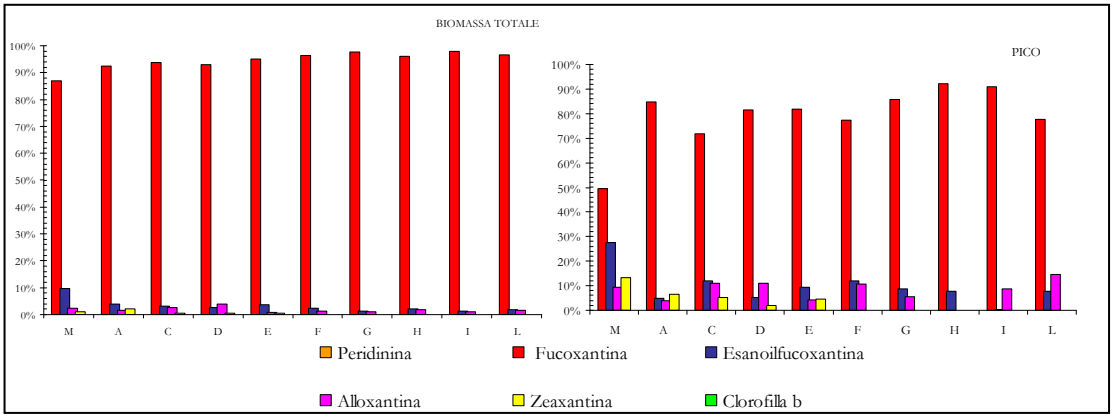


Fig. 4.5 – Primavera 2006 - Composizione pigmentaria della biomassa totale e della frazione pico- nel mese di maggio.

L'andamento dei pigmenti diagnostici nella biomassa totale (Fig. 4.5) mostra una sostanziale predominanza, in tutta la laguna, della fucoxantina (85% - Bacillariophyta) cui si aggiungono l'esanoilfucoxantina (2-10% - Prymnesiophyta) e l'alloxantina (2-5% - Cryptophyta).

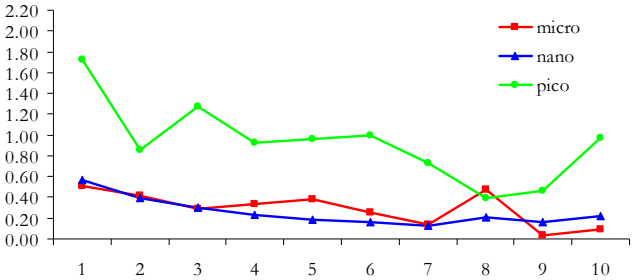


Fig.4.6 - Maggio 2006 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

Nelle stazioni più meridionali vi è anche la presenza della zeaxantina (1-3% - Cyanophyta). L'indice di Shannon (Fig. 4.6) indica che la frazione pico- è la più diversificata, in essa infatti la fucoxantina, pur rimanendo il pigmento più abbondante, diminuisce in tutte le stazioni della laguna a valori che oscillano tra il 50-90%, facendo aumentare il contributo dei rimanenti pigmenti.

Estate

Per i parametri fisico-chimici (Fig. 4.7), la temperatura ha valori medi di 26,45°C (±0,74) con massimi (28°C) che si osservano nelle stazioni più isolate e i minimi (25°C) nelle stazioni più settentrionali, mostrando una minima differenza fra i due settori. La salinità (AVG=32,35‰, ±3,86) ha una distribuzione decisamente meno omogenea rispetto alla primavera (AVG=31,63‰, ±0,36); sono presenti due settori: meridionale, con valori

essenzialmente marini - mediamente di 35 ‰ (±1,24) e massimi di 37‰ - e settentrionale, più dolce, con valori medi di 30‰ (±4,09) e minimi di 25 ‰.

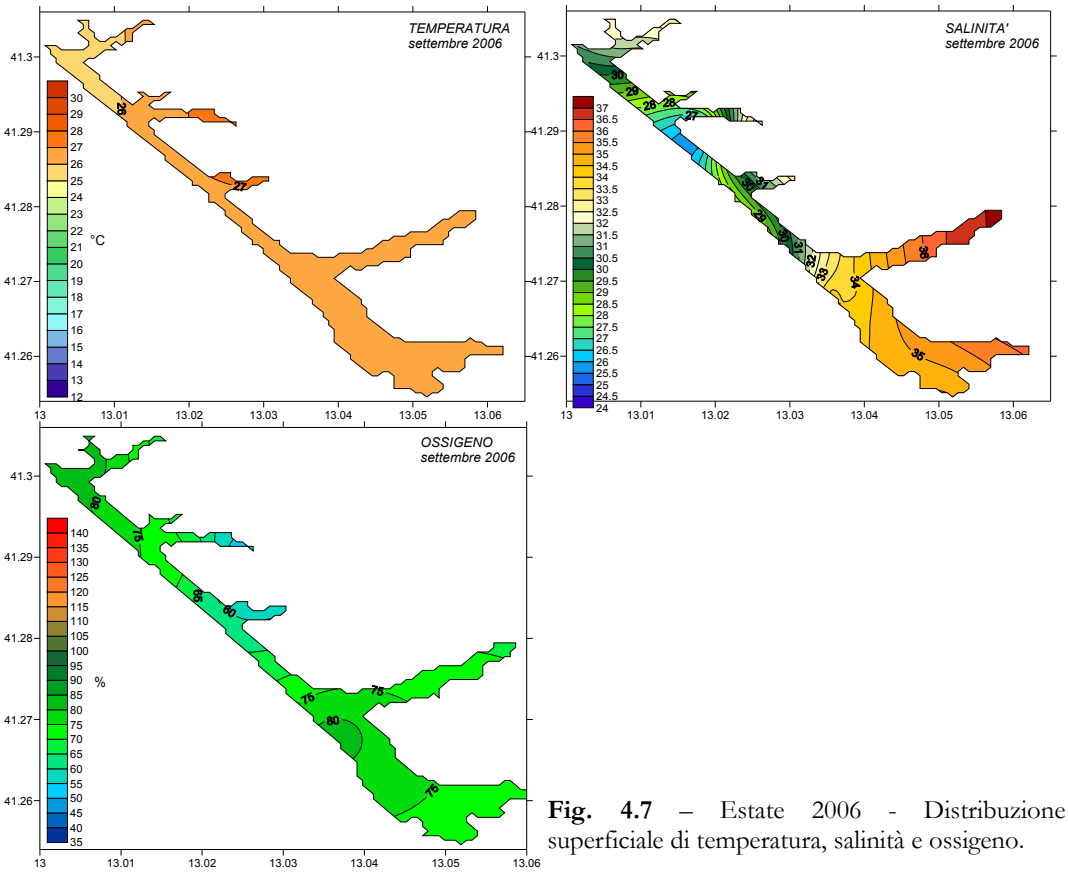


Fig. 4.7 – Estate 2006 - Distribuzione superficiale di temperatura, salinità e ossigeno.

Lo strato superficiale si presenta ovunque ossigenato con valori superiori al 70%, fatta eccezione per due stazioni meno vivificate in cui i valori scendono al 50%.

Per nutrienti principali, i silicati (AVG=118µM, ±18,08) hanno concentrazioni solo leggermente più alte nelle stazioni del settore settentrionale, dove si raggiungono i valori massimi pari a 145 µM (stazione I). Il TIN presenta valori medi di 11,28µM (±6,87) con concentrazioni leggermente più elevate nella parte centrale della laguna; i fosfati (AVG=0,48 µM, ±0,45) invece hanno le maggiori concentrazioni nelle parti più interne dei bracci settentrionali, dove raggiungono anche il valore di 1,70 µM (Stazione I) (Fig. 4.8).

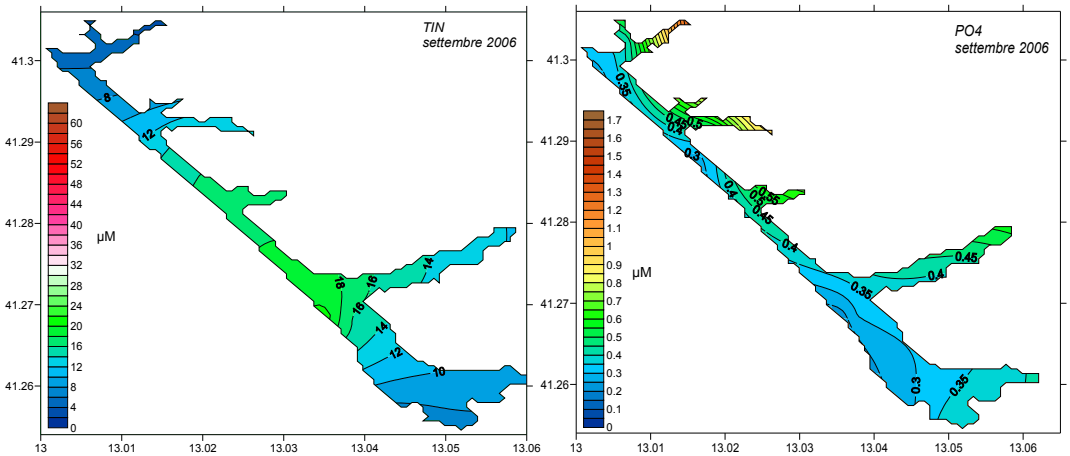


Fig. 4.8 – Estate 2006 - Distribuzione superficiale di azoto totale inorganico (TIN) e fosfati (PO_4).

Il TIN è costituito essenzialmente dall'ammonio (NH_4) (AVG= 9,13µM, ±6,74) la cui distribuzione è rappresentate in Fig. 4.9; il nitrato invece presenta concentrazioni notevolmente inferiori (1,82 µM).

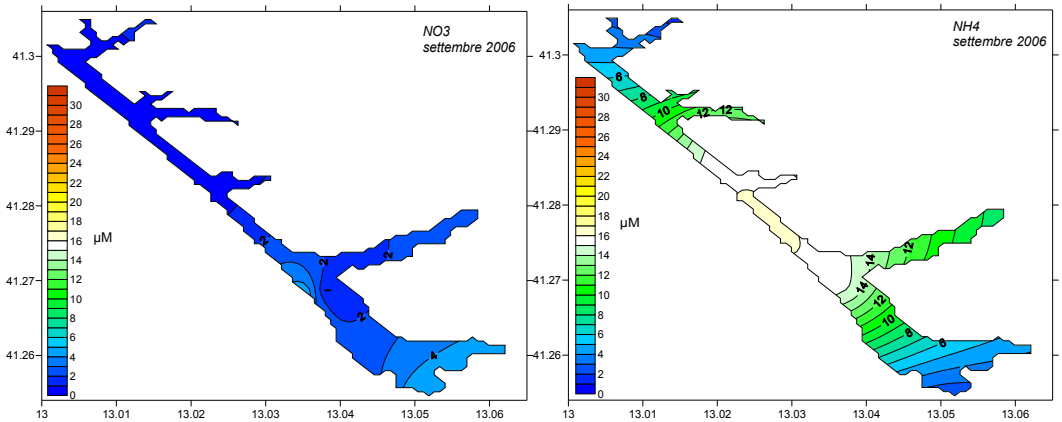


Fig. 4.9 – Estate 2006 - Distribuzione superficiale di nitrati (NO_3) e ammonio (NH_4).

I valori medi della biomassa fitoplanctonica sono di 66 µg/l con massimi di 300 µg/l che si riscontrano soprattutto nella parte più settentrionale della laguna, alle stazioni H ed I. La Fig. 4.10 mostra anche gradienti con massimi all'interno dei bracci. Tale distribuzione segue fedelmente quella dei fosfati che in laguna sono ritenuti un fattore limitante. Fra le frazioni dimensionali, la nano- è quella predominante, con un valore medio di 50% (±24,08); l'altra frazione molto rappresentata è la pico- (AVG=35%, ±16,30). La distribuzioni delle tre frazioni mette bene in evidenza come quella della nano- segua quella della biomassa totale: anche la nano- come la biomassa totale, infatti, è molto più concentrata nella parte più confinata dei bracci. In

corrispondenza dei bracci invece, le frazioni pico- e micro- sono meno concentrate seppure la pico- sia superiore alla micro-. In più, è da notare che la frazione pico- presenta una maggiore concentrazione nel settore meridionale.

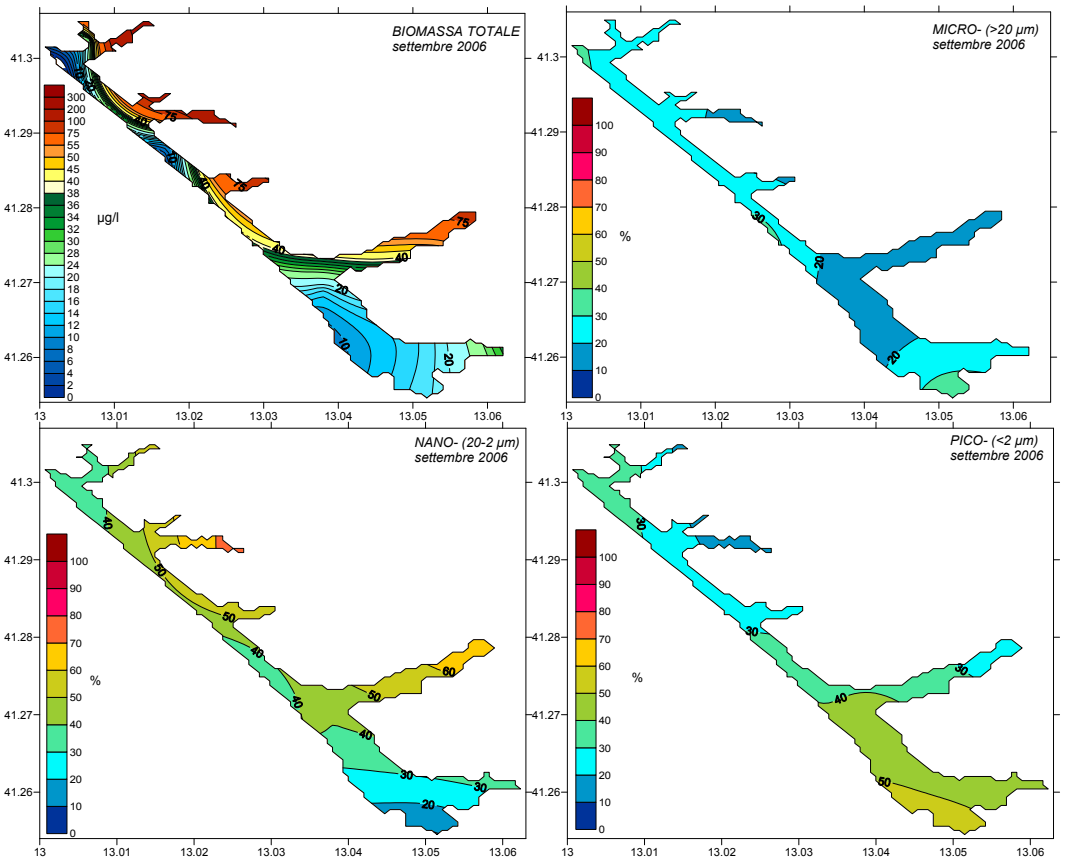


Fig. 4.10 – Estate 2006 - Distribuzione superficiale della biomassa fitoplanctonica totale e delle frazioni micro-, nano- e picoplanctonica.

L'analisi dei pigmenti della biomassa totale (Fig. 4.11) mostra una notevole diversità; sono stati infatti individuati, tutti i pigmenti diagnostici, eccetto la esanoilfucoxantina; tra di essi la zeaxantina (5-70% - Cyanophyta) e la fucoxantina (10-85% - Bacillariophyta) presentano le percentuali più alte.

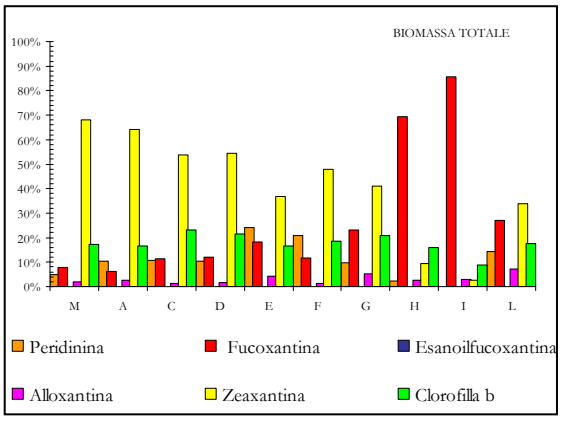


Fig. 4.11 – Estate 2006 - Composizione pigmentaria della biomassa totale nel mese di settembre.

La Fig.4.12 mette in evidenza che le frazioni micro- e nano- presentano la diversità maggiore, mentre la pico-, è quella con la diversità più bassa; essa è infatti costituita, per circa il 90%, da zeaxantina. Nelle stazioni a nord la pico- aumenta la propria diversità e ciò si deve all'aumento della fucoxantina, che raggiunge 80%.

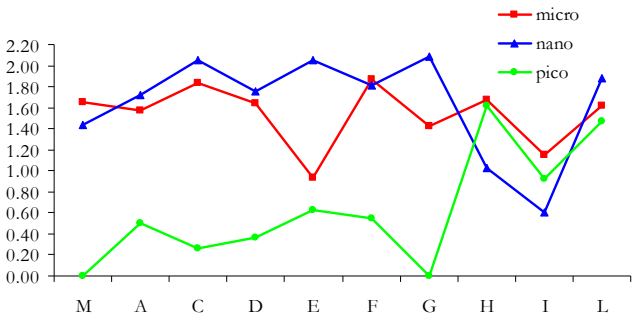


Fig. 4.12 - Settembre 2006 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

Autunno

Nel periodo autunnale, i valori di temperatura superficiali sono mediamente di 21°C (±0,96), con massimi di 22°C e minimi di 19°C.

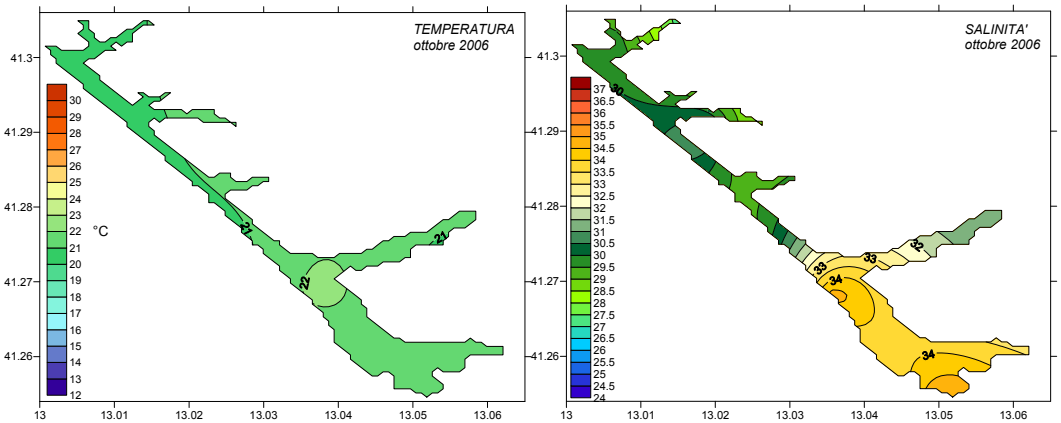


Fig. 4.13 – Autunno 2006 - Distribuzione superficiale di temperatura e salinità.

La salinità è mediamente di 31,19‰ (±2,96), con un gradiente crescente in senso nord-sud: il settore settentrionale con salinità più basse (AVG=28,89‰, ±1,80) e quello meridionale più elevate (AVG=33,49‰, ±1,82). Un gradiente crescente è presente in senso NW-SE e decrescente verso l'esterno del braccio della Molella (Fig. 4.13).

Per quanto concerne i nutrienti, i silicati presentano valori medi di 11,12µM (±8,31), con valori più alti nella parte meridionale (AVG= ,±) rispetto a quelle settentrionali (AVG= , ±); i fosfati con valori medi di 0.09 µM (±0,04) hanno una

distribuzione omogenea in tutta la laguna, mentre il TIN, con valori medi di 12µM (±10,14), ha valori più alti nel settore meridionale (Fig. 4.14).

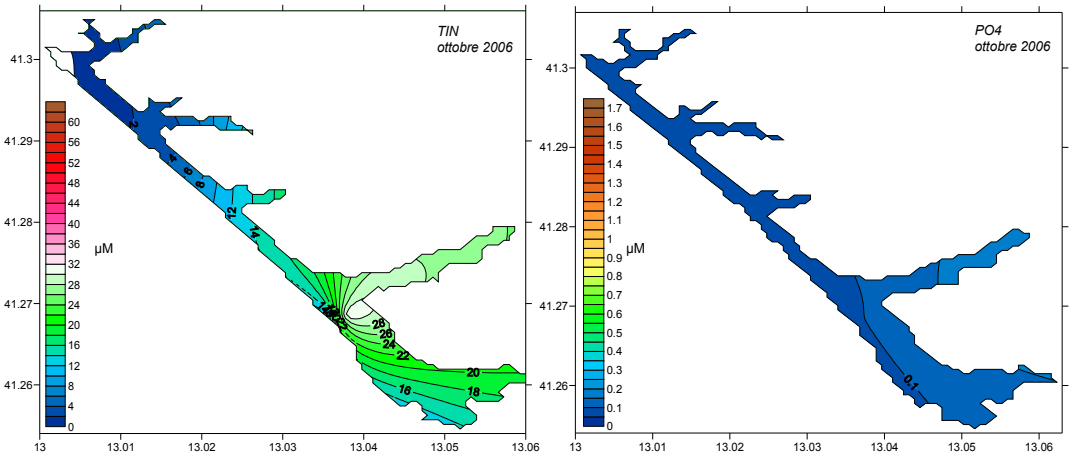


Fig. 4.14 – Autunno 2006 - Distribuzione superficiale di azoto totale inorganico (TIN) e fosfati (PO_4).

Fra le forme dell'azoto, il nitrato è quella predominante (AVG=8,81µM, ±8,95) seguito dall'ammonio (AVG=2,19µM, ±2,91); la loro distribuzione è riportata in Fig. 4.15.

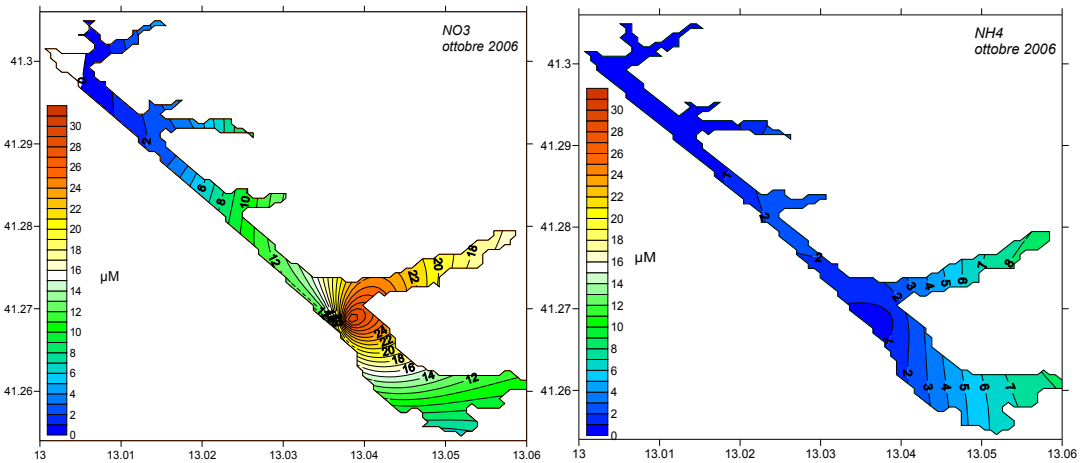


Fig. 4.15 – Autunno 2006 - Distribuzione superficiale di nitrati (NO_3) e ammonio (NH_4).

La biomassa fitoplanctonica presenta valori medi di 38,78 µg/l (±10,46) con massimi di 62,89µg/l raggiunti nella parte più interna del braccio della Molella. La distribuzione superficiale (Fig. 4.16) mostra una differenza fra il settore settentrionale e quello meridionale, quest'ultimo con valori più alti. I valori delle frazioni evidenziano che la componente nano- è quella con peso maggiore (AVG=70%, ±10,51), seguita dalla pico- (20%, ±10,52) ed in fine dalla micro- (10%, ±6,40). La Fig. 4.16 mostra che la nano- è

distribuita uniformemente, eccetto che nella parte più settentrionale, dove è il suo contributo diminuisce, mentre aumenta la pico-. La frazione micro- invece è omogeneamente distribuita.

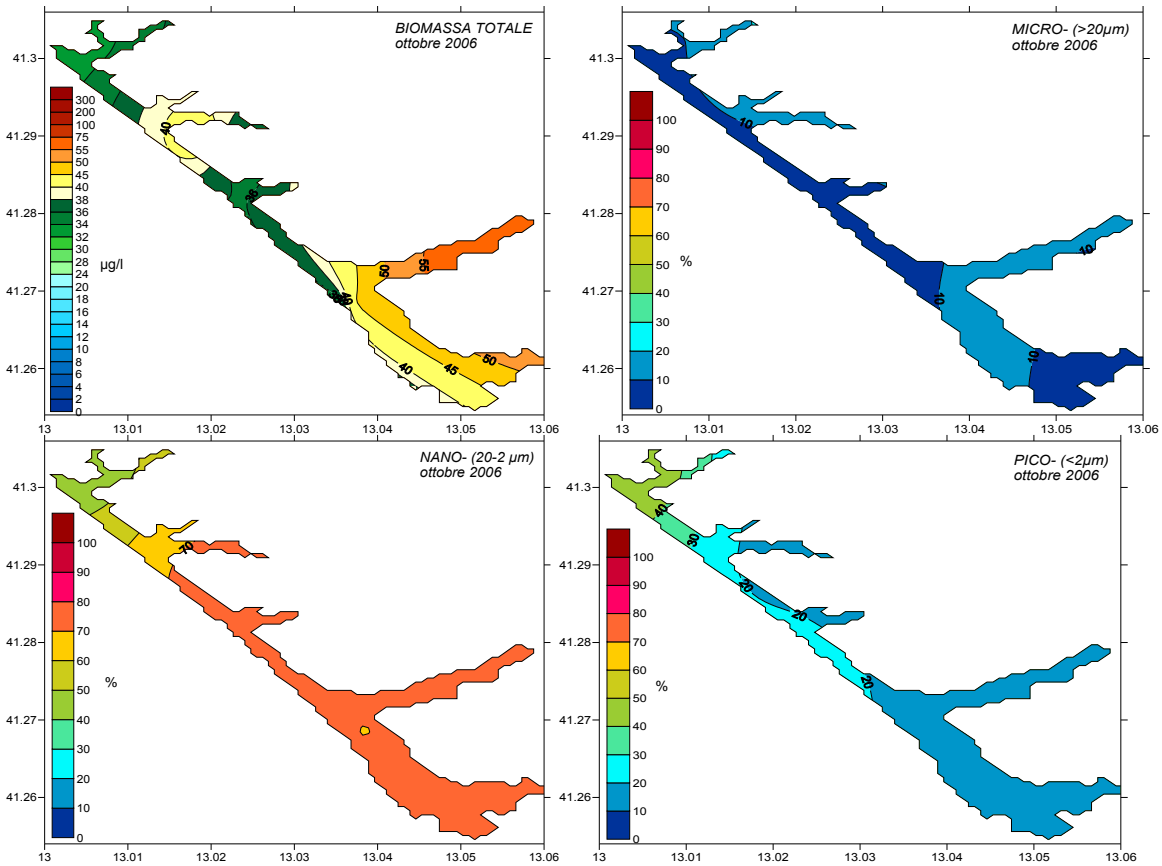


Fig. 4.16 – Autunno 2006 - Distribuzione superficiale della biomassa fitoplanctonica totale e delle frazioni micro-, nano- e picoplanctonica.

I pigmenti diagnostici, nella biomassa totale (Fig.4.17), mostrano situazioni differenti fra le stazioni settentrionali e meridionali: quelle meridionali presentano una composizione pigmentaria più diversificata rispetto a quelle più settentrionali. In tutta la laguna, il pigmento predominante è la fucoxantina (60-80% - Bacillariophyta), seguita da zeaxantina (10-20% - Cyanophyta), clorofilla b (6-15% - Chlorophyta) e alloxantina (Cryptophyta). Nelle stazioni del settore meridionale, si aggiungono anche la peridinina (Dinophyta) e la esanoilfucoxantina (Prymnesiophyta). La composizione pigmentaria delle frazioni ripropone quella della biomassa totale, pur con un contributo differente dei singoli pigmenti; in particolare, la micro- e la nano- sono caratterizzate dal maggior contributo di fucoxantina; mentre la pico-, è costituita per lo più da zeaxantina in un contesto comunque molto diversificato.

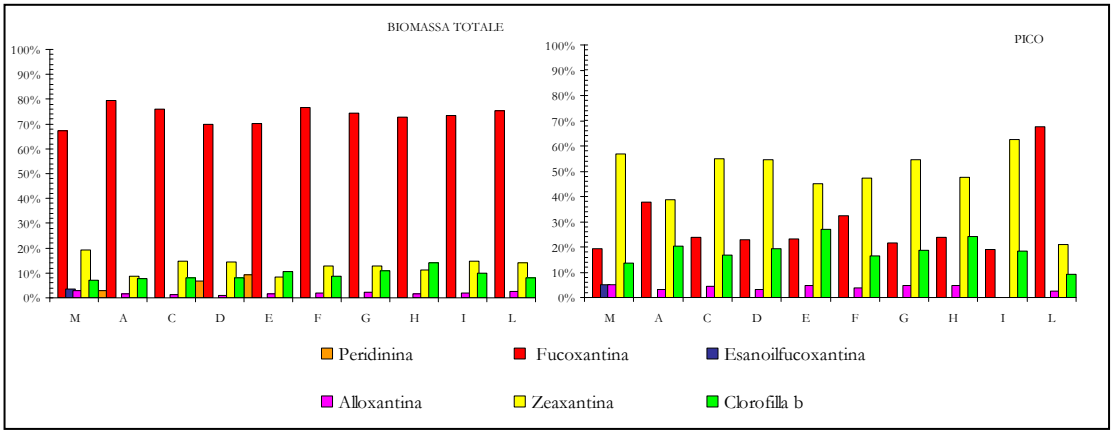


Fig. 4.17 - Autunno 2006 - Composizione pigmentaria della biomassa totale e delle frazioni micro-, nano- e pico- nel mese di ottobre.

L'indice di Shannon per le tre frazioni (Fig. 4.18) sottolinea la maggiore diversità della pico- seguita dalla micro-; la nano- risulta quindi la più omogenea.

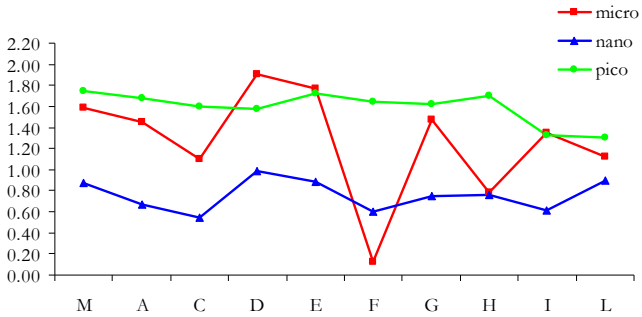


Fig. 4.18 – Ottobre 2006 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

Inverno

Nel periodo invernale, i valori superficiali della temperatura raggiungono mediamente i 13°C (±0,21) (Fig. 4.19).

La salinità presenta anch'essa valori più bassi (AVG=29‰, ±2,33), con minori concentrazioni (circa 27‰) nella parte settentrionale (Fig. 4.19).

Per quanto riguarda i nutrienti (Fig. 4.20), il TIN presenta calori medi di 43µM (±9,90), con i valori più alti nella parte più interna dei bracci; le concentrazioni dei fosfati sono mediamente di 0.10µM (±0,02), con una

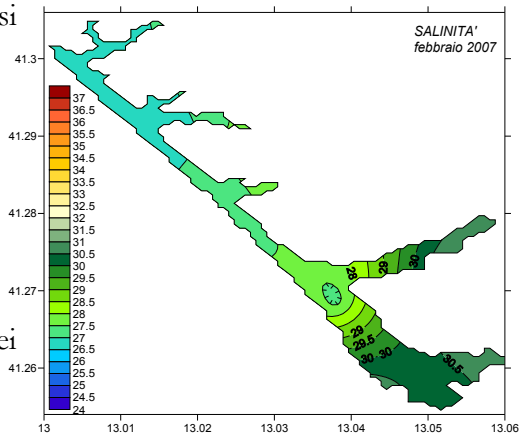


Fig. 4.19 – Inverno 2007 - Distribuzione superficiale della salinità.

distribuzione omogenea; mentre i silicati hanno valori medi di 26.27µM (±11,64) con concentrazioni più alte nella parte meridionale dove si raggiungono mediamente valori di 36.44µM (±3,22) contro i 16.10µM (±5,99) della parte settentrionale.

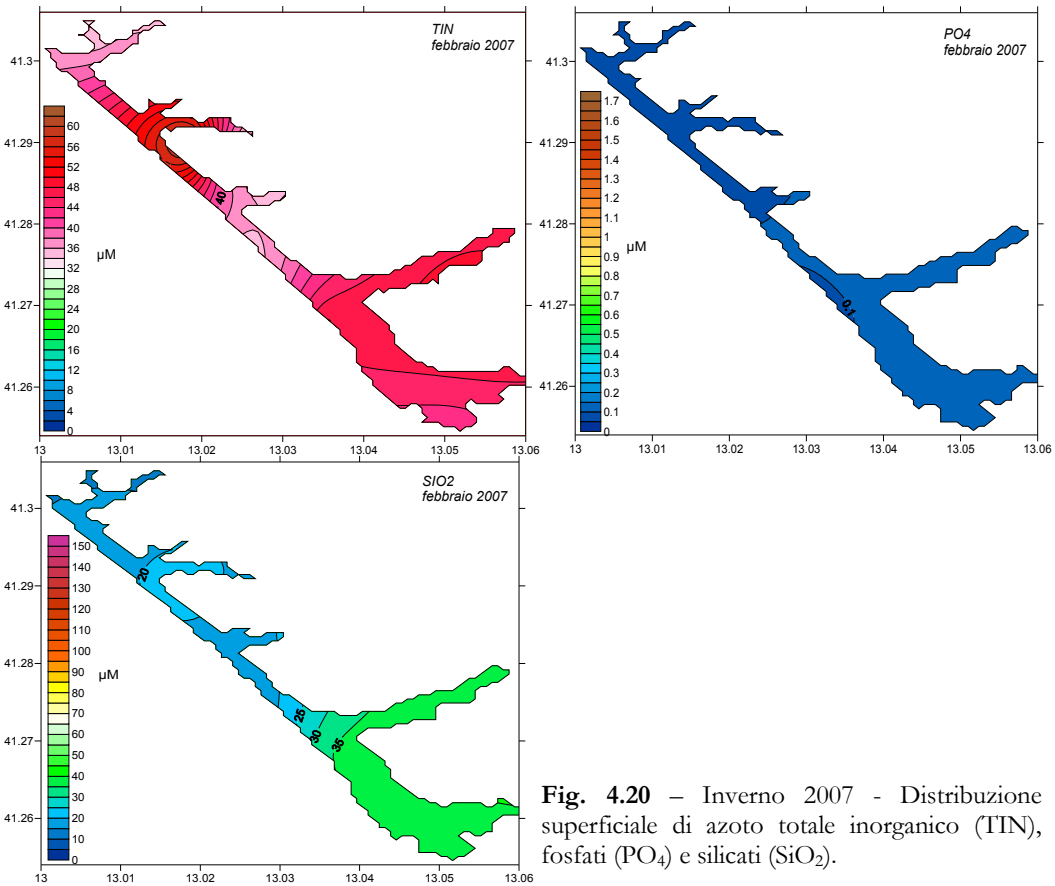


Fig. 4.20 – Inverno 2007 - Distribuzione superficiale di azoto totale inorganico (TIN), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

Il nitrato, la forma predominante la cui distribuzione è molto simile a quella del TIN (Fig. 4.21), presenta un valore medio di 39.43µM (±10,29), mentre l'ammonio ha valori prossimi allo zero.

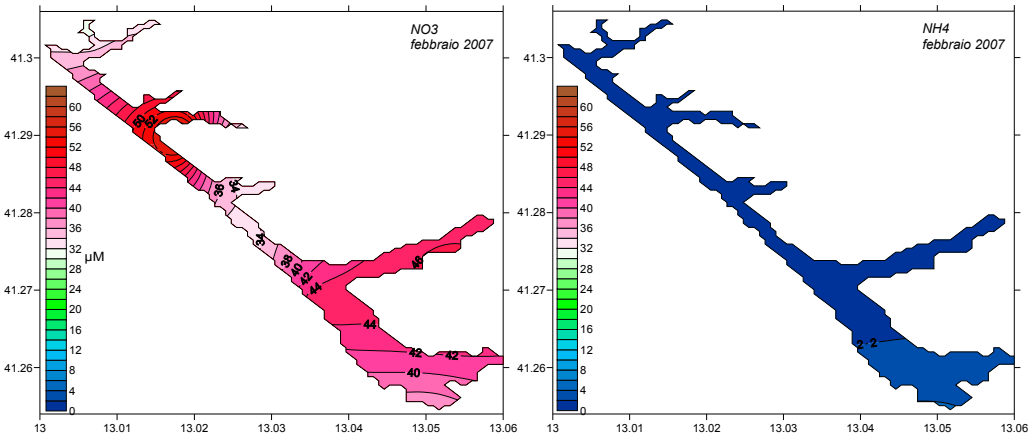


Fig. 4.21 – Inverno 2007 - Distribuzione superficiale di nitrati (NO_3) e ammonio (NH_4).

La biomassa presenta valori medi pari a 27.67µg/l, raggiungendo i massimi nella parte più settentrionale della laguna (81.55µg/l, staz. H) e i minimi nel settore meridionale nella staz. M (2.52µg/l, ±23.66,). La distribuzione superficiale (Fig. 4.22) mostra un andamento concorde con quello del nitrato.

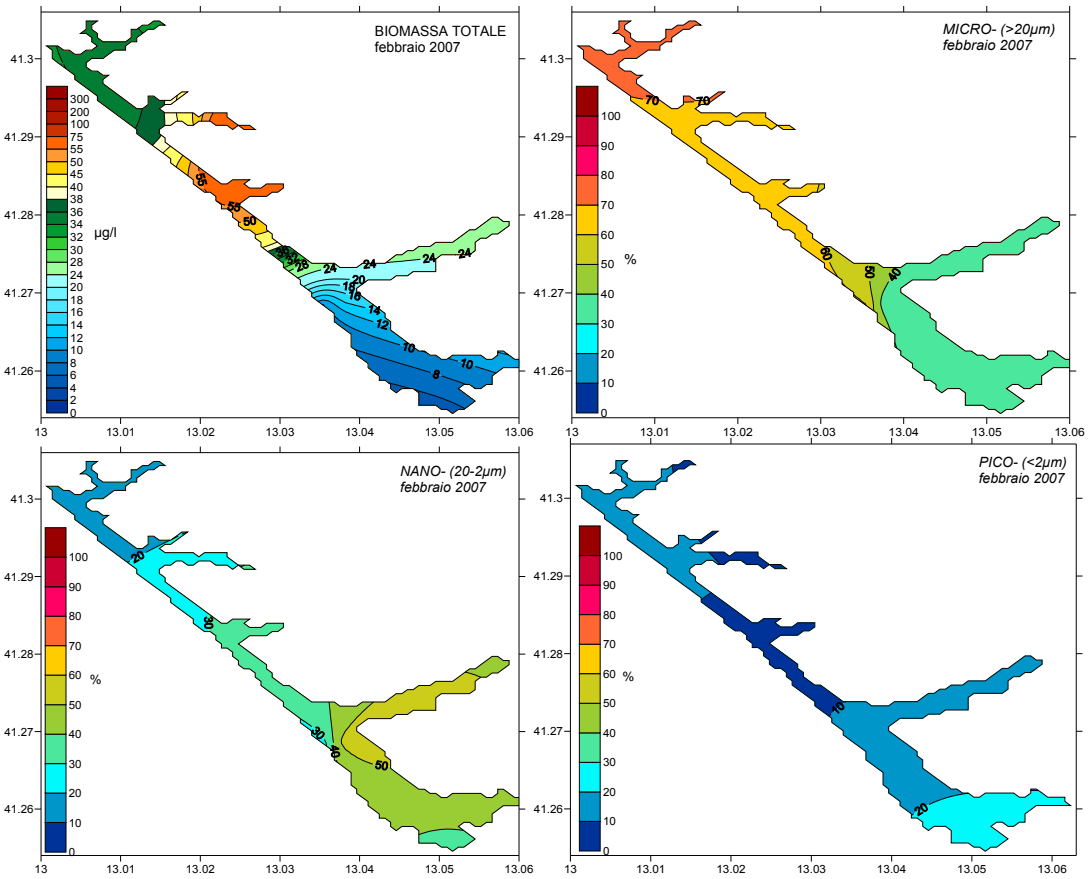


Fig. 4.22 – Inverno 2007 - Distribuzione superficiale della biomassa fitoplanctonica totale e delle frazioni micro-, nano- e picoplanctonica.

Per quanto riguarda le frazioni dimensionali, predomina la micro- (AVG=55% ±18) e il suo contributo raggiunge valori superiori al 50% (fino all'80%) nel settore settentrionale (Fig. 4.22), mentre nel settore meridionale si mantiene attorno a valori inferiori alla media, con valori minimi del 31%. La nano- contribuisce mediamente con AVG=32% (±14) e la sua distribuzione è inversa a quella della frazione micro-, raggiungendo i valori massimi (54%) nel settore meridionale. La frazione pico-, invece, contribuisce con valori più bassi (AVG=13%, ±7) mostrando una distribuzione molto più omogenea in tutta la laguna. Nella biomassa totale, la fucoxantina, con valori che vanno dal 60 al 90%, è il pigmento predominante nell'intera laguna. Esiste tuttavia sia

una differenza nella composizione che nella quantità relativa dei pigmenti fra le stazioni meridionali e quelle settentrionali.

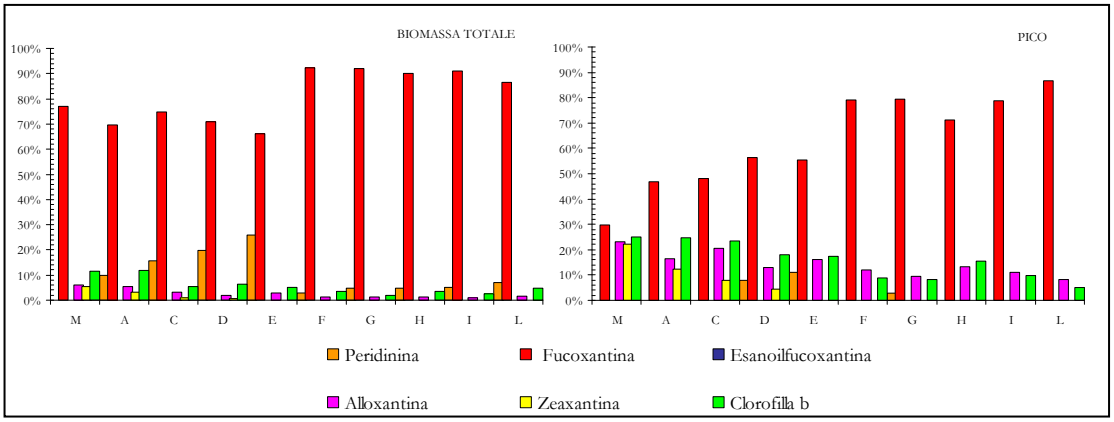


Fig.4.23 – Inverno 2007 - Composizione pigmentaria della biomassa totale e dellapico- nel mese di febbraio.

In termini di diversità (Fig.4.24), la pico- risulta la più diversificata, seguita dalla frazione nano-.

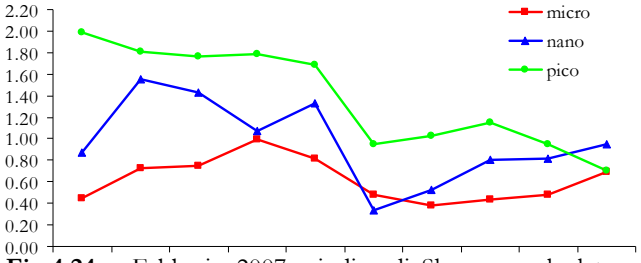


Fig.4.24 – Febbraio 2007 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

4.2 VARIABILITÀ SPAZIO-TEMPORALE DELLA LAGUNA - ESTATE 2007

Luglio

La temperatura superficiale presenta un valore medio di 28,80°C (±0,58) e la sua distribuzione mostra una differenza di circa un grado fra le stazioni della parte meridionale e settentrionale della laguna. La salinità mostra un evidente gradiente crescente verso sud, dove si raggiungono valori di 36‰. La distribuzione dell'ossigeno mostra valori bassi nelle stazioni più interne dei bracci (Fig. 4.25).

Le concentrazioni dei silicati raggiungono valori medi di 88,15µM (±14,87), il TIN di 0,69µM (±0,59) e i fosfati di 0,45µM (±0,11); le dinamiche spaziali di questo campionamento verranno riprese in una fase successiva. Analizzando le diverse forme dell'azoto, si osserva che mentre il nitrato è presente in concentrazioni più alte nei bracci settentrionali, l'ammonio si distribuisce omogeneamente in tutta la laguna.

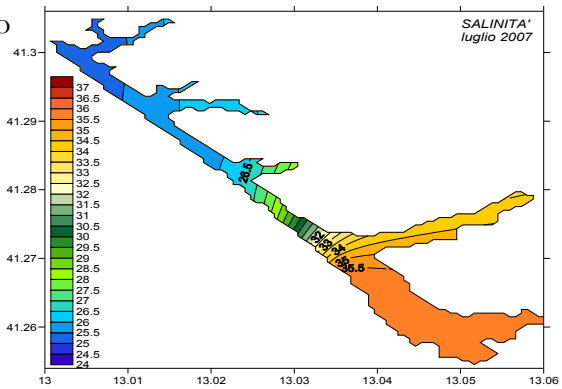


Fig. 4.25 – Estate 2007 - Distribuzione superficiale di salinità.

Il valore medio della concentrazione della biomassa fitoplanctonica nell'intera laguna è di 31,92µg/l (±17,93) e la sua distribuzione (Fig. 4.26) mostra due gradienti: il primo, decrescente in direzione nord-sud, con valori più alti nella staz.I (65,62µg/l) e i più bassi nella staz.M (12,57µg/l); il secondo, nel braccio della Molella, in cui i valori più alti (33,83µg/l) si raggiungono nella stazione più interna e i più bassi (19,79µg/l) in quella più esterna. L'analisi delle frazioni dimensionali mostra che la pico-, con un valore medio di 62,12% (±12,94), è la più abbondante, seguita dalla nano- (AVG=25,55%, ±15,24), mentre la micro- contribuisce mediamente con il 12,33% (±8,46). La distribuzione superficiale di queste frazioni (Fig. 4.26) mette in evidenza che il valore percentuale delle frazioni nano- e picoplanctonica è più alto nelle stazioni della parte più interna dei bracci.

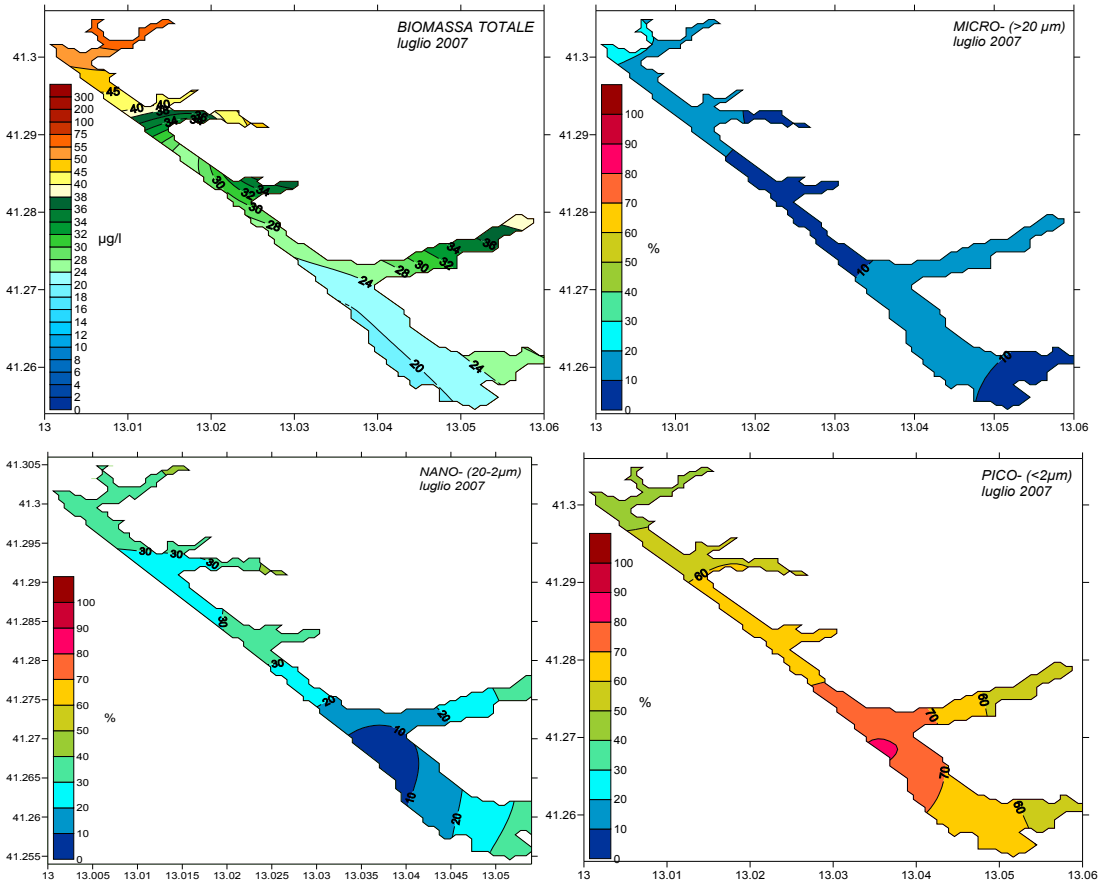


Fig. 4.26 – Estate 2007 - Distribuzione superficiale della biomassa fitoplanctonica totale e delle frazioni micro-, nano- e picoplanctonica

La composizione dei pigmenti diagnostici della biomassa totale (Fig. 4.27) denota un popolamento qualitativamente molto diversificato, con differenze fra le stazioni settentrionali e meridionali. La zeaxantina (Cyanophyta) e la fucoxantina (Bacillariophyta) sono i pigmenti predominanti; tuttavia, mentre la prima mostra un gradiente sud-nord con valori massimi (85%) nella stazione M, la fucoxantina mostra il gradiente opposto.

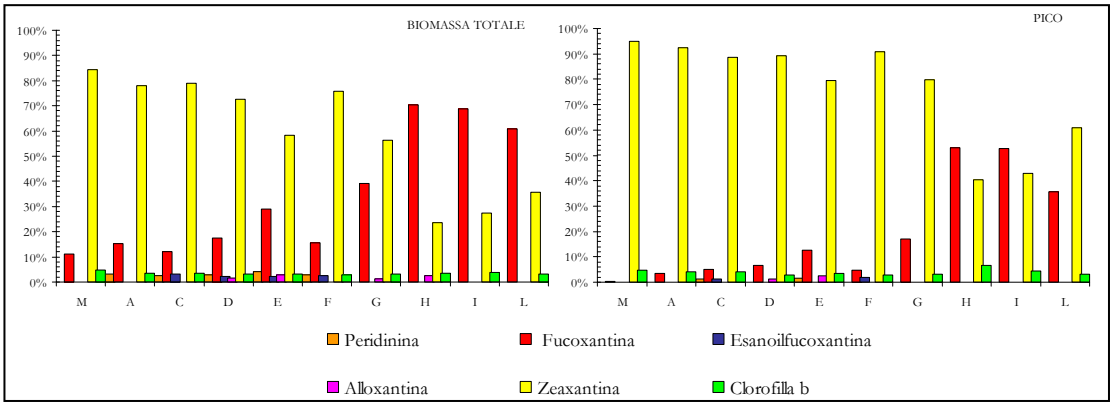


Fig.4.27 – Estate 2007- Composizione pigmentaria della biomassa totale e della pico- nel mese di luglio.

La clorofilla *b* (Chlorophyta) è presente con valori bassi in tutta la laguna. L'alloxantina (Cryptophyta) è presente, in basse percentuali, solo nelle stazioni collocate all'interno dei bracci; la peridinina (Dinophyta) è presente nelle stazioni più meridionali mentre nel braccio della Molella si evidenzia la presenza dell'esanoilfucoxantina (Prymnesiophyta).

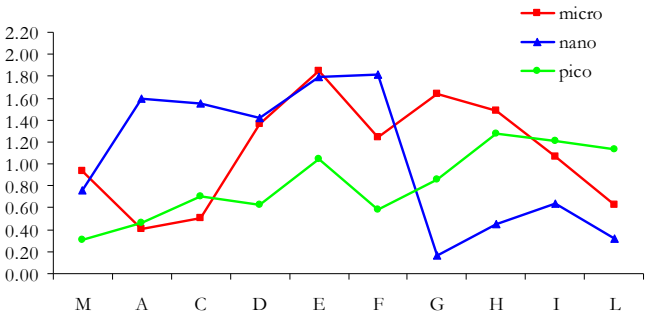


Fig. 4.28 – Luglio 2007 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

Analizzando l'indice di diversità delle singole frazioni (Fig. 4.28), si osserva che la micro-, pur essendo la frazione quantitativamente meno importante, è più diversificata, mentre la nano- e la pico- presentano un pigmento che risulta predominante rispetto agli altri, rispettivamente la fucoxantina e la zeaxantina.

Settembre

La temperatura ha un valore medio di 25°C (±0,28) distribuita in maniera omogenea in tutta la laguna; la salinità con valori medi di 34,96‰ (±0,28) ha invece una distribuzione superficiale che evidenzia una regione centrale più dolce (Fig. 4.31).

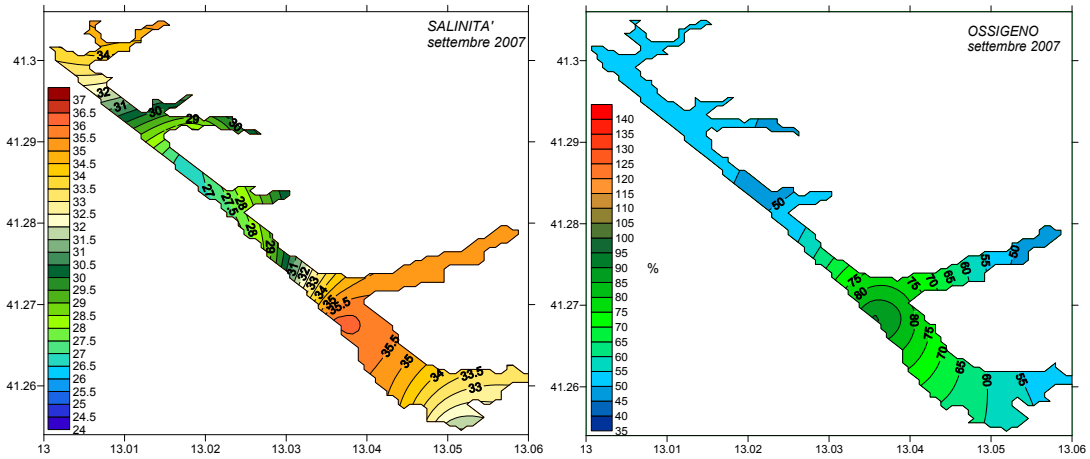


Fig. 4.29 – Estate 2007 - Distribuzione superficiale di salinità e ossigeno nel mese di settembre.

Tra i nutrienti, i silicati presentano concentrazioni medie di 74,45µM (±19,34), il TIN di 11.07µM (±13.27) ed i fosfati di 0,53µM (±0,11). La loro distribuzione (Fig. 4.30)

manifesta, per i silicati un leggero gradiente crescente verso l'interno del braccio della Molella e per il TIN un gradiente più accentuato nello stesso verso; i fosfati presentano invece una distribuzione pressocchè uniforme.

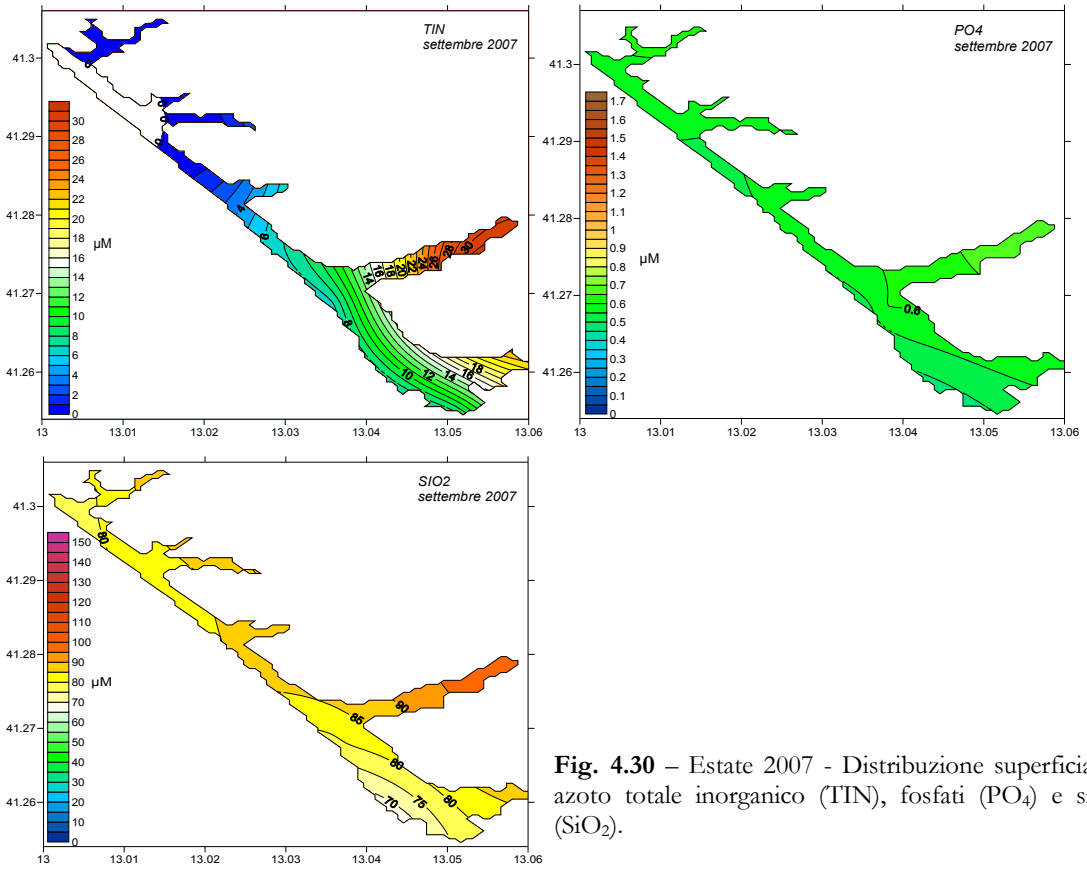


Fig. 4.30 – Estate 2007 - Distribuzione superficiale di azoto totale inorganico (TIN), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

Il TIN è per lo più costituito dal'ammonio (AVG=3,79µM, ±9,61) con un gradiente crescente verso l'interno del braccio della Molella. Il nitrato, invece, con concentrazioni più basse (AVG=2,38µM, ±2,79), mostra un gradiente opposto; mentre il nitrito presenta concentrazioni molto più basse (AVG=0,15µM, ±0,14) (Fig. 4.30).

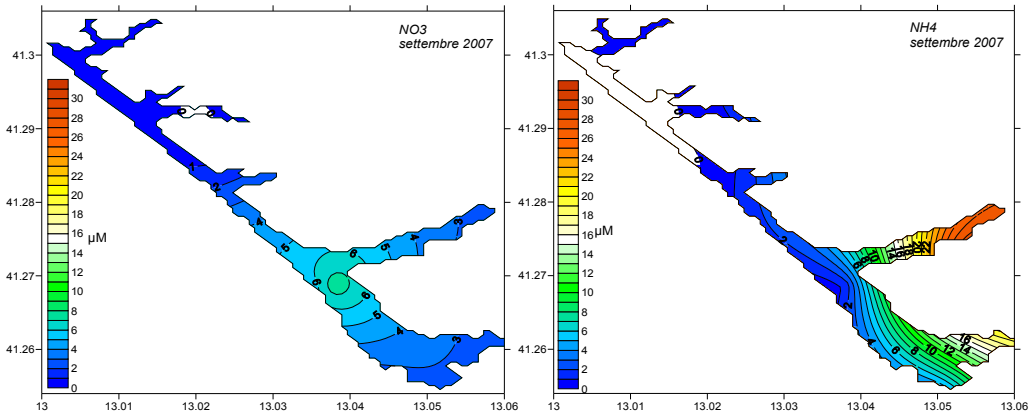


Fig. 4.30 – Estate 2007 - Distribuzione superficiale di nitrati (NO_3) e ammonio (NH_4).

La biomassa fitoplanctonica, con un valore medio di 24,66µg/l (±4,86), presenta valori sensibilmente più alti nella parte meridionale e nelle stazioni poste nella parte più interna dei bracci del settore settentrionale. Delle tre frazioni dimensionali, la pico- (AVG=51,40%, ±9,96) è la predominante, seguita dalla nano- (AVG=39,62%, ±10,45). La loro distribuzione mette in evidenza gradienti opposti fra la nano- e la pico- (Fig. 4.31).

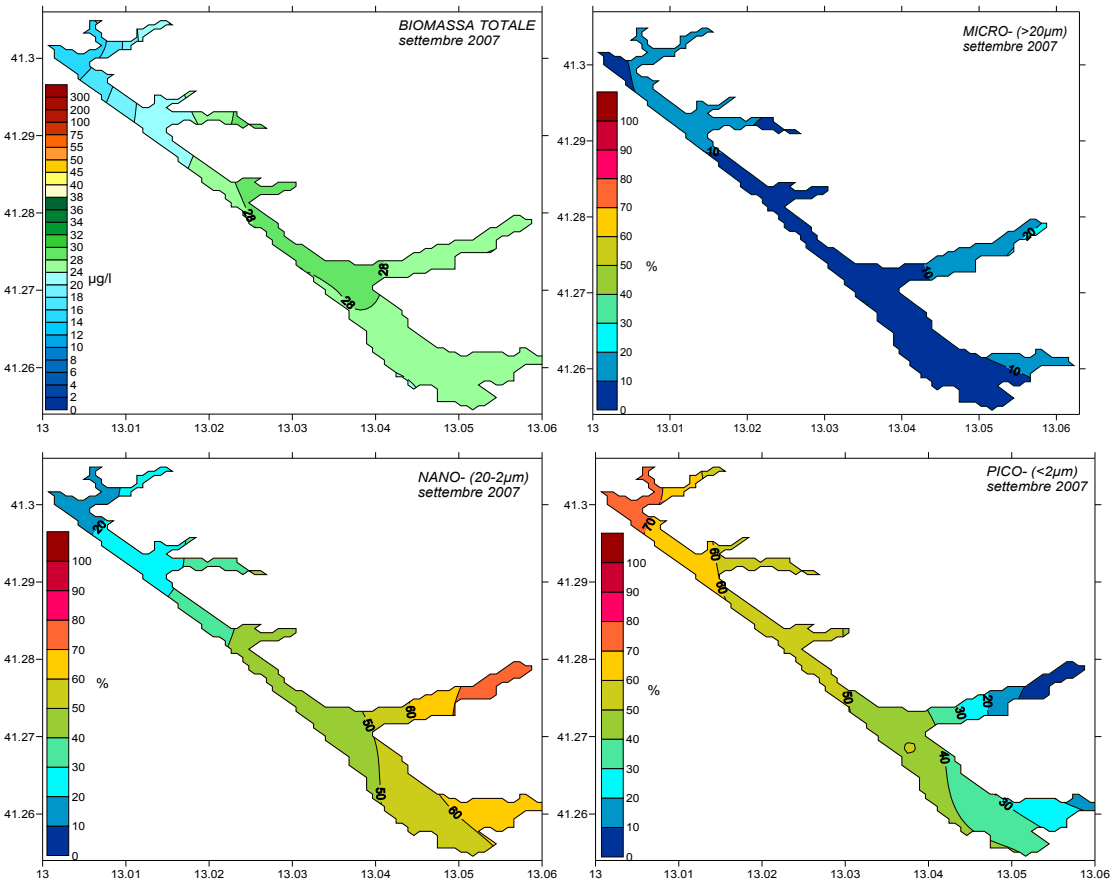


Fig. 4.31 – Estate 2007 - Distribuzione superficiale della biomassa fitoplanctonica totale e delle frazioni micro-, nano- e picoplanctonica.

L'analisi dei pigmenti diagnostici nella biomassa totale (Fig. 4.32) mette in evidenza, in tutta la laguna, una notevole presenza della fucoxantina (25-50% - Bacillariophyta) e della zeaxantina (30-50% - Cyanophyta) e fino al 7% di clorofilla *b* (Chorophyta); sono anche presenti peridinina (Dinophyta), e alloxantina (Cryptophyta); solo in alcune stazioni (quelle poste nel braccio dell'Annunziata e della Molella), è presente l'esanoilfucoxantina (Prymnesiophyta).

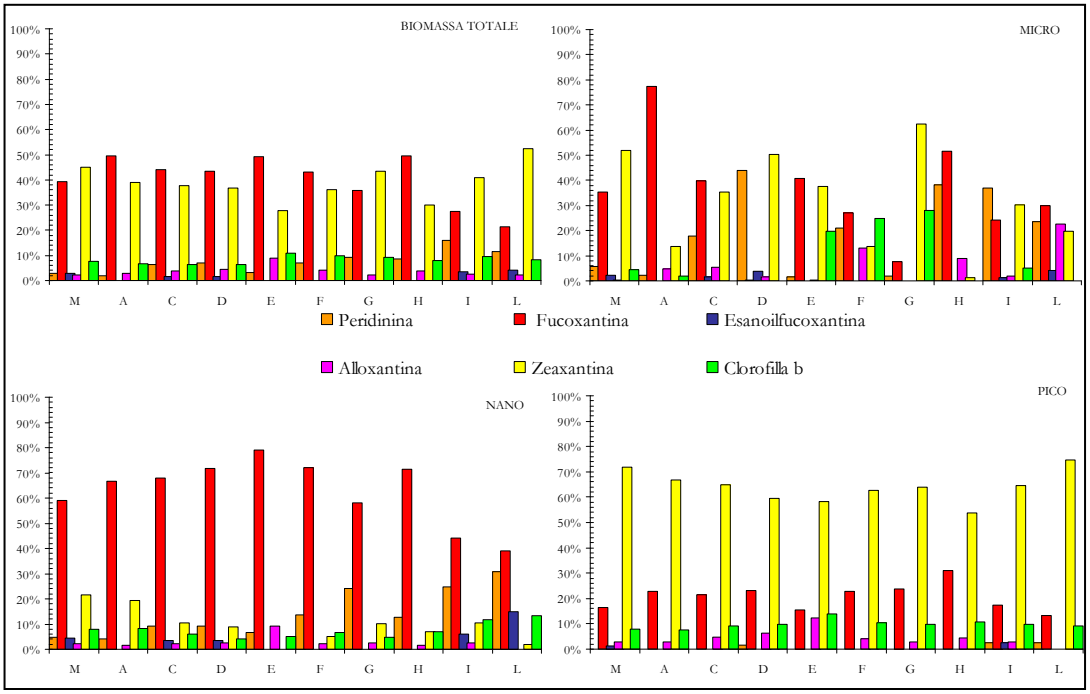


Fig.4.32 – Estate 2007- Composizione pigmentaria della biomassa totale e delle frazioni micro-, nano- e pico- nel mese di settembre.

L'analisi dei pigmenti diagnostici in ciascuna frazione ci permette di notare che, mentre nella frazione micro- sono presenti tutti i pigmenti diagnostici in percentuali diverse a seconda della stazione; nelle frazioni nano- e pico- (le più abbondanti in laguna), vi è un pigmento che percentualmente risulta il più abbondate in tutte le stazioni: la fucoxantina (diatomee) per la frazione nano- e la zeaxantina (cianobatteri) nella frazione pico-. Nonostante questa predominanza, gli altri pigmenti sono comunque ben rappresentati, tali da permettere un valore dell'indice di diversità molto alto (Fig.4.33).

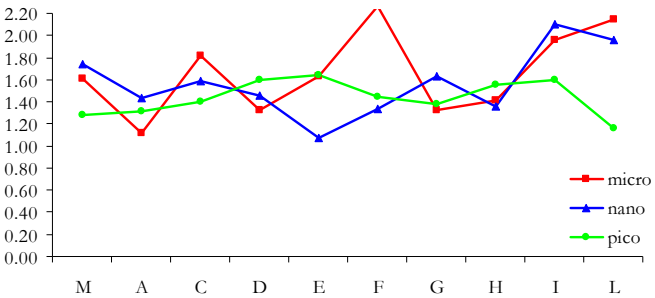


Fig.4.33 – Settembre 2007 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

4.3 IL SETTORE MERIDIONALE DELLA LAGUNA – CICLO ESTATE 2006-ESTATE 2007.

- ***Estate 2006***

GIUGNO

Nel mese di giugno, la parte meridionale della laguna presenta valori superficiali di temperatura e salinità omogenei (rispettivamente AVG=27,53°C, ±0,59 e AVG=34,42‰, ±0,25).

Per quanto riguarda i nutrienti (Fig. 4.34), i silicati presentano concentrazioni medie di 75,03µM (±5,73), il TIN di 1,03µM (±0,21) e i PO4 di 0,16 (±0,03). Il TIN è composto essenzialmente dall'ammonio, che presenta i valori più alti (0,16µM) nella parte più interna del braccio (Staz. E).

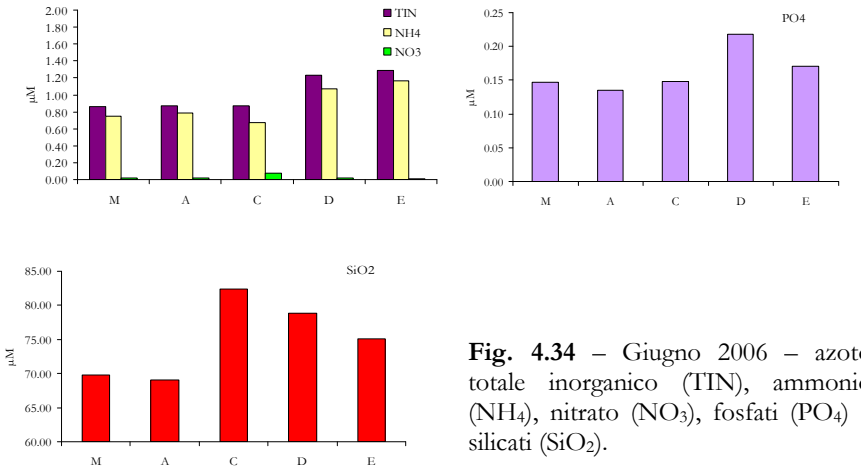


Fig. 4.34 – Giugno 2006 – azoto totale inorganico (TIN), ammonio (NH_4), nitrato (NO_3), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

La biomassa fitoplanctonica presenta valori medi di 20,95µg/l (± 3,79) e la sua distribuzione spaziale mostra valori leggermente più alti nel braccio (Fig. 4.35). La frazione pico- è quella predominante, con valori sempre superiori al 50% della biomassa totale.

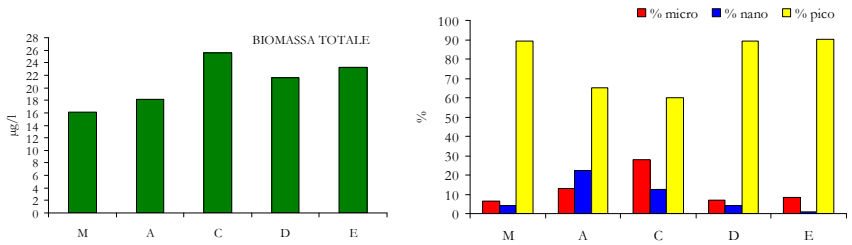


Fig. 4.35 - Giugno 2006 – distribuzione della biomassa totale e delle frazioni fitoplanctoniche (micro-, nano. e picoplancton).

La composizione pigmentaria (Fig. 4.36) indica un popolamento poco diversificato con la sola presenza di zeaxantina (80%) e fucoxantina (20%). Quanto alla composizione delle frazioni, la pico- è caratterizzata essenzialmente da zeaxantina, pur con la presenza, in piccola percentuale (fino al 15%), della fucoxantina, mentre le altre due frazioni presentano alte percentuali sia di fucoxantina che di zeaxantina.

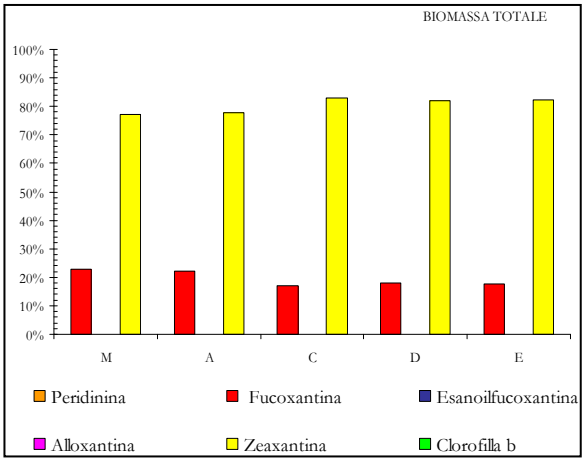


Fig. 4.36 – Giugno 2006 – composizione pigmentaria della biomassa totale.

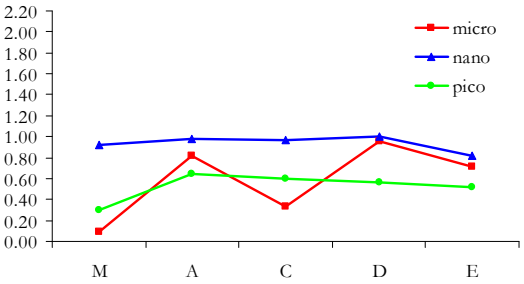


Fig. 4.37 – Giugno 2006 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

L'indice di Shannon (Fig. 4.37), per le tre frazioni, permette di indicare la nano- quale frazione più diversificata, seguita dalla micro-. Quest'ultima solo in due stazioni è meno diversificata della pico- (stazioni M e C).

LUGLIO

La temperatura presenta valori omogenei (AVG=29,18°C, ±0,22), la salinità un gradiente con valori più bassi nel braccio; l'ossigeno mostra anch'esso valori più alti nel braccio.

Le concentrazioni di nutrienti evidenziano che i silicati hanno valori medi di 100,68µM (±14,38), il TIN di 0,96 (±0.26), costituito essenzialmente da ammonio, e il PO4 di 0,18 (±0.01). La loro distribuzione mostra una condizione di omogeneità per i fosfati e la presenza di gradienti inversi per i silicati e le

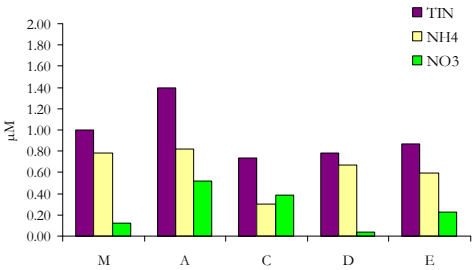


Fig. 4.38 –Luglio 2006 – azoto totale inorganico (TIN), ammonio (NH_4) e nitrato (NO_3).

forme ioniche dell'azoto: i primi aumentano all'interno del braccio della Molella, i secondi diminuiscono (Fig. 4.38).

La biomassa fitoplanctonica (AVG=25,05µg/l, ±8,92) presenta un gradiente, con valori più alti nella stazione più interna del braccio (Fig. 4.39) ed è costituita per circa il 70% dalla frazione picoplanctonica.

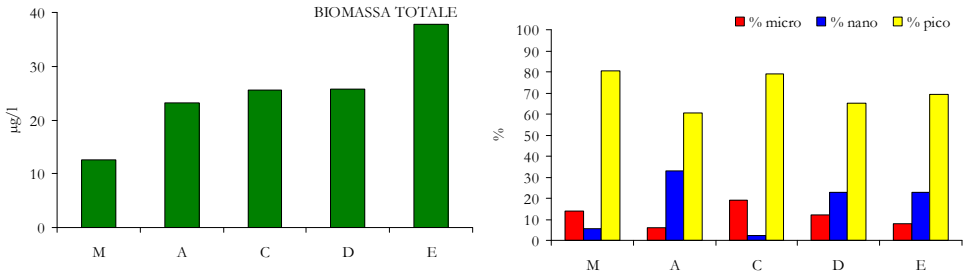


Fig. 4.39 –Luglio 2006 - distribuzione della biomassa totale e delle frazioni fitoplanctoniche (micro-, nano. e picoplancton).

La composizione pigmentaria del popolamento (Fig. 4.40) mostra una diversità maggiore rispetto al mese precedente; sono stati infatti individuati, oltre alla zeaxantina e alla fucoxantina, anche tutti gli altri pigmenti diagnostici (peridinina, alloxantina, esanoilfucoxantina e clorofilla *b*).

L'analisi pigmentaria delle tre frazioni dimensionali evidenzia una stessa composizione ma differenti distribuzioni e la zeaxantina presenta valori superiori al 50% anche nella frazione micro-.

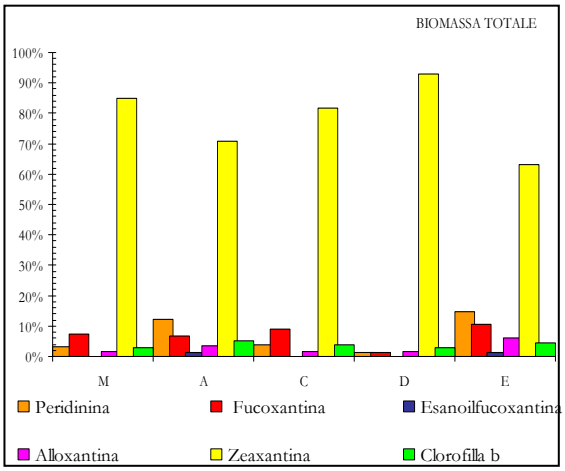


Fig. 4.40 – Luglio 2006 - composizione pigmentaria della biomassa totale.

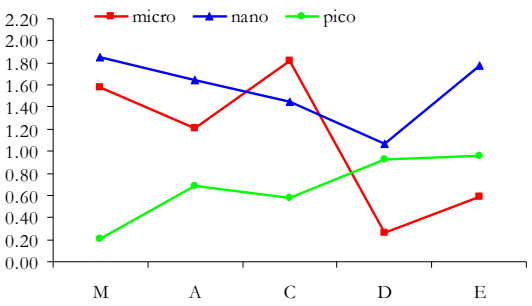


Fig. 4.41 – Luglio 2006 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

Anche in questo mese, la frazione più diversificata è quella della nano-, seguita dalla micro- (Fig. 4.41). La pico- (la frazione più abbondante) ha valori dell'indice di Shannon più bassi, che superano quelli della micro- solo in due stazioni (D ed E).

- ***Autunno 2006***

NOVEMBRE

Nel mese di novembre, la temperatura presenta valori medi di 16,20°C (±0,48) con un leggerissimo gradiente crescente verso l'interno del braccio, dove raggiunge il valore massimo di 16.85°C. La salinità, il cui valore medio è 32,35‰ (±2,32), presenta i valori più bassi nei pressi della stazione D.

I silicati hanno valori medi di 69,73µM (±4,71); i valori medi del TIN sono di 46,36µM (±4,64), mentre quelli del PO_4 di 0,20µM (±0,02). Anche il TIN (costituito essenzialmente dalle forme NH_4 ed NO_3), come i silicati e i fosfati, presenta valori più alti nelle stazioni interne al braccio (Fig. 4.42).

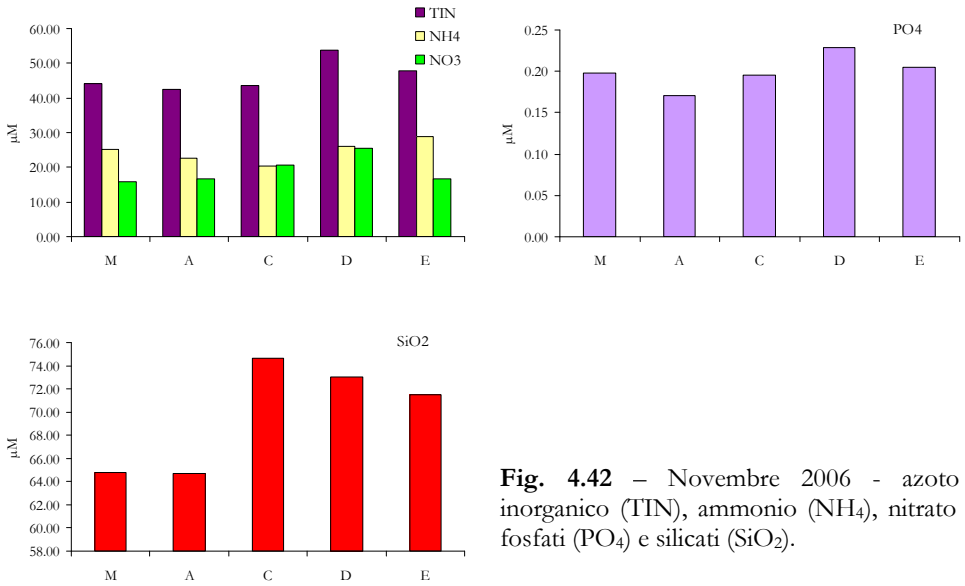


Fig. 4.42 – Novembre 2006 - azoto totale inorganico (TIN), ammonio (NH_4), nitrato (NO_3), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

La biomassa fitoplanctonica presenta valori mediamente più bassi rispetto al mese precedente (AVG=12,78µg/l, ±5,43) e la sua distribuzione superficiale mostra un gradiente nel braccio della Molella che termina con il valore massimo nella stazione C (Fig. 4.43).

Fra le frazioni dimensionali, la nano- (AVG=50%) e la pico- (AVG=40%) sono quelle predominanti e la loro distribuzione mostra gradienti opposti: la nano- ha un gradiente crescente verso l'interno del braccio e la pico- decrescente.

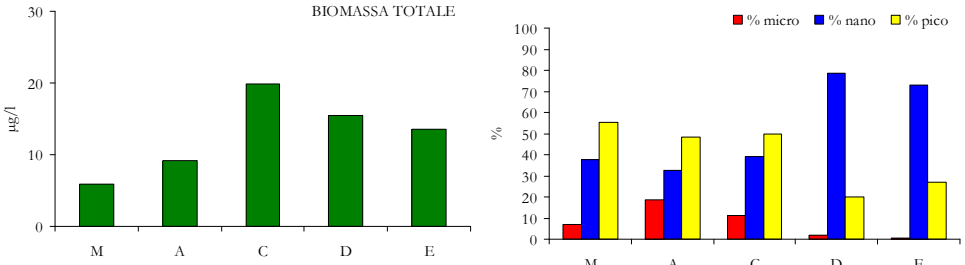


Fig. 4.43 – Novembre 2006 - distribuzione della biomassa totale e delle frazioni fitoplanctoniche (micro-, nano. e picoplancton).

La composizione pigmentaria (Fig. 4.44) mostra la presenza di quasi tutti i pigmenti diagnostici, meno che l'esanoilfucoxantina (Prymnesiophyta). La nano- e la micro- sono le frazioni più diversificate (Fig.4.45), in cui i pigmenti più abbondanti sono la clorofilla *b* (Chlorophyta), con valori superiori al 30%, e la fucoxantina (Bacillariophyta) superiore al 20%; la peridinina (Dinophyta) appare in concentrazioni maggiori nella frazione micro- solo in alcune stazioni, mentre nella frazione nano- è ovunque inferiore al 15%.

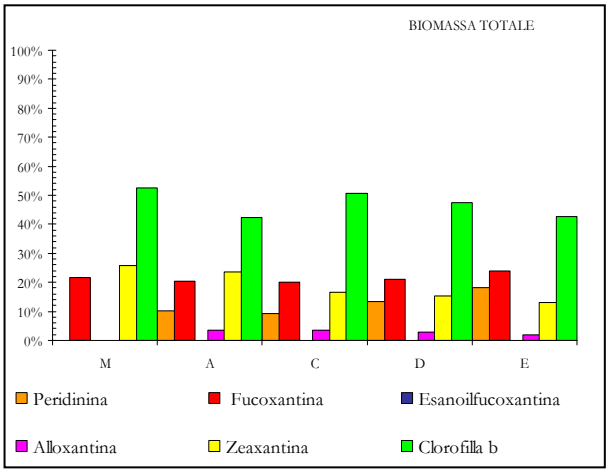


Fig. 4.44 – Novembre 2006 - composizione pigmentaria della biomassa totale.

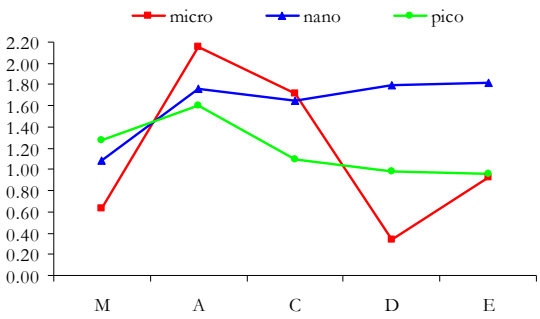


Fig. 4.45 - Novembre 2006 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

La zeaxantina (Cyanophyta) e l'alloxantina (Cryptophyta) sono presenti nelle due frazioni con valori attorno al 10% nella micro- e al 5% nella nano-. La frazione pico-, meno diversificata, è caratterizzata essenzialmente da clorofilla b (55%) e zeaxantina (30-40%).

- ***Inverno 2007***

GENNAIO

La temperatura presenta un valore medio di 11,6°C (±0,76) con valori leggermente più alti nel braccio mentre la salinità, con valori medi di 29,71‰ (±3,92), presenta un gradiente opposto.

I valori medi delle concentrazioni del TIN sono di 61,31µM (±8,17), quelli dei silicati di 52,63µM (±3,39), mentre i fosfati presentano ancora valori medi pari a 0,14µM (±0,01). La distribuzione del TIN mostra valori più alti nel braccio ed appare costituito essenzialmente dal nitrato; la stessa distribuzione hanno anche i fosfati e i silicati (Fig. 4.46).

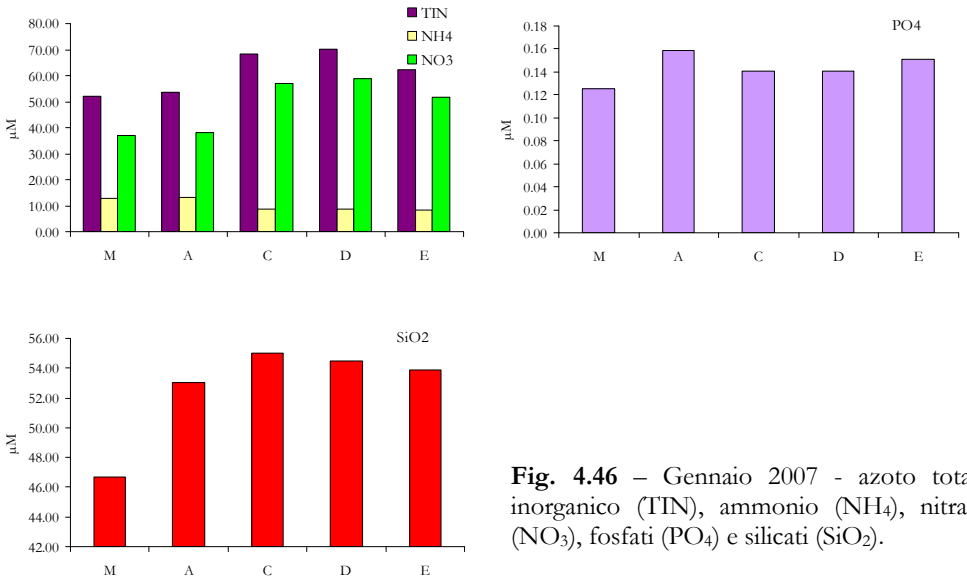


Fig. 4.46 – Gennaio 2007 - azoto totale inorganico (TIN), ammonio (NH_4), nitrato (NO_3), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

La biomassa fitoplanctonica presenta valori molto bassi (AVG=2,97µg/l, ±1,57) raggiungendo i massimi all'interno del braccio (Fig. 4.47). Dall'analisi delle frazioni dimensionali si può notare che, a parte le stazioni del braccio (stazioni E e D) in cui la nano- sembra aumentare a scapito della micro-, nelle altre stazioni le tre frazioni sono equiripartite.

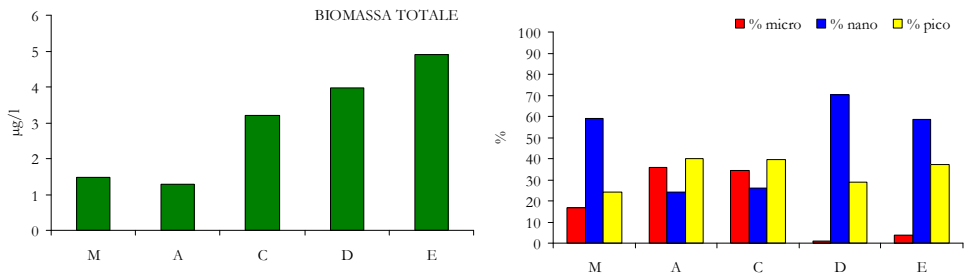


Fig. 4.47 – Gennaio 2007 - distribuzione della biomassa totale e delle frazioni fitoplanctoniche (micro-, nano. e picoplancton).

Lo spettro pigmentario (Fig. 4.48) mostra una composizione diversificata, caratterizzata in buona parte da fucoxantina (Bacillariophyta); ma sono presenti anche alloxantina (Cryptophyta), zeaxantina (Cyanophyta), clorofilla *b* (Chlorophyta) e peridinina (Dinophyta).

Le tre frazioni presentano gli stessi gruppi chemotassonomici ma con quantità differenti: la micro- e nano- sono caratterizzate per più del 50% da fucoxantina e 20% da clorofilla *b*, la pico- invece, resta comunque caratterizzata da circa il 50% da fucoxantina ma gli altri pigmenti sono più o meno equamente presenti.

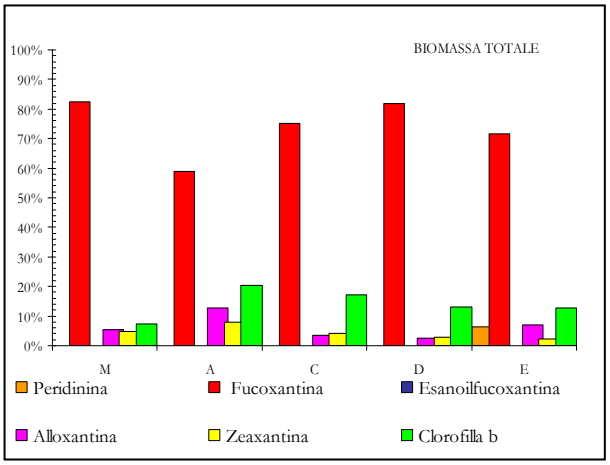


Fig. 4.48 – Gennaio 2007 - composizione pigmentaria della biomassa totale.

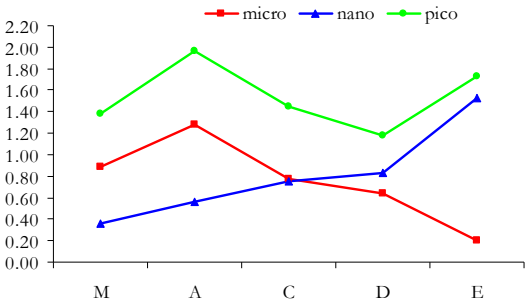


Fig. 4.49 – Gennaio 2007 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

L'indice di Shannon (Fig. 4.49) indica che, in questo caso, la pico- è la frazione più diversificata, seguita nelle stazioni interne al braccio dalla nano- e in quelle esterne dalla micro-.

- ***Primavera 2007***

MARZO

La temperatura oscilla attorno al valore medio di 14,56°C (±0,36) con il valore massimo (15,06°C) nella stazione E, la più interna al braccio. La salinità presenta una media di 31,68‰ (±0,41) con valori più bassi (31,07‰) nel braccio e più alti (32,03) nella parte esterna.

Il TIN raggiunge le concentrazioni medie di 38,55µM (±10,09), i silicati di 7.55µM (±4.62) e i fosfati di 0,08µM (±0,04), presentando i valori più alti all'interno del braccio (Fig.4.50). L'analisi più dettagliata dell'azoto mostra che, in questo mese, il nitrato è il più abbondante.

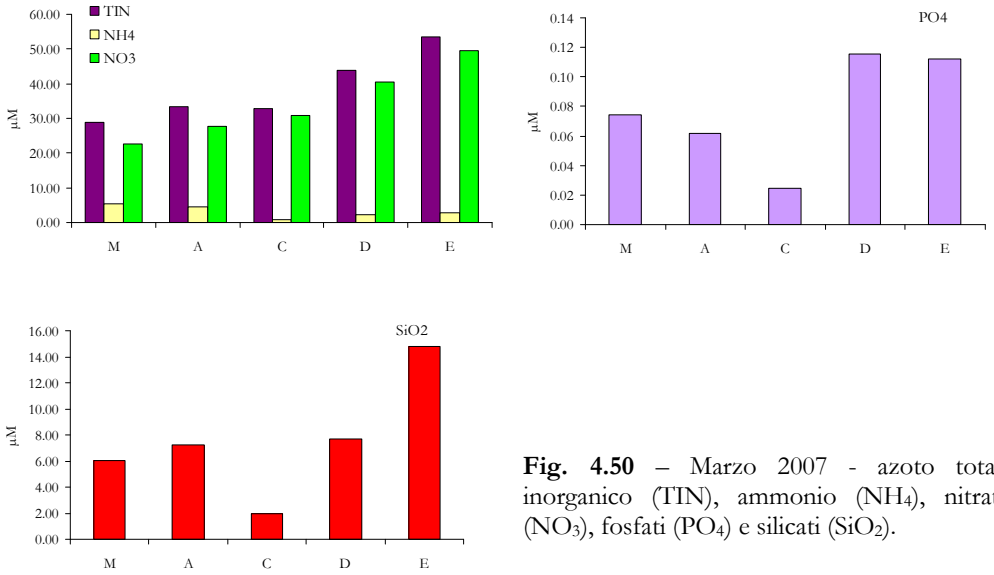


Fig. 4.50 – Marzo 2007 - azoto totale inorganico (TIN), ammonio (NH_4), nitrato (NO_3), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

La biomassa fitoplanctonica mostra concentrazioni basse (AVG=1,35µg/l, ±1,44), raggiungendo i valori più alti nella parte esterna al braccio (Staz.C, AVG=3,87µg/l) (Fig. 4.51); fra le frazioni dimensionali non si osserva la prevalenza di una particolare frazione.

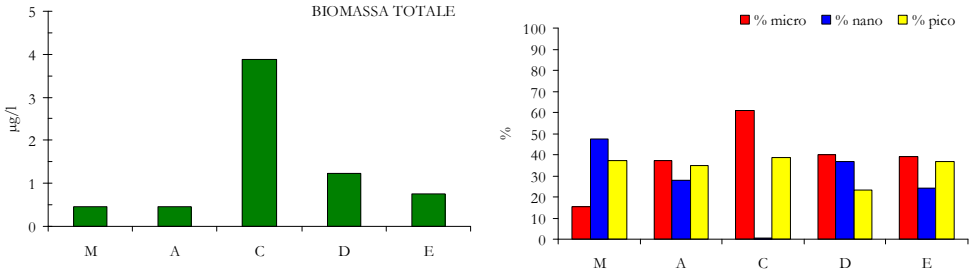


Fig. 4.51 – Marzo 2007 - distribuzione della biomassa totale e delle frazioni fitoplanctoniche (micro-, nano e picoplancton).

La composizione pigmentaria del popolamento (Fig. 4.52) mostra la presenza di più gruppi chemotassonomici, sono assenti solo l'esanolifucoxantina e la clorofilla *b*. Dalla Fig. 4.52 si nota che la pico- presenta la maggiore diversità seguita dalla micro-, nelle stazioni esterne, e dalla nano-, in quelle interne. Le frazioni micro- e nano- hanno una composizione simile, sia in termini qualitativi che quantitativi, con la presenza di Dinophyta (peridinina), Bacillariophyta (fucoxantina) (che è il gruppo predominante), Cryptophyta (alloxantina) e Cyanophyta (zeaxantina). Nella frazione picoplanctonica, invece, mancano i Dinophyta e, seppure le Bacillariophyta siano predominanti, c'è un sostanziale aumento delle Cryptophyta e dei Cyanophyta.

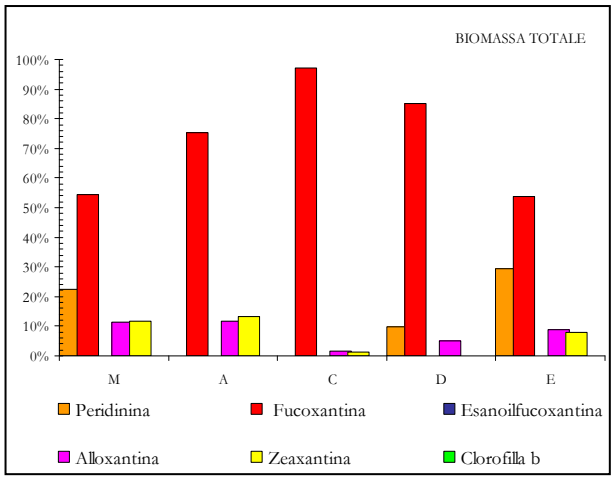


Fig. 4.52 – Marzo 2007 - composizione pigmentaria della biomassa totale.

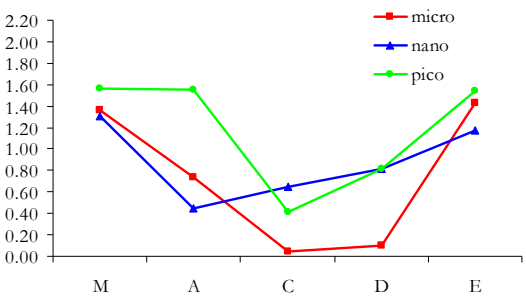


Fig. 4.53 – Marzo 2007 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

MAGGIO

La temperatura è uniforme, con valori medi di 22,46°C (±0,20), la salinità (AVG=30,52‰, ±1,85) evidenzia un gradiente nel braccio all'interno del quale si raggiungono i valori più bassi (27,38‰).

I silicati, con valori medi di 25,27µM (±2,46), hanno una distribuzione omogenea (Fig. 4.54); il TIN (AVG=11,84µM ± 1,05) e PO_4 (AVG=0,07µM ± 0,02), invece, presentano entrambi i valori più alti nel braccio. La forma di azoto inorganico predominante è il nitrato.

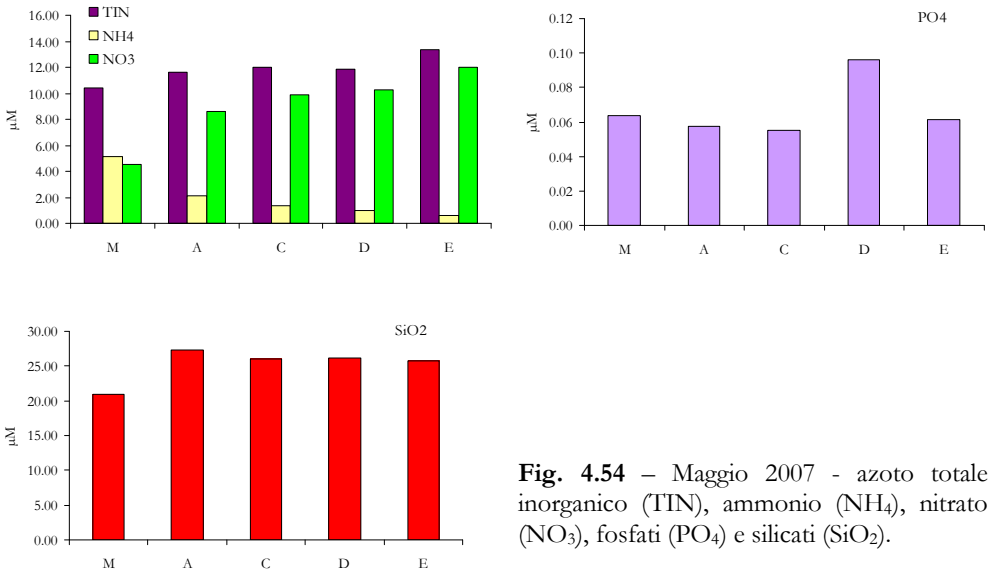


Fig. 4.54 – Maggio 2007 - azoto totale inorganico (TIN), ammonio (NH_4), nitrato (NO_3), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

La biomassa fitoplanctonica presenta valori mediamente più alti rispetto al mese di marzo (AVG=1,96µg/l, ±0,62) con i massimi nel braccio (Staz.D, 2,61µg/l) (Fig.4.55). Le frazioni dimensionali più abbondanti sono la nano- e la pico-; in particolare, la pico- (circa il 50%) nelle stazioni più esterne e la nano- (circa il 60%) in quelle più interne al braccio, mostrando, quindi, un gradiente opposto.

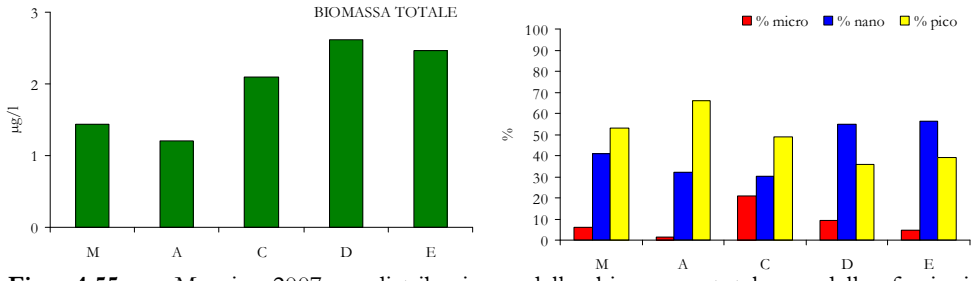


Fig. 4.55 – Maggio 2007 - distribuzione della biomassa totale e delle frazioni fitoplanctoniche (micro-, nano. e picoplancton).

La composizione pigmentaria della biomassa totale (Fig. 4.56) mostra un'alta diversità comprendendo Dinophyta (peridinina), Bacillariophyta (fucoxantina), Prymnesiophyta (esanoilfucoxantina), Cryptophyta (alloxantina), Cyanophyta (zeaxantina) e Chlorophyta (clorofilla *b*); fra queste predominano le Bacillariophyta (40%) e i Cianophyta (40%). Le frazioni dimensionali mettono in evidenza diatomee, prevalentemente micro- e nano-, e una buona percentuale anche nella frazione pico-; i cianobatteri, d'altro canto, prevalentemente di dimensione pico-, sono presenti anche

nelle frazioni nano- e micro-, situazione spiegabile con la tendenza di questo gruppo a formare aggregati.

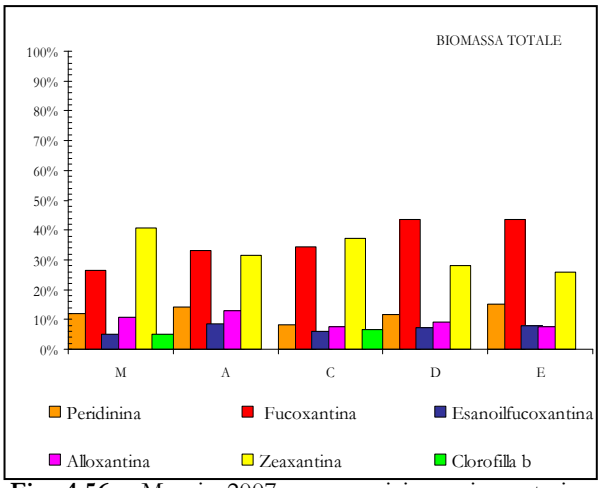


Fig. 4.56 – Maggio 2007 - composizione pigmentaria della biomassa totale.

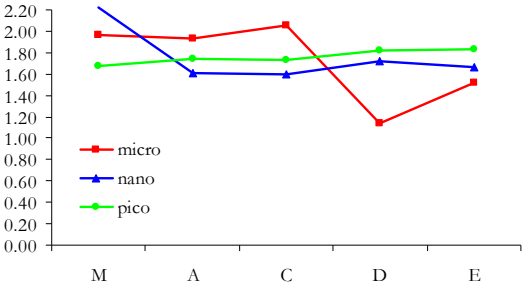


Fig. 4.57 – Maggio 2007 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

La Fig. 4.57 mostra valori dell'indice di diversità molto simili fra le frazioni, soprattutto fra la pico- e la nano-.

- ***Estate 2007***

GIUGNO

La temperatura ha valori medi di 27°C (±0,43), leggermente più bassi alla stazione C (26,16°C), mentre la salinità ha valori medi di 33,03‰ (±0,69) evidenziando i valori più bassi nel braccio.

I silicati hanno le concentrazioni medie di 55,58µM (±4,34), il TIN di 1,99µM (±1,73) e i fosfati di 0,15µM (±0,04). La loro distribuzione (Fig. 4.58) non si presenta omogenea. Il TIN, costituito essenzialmente dal nitrato, ha i valori più alti all'interno del braccio, manifestando lo stesso gradiente per tutte le forme prese in considerazione.

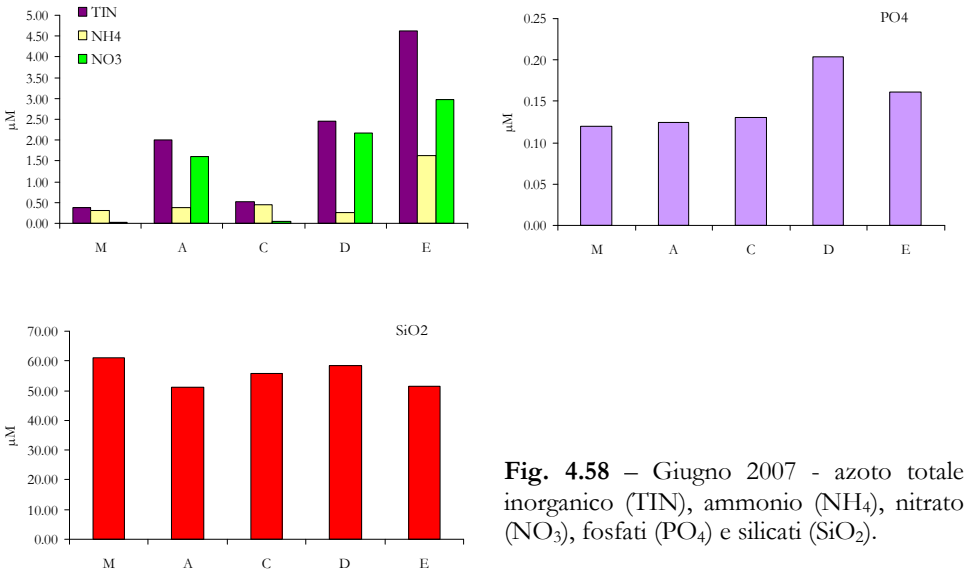


Fig. 4.58 – Giugno 2007 - azoto totale inorganico (TIN), ammonio (NH_4), nitrato (NO_3), fosfati (PO_4) e silicati (SiO_2).

La biomassa fitoplanctonica (AVG=11,64µg/l ±2,50) mostra valori più elevati nel braccio (Fig. 4.59). L'analisi delle frazioni dimensionali mostra che, in tutte le stazioni, la componente principale (per circa il 60%) è la frazione picoplanctonica, seguita dalla nano- per circa il 30%. La micro- presenta un leggero gradiente decrescente verso l'esterno del braccio.

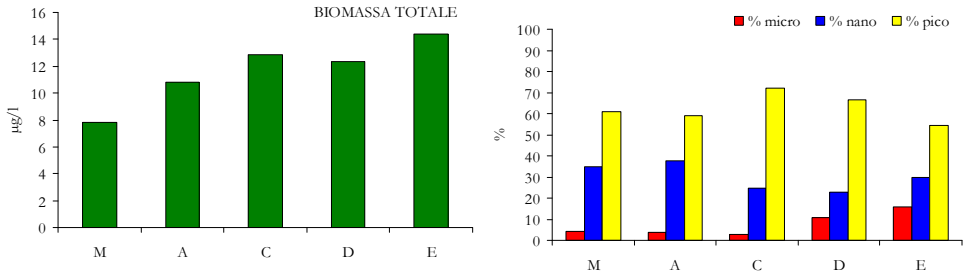


Fig. 4.59 – Giugno 2007 - distribuzione della biomassa totale e delle frazioni fitoplanctoniche (micro-, nano- e picoplancton).

La composizione pigmentaria della biomassa totale (Fig. 4.60) mostra la presenza di tutti pigmenti diagnostici con una netta prevalenza di zeaxantina (55%); la composizione nelle varie frazioni mostra che esse caratterizzate dagli stessi gruppi distribuiti in maniera differente nella micro- e nano- il pigmento più abbondante risulta la fucoxantina (circa 40-45%) (Bacillariophyta) e la peridinina (10-30%) (Dinophyta) con una buona rappresentanza della zeaxantina (10-40%) (Cyanophyta); la frazione

picoplanctonica, invece, è caratterizzata essenzialmente (circa 80%) da zeaxantina e in minor misura dai rimanenti pigmenti diagnostici.

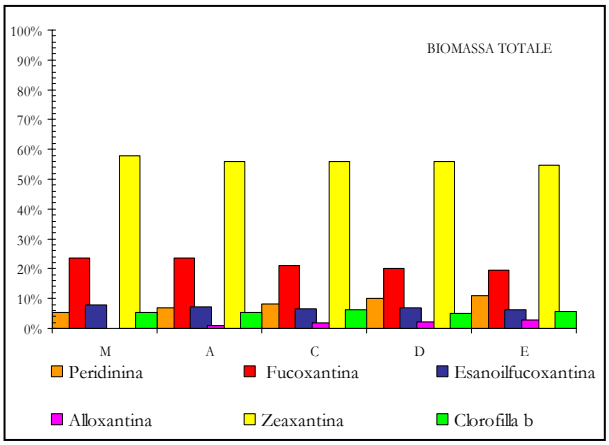


Fig. 4.60 – Giugno 2007 - composizione pigmentaria della biomassa totale.

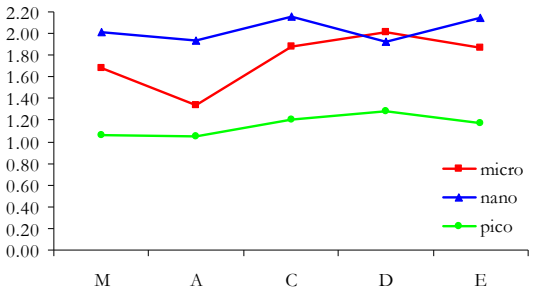


Fig. 4.61 – Giugno 2007 - indice di Shannon calcolato con la composizione pigmentaria di ciascuna frazione fitoplanctonica (micro-, nano- e pico-).

L'indice di Shannon (Fig. 4.61) indica che la nano- è la frazione più diversificata, seguita dalla micro-. Come già detto, la pico- è la frazione meno diversificata, data l'altissima percentuale di zeaxantina.

4.4 ANALISI STATISTICA DEI DATI

L'Analisi delle Componenti Principali (PCA), condotta sulla base-dati costituita da tutti i parametri fisico-chimici e dalle concentrazioni delle biomasse fitoplanctoniche totali e frazionate dello strato superficiale della colonna d'acqua, mostra che i parametri possono essere raggruppati secondo due componenti (Fig. 4.85): 1° Componente Principale (in figura chiamata Factor 1), che spiega il 43,83% della variaza totale, e 2° Componente Principale (in figura chiamata Factor 2) che spiega il 17,91%, per un totale di 61,74%. I parametri contribuiscono a ciascun fattore secondo quanto riportato nella Tab. 4.I.

Tab. 4.I - Risultati della PCA condotta sulla base di tutta la serie, spaziale e temporale, di dati raccolti relativi ai valori di: Profondità disco di Secchi, Temperatura, NH_4, NO_2, NO_3, PO_4, SiO_2, concentrazione della biomassa totale e delle frazioni micro- nano- pico-.

Correlazioni delle variabili con le Componenti Principali	**1ª Componente**	**2ª Componente**
Prof. disco di Secchi in metri	0.744525	0.381686
discesa T degC	-0.792245	0.359256
S ppt	-0.123503	0.388246
NH4	0.454279	0.063171
NO2	0.765295	-0.472895
NO3	0.757460	-0.447964
PO4	-0.652418	0.194875
SiO2	-0.471557	0.443163
Chla TOT	-0.820095	-0.523358
micro	-0.516103	-0.599909
nano	-0.532157	-0.653081
pico	-0.908951	0.032268

Dalla disposizione spaziale delle proiezioni delle variabili nel piano dei fattori e i loro relativi angoli (Fig. 4.85), si nota innanzitutto che il vettore disco di Secchi trovandosi nel quadrante opposto rispetto a quelli delle frazioni micro- e nano-, presenta una correlazione inversa con essi. I vettori degli ioni azotati si trovano dalla stessa parte dell'asse relativo alla 1° Componente Principale e l'angolo formato fra nitrato e nitrito è molto più

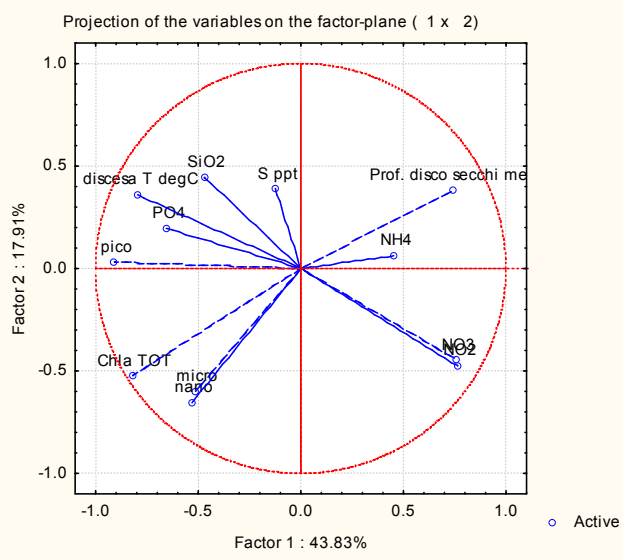


Fig. 4.85 – Grafico del risultato della PCA dei parametri considerati in Tab. 4.I.

piccolo (i due vettori quasi si sovrappongono) rispetto a quello formato con l'ammonio, indicando, pertanto, un grado di correlazione diretta molto pronunciato fra i primi due e meno con l'ammonio. Il nitrato e il nitrito formano un angolo di quasi 180° con i fosfati e i silicati, ciò che indica una correlazione negativa fra questi nutrienti. I silicati e i fosfati, invece, oltre a essere direttamente correlati fra loro, lo sono anche con la temperatura e la salinità, anche se in modo diverso: i fosfati sono maggiormente correlati alla temperatura e meno alla salinità; i silicati, in base all'ampiezza degli angoli intercorrenti fra i vettori, sono equamente correlati sia alla temperatura che alla salinità.
I vettori delle frazioni fitoplanctoniche hanno angoli differenti fra loro, in particolare micro- e nano-, i cui vettori quasi si sovrappongono, sono strettamente correlati in maniera diretta; la frazione pico-, invece, formando un angolo più ampio con le altre due frazioni, presenta una correlazione diretta meno pronunciata. Le frazioni rispondono ai parametri chimico-fisici in maniera differente: il vettore della pico- si trova nello stesso quadrante dei vettori dei fosfati e della temperatura e la formazione di angoli inferiori a 90° indica una correlazione positiva con essi; rispetto allo ione ammonio e ai nitrati e nitriti, la presenza di angoli quasi di 180° sta ad indicare una correlazione inversa con questi parametri. La micro- e la nano-, rispetto alla 2° Componente Principale, al quale contribuiscono maggiormente, sono correlate in maniera positiva con i nitriti e i nitrati e in maniera negativa con silicati e salinità.

Le Fig. 4.86 e 4.87 mostrano l'andamento temporale delle proiezioni dei casi sulla 1° e 2° Componente Principale, rispettivamente, individuati dalla PCA della Fig. 4.85. La Fig. 4.86 mostra che nei periodi primaverile, autunnale e invernale i valori sono maggiori di 0, mentre, nei periodi estivi (2006 e 2007), sono inferiori a 0. Ciò indica che in primavera, autunno ed inverno, si hanno alte concentrazioni di nitrati, nitriti e ammonio, la colonna d'acqua è più trasparente, e le concentrazioni di biomassa fitoplanctonica sono basse, come anche sono bassi i valori di temperatura e di concentrazione di fosfati. Nei periodi estivi, invece, si hanno valori alti di concentrazioni di biomassa, particolarmente pico-, di temperatura e di concentrazione di fosfati. Dal grafico si può notare anche la presenza di una certa variabilità spaziale presente in tutto l'anno che raggiunge il massimo in settembre 2006 (periodo tardo estivo), in cui le stazioni settentrionali si distinguono dalle altre, e nel periodo invernale (febbraio 2007), in particolare le stazioni che si trovano nella parte meridionale della laguna hanno una variabilità più accentuata.

L'andamento temporale delle coordinate dei casi sulla 2° Componente Principale (Fig. 4.87) mettono in evidenza una maggiore variabilità fra le stazioni, in particolare nei mesi di maggio 2006 e febbraio 2007 (primavera e inverno). I valori sono inferiori a 0, indicando che in questi periodi le stazioni sono caratterizzate da alti valori di nitrato, nitrito, biomassa fitoplanctonica, in particolare micro- e nano-, e valori bassi di salinità e silicati. Valori negativi si hanno anche nel mese di ottobre 2006 (autunno), ma in questo caso la laguna appare più omogenea.

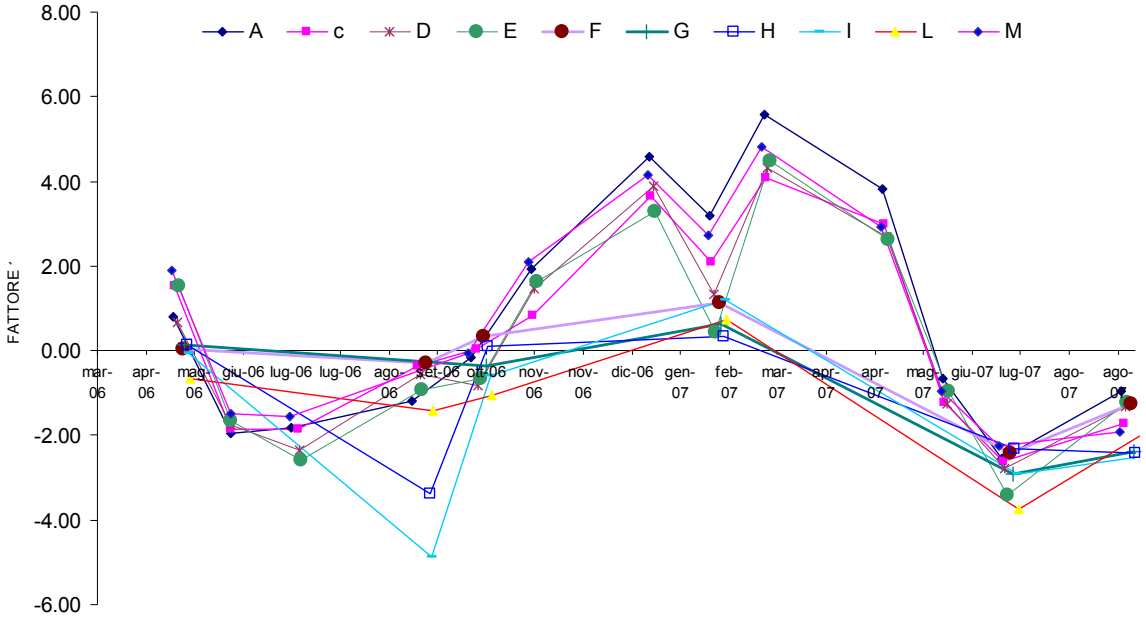


Fig. 4.86 – Andamento temporale delle coordinate dei casi per la 1° Componente Principale (Fattore 1)

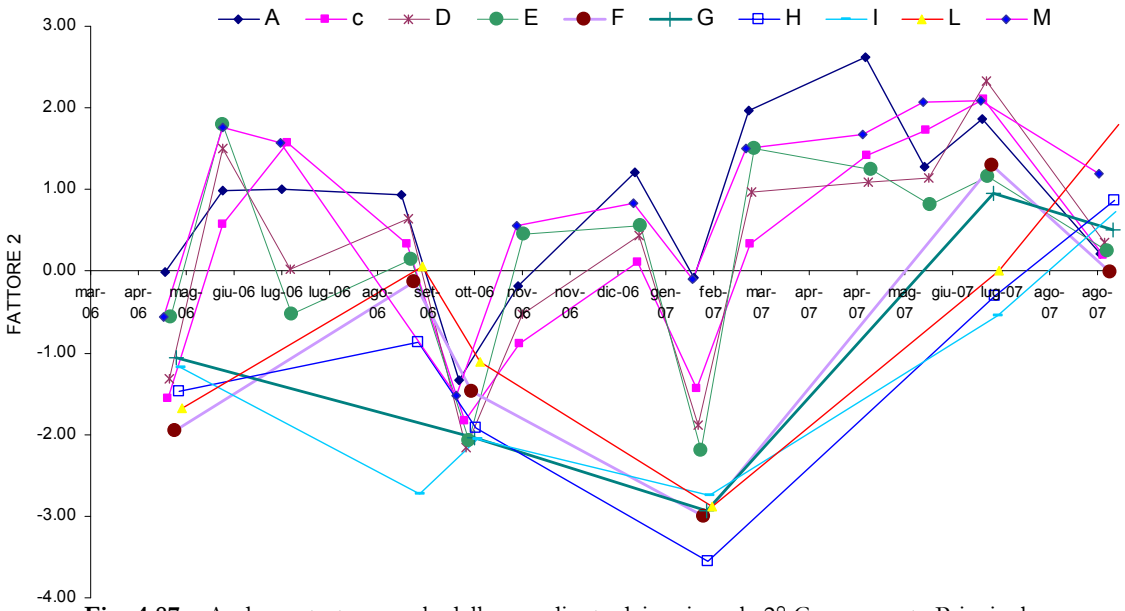


Fig. 4.87 – Andamento temporale delle coordinate dei casi per la 2° Componente Principale (Fattore 2).

La PCA, effettuata sulle proporzioni dei singoli pigmenti allocati nelle diverse frazioni, mette in evidenza un raggruppamento dei pigmenti indipendente dalla frazione dimensionale in questione, solo la peridinina e HF (esanoilfucoxantina) mostrano una variabilità delle risposte delle diverse frazioni dimensionali che porta a pensare più ad una risposta della taglia che del gruppo tassonomico.

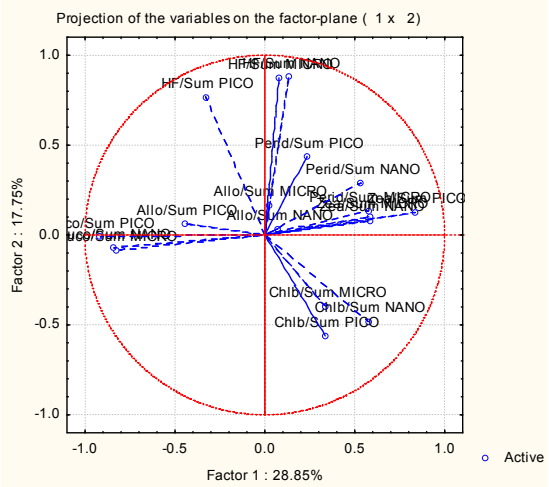


Fig. 4.88 – Risultato grafico della PCA condotta sui rapporti dei pigmenti diagnostici/∑ dei pigmenti in ciascuna frazione dimensionale.

Per verificare se questi raggruppamenti sono dovuti ad una correlazione tanto stretta tale da consigliare di prendere in considerazione solo la composizione in termini di biomassa totale, si è proceduto a testare la correlazione di rango di Pearson/Kendall con una soglia di significatività abbassata a 0,016 periodico, secondo la correzione di Bonferroni; il risultato del test ha permesso di considerare le composizioni delle tre frazioni in maniera indipendente. La disposizione e gli angoli dei vettori mette in evidenza che la clorofilla b (Chlb) è direttamente correlata alla zeaxantina e alla peridinina mentre lo è in maniera inversa alla esanoilfucoxantina e la fucoxantina.

Per identificare le forzanti chimico-fisiche che intervengono nello strutturare la comunità fitoplanctonica si proceduto a condurre una PCA aggiungendo alla composizione pigmentaria di ciascuna frazione dimensionale di tutta la base dati anche i parametri chimico fisici; la Tab. 4.II mostra il contributo di ciascun parametro ai fattori, mentre la Fig. 5 ne mostra il risultato grafico. I parametri possono essere raggruppati secondo due fattori che spiegano il 46,31%della variabilità totale di

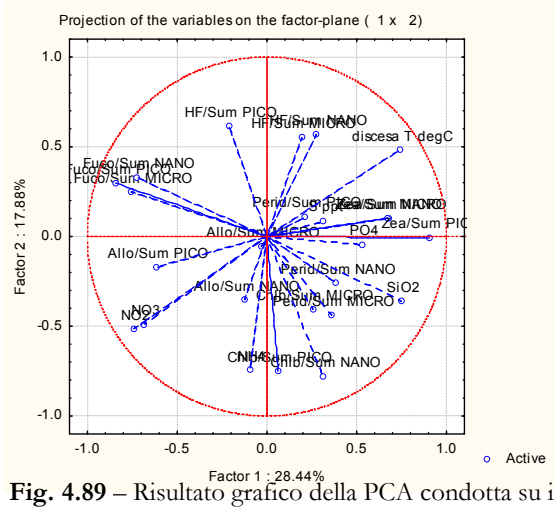


Fig. 4.89 – Risultato grafico della PCA condotta su i fattori fisici-chimici e i rapporti pigmento/∑pigmenti diagnostici in ciascuna frazione.

cui il primo ne spiega il 28,44% e il secondo il 17,88%. Da questo diagramma si evince che la zeaxantina di tutte e tre le frazioni sia direttamente correlata ai fosfati e alla temperatura, la clorofilla b delle frazioni nano- e pico-, direttamente correlati all'ammonio, mentre quello della frazione micro- lo è meno. I tre vettori della fucoxnatina formano con il vettore dei silicati un angolo di quasi 180° mettendo in tal modo in evidenza una correlazione inversa per le tre frazioni. I tre vettori dell'esanoilfucoxantina (HF) sono inversamente correlati all'ammonio e direttamente correlati alla temperatura. I pigmenti alloxantina e peridinina, invece si comportano in maniera differente a seconda della frazione in cui si trovano: alloxantina presente nelle frazioni pico- e nano-, è direttamente correlata all'azoto; in particolare, la prima al nitrito e nitrato e la seconda all'ammonio. Quello presente nella frazione micro- non è correlato ad alcun parametro in particolare. Il pigmento peridinina nelle frazioni micro- e nano- appare strettamente correlato dalla concentrazione di silicati, mentre quello presente nella frazione pico- è legato in maniera diretta a temperatura, concentrazione dei fosfati e salinità.

Tab. 4.II – Risultato dell'analisi PCA, correlazioni delle variabili coon le Componenti Principali prendendo in considerazione i parametri chimico-fisici e i rapporti pigmento/∑pigmenti diagnostici nelle frazioni dimensionali.

Correlazioni delle variabili con le Componenti Principali	1ª Componente	2ª Componente
discesa T degC	0.743667	0.481689
S ppt	0.315858	0.089406
NH4	-0.096135	-0.743693
NO2	-0.742281	-0.514681
NO3	-0.684750	-0.489074
PO4	0.531246	-0.043780
SiO2	0.748823	-0.361489
Perid/Sum MICRO	0.360524	-0.436949
Fuco/Sum MICRO	-0.756921	0.247230
HF/Sum MICRO	0.194554	0.551446
Allo/Sum MICRO	-0.032072	-0.055670
Zea/Sum MICRO	0.679346	0.103247
Chlb/Sum MICRO	0.255541	-0.405636
Perid/Sum NANO	0.386035	-0.257911
Fuco/Sum NANO	-0.723865	0.328330
HF/Sum NANO	0.275309	0.569486
Allo/Sum NANO	-0.123119	-0.353401
Zea/Sum NANO	0.673650	0.103647
Chlb/Sum NANO	0.316097	-0.777887
Perid/Sum PICO	0.211091	0.111292
Fuco/Sum PICO	-0.841464	0.297659
HF/Sum PICO	-0.211462	0.613599
Allo/Sum PICO	-0.616469	-0.172416
Zea/Sum PICO	0.903778	-0.004267
Chlb/Sum PICO	0.059537	-0.747877

Tab. 4.III - Risultati del Test di Mantel effettuato sulle matrici di distanza della corda fra le stazioni di campionamento dell'intera laguna relativamente alla stagione estiva. Sono state considerate sia matrici di distanza calcolate su tutte le variabili (**a**), sia matrici calcolate escludendo le variabili relative a tutti i pigmenti tranne la clorofilla a (**b**). Il valore di probabilità (p) è riferito all'ipotesi nulla di indipendenza.

a)

Mese	Confronto	Permutazioni	R	p
Settembre 2006	Luglio 2007	5000	0,4838	0,0192
Settembre 2006	Settembre 2007	5000	-0,2327	0,7718
Luglio 2007	Settembre 2007	5000	0,2261	0,1352

b)

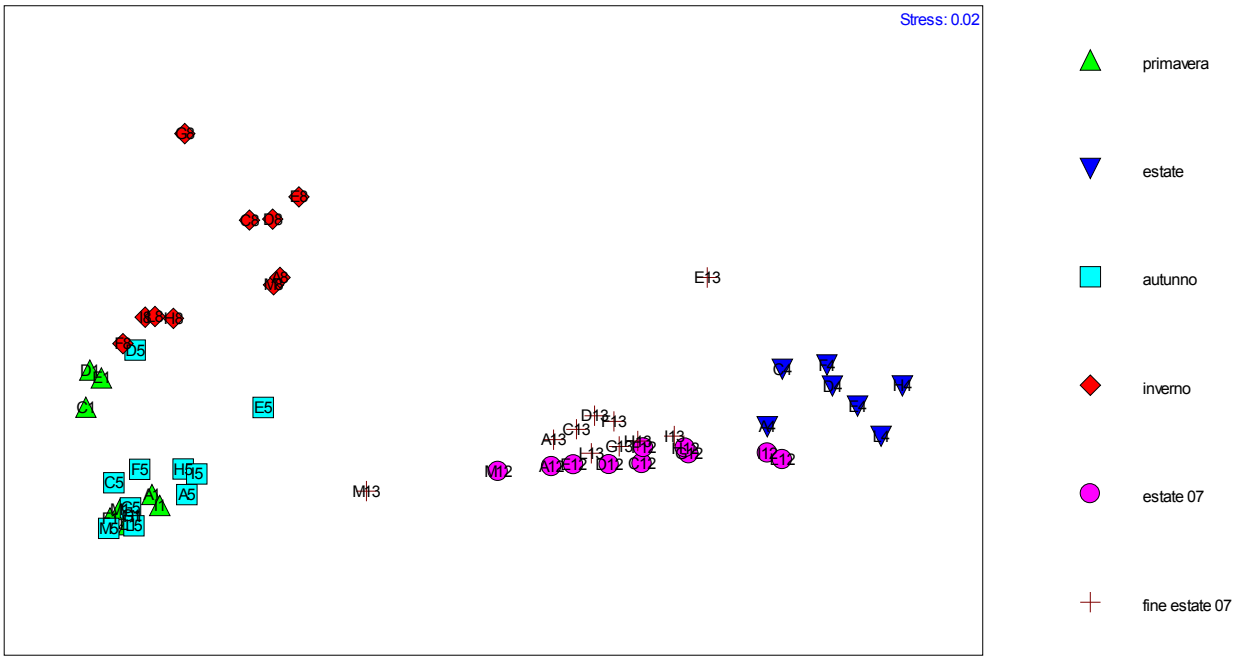
Mese	Confronto	Permutazioni	R	p
Settembre 2006	Luglio 2007	5000	0,484	0.017
Settembre 2006	Settembre 2007	5000	-0,2324	
Luglio 2007	Settembre 2007	5000		

Dal test di Mantel svolto su dati del periodi estivi (Tab. 4.III), si evince che R varia da -0.2327 a 0,4438 e i valori di p ad esso associati sono tutti superiori alla soglia di p=0,01667 (ottenuto applicando alla soglia p=0,05 la correzione di Bonferroni), ovvero tali da non consentire di rigettare l'ipotesi nulla di indipendenza.

Lo stesso test effettuato prendendo in considerazione la serie di dati delle stazioni meridionali portano ad un risultato opposto. I valori di p, tutti inferiori alla soglia di significatività, dimostrano che le serie temporali relative alle diverse stazioni non sono indipendenti fra loro (Tab. 4.IV).

Tab. 4.IV - Risultati del Test di Mantel effettuato fra le matrici di autodistanza della corda calcolate sulla base delle serie storiche delle diverse stazioni della parte meridionale della laguna.

Stazione	Confronto	N° Permutaz.	R	P (uncurr)
M	A	5000	0,9506	0
M	C	5000	0,9424	0
M	D	5000	0,9232	0
M	E	5000	0,8732	0
A	C	5000	0,9627	0
A	D	5000	0,9492	0
A	E	5000	0,9416	0
C	D	5000	0,9855	0
C	E	5000	0,9523	0
D	E	5000	0,9567	0

Per verificare la similarità fra le diverse stazioni ed i periodi dell'intera laguna è stata condotta anche l'analisi MDS (non-metric **M**ulti **D**imensional **S**caling analysis) su una matrice di distanze euclidee effettuando 100 ripetizioni. In prima istanza si è fatta l'analisi dei soli parametri fisico chimici (temperatura, salinità, prof. Disco di Secchi, NH4, NO2, NO3, PO4, SiO2)

Fattori Fisico-chimici