

4. DINAMICA STAGIONALE E DISTRIBUZIONE ORIZZONTALE DI FITOPLANCTON, CARBONIO ORGANICO E BATTERIOPLANCTON

4.1. Struttura dei popolamenti fitoplanctonici

Lo schema dei campionamenti per il fitoplancton si è uniformato, anche per il 2012, alla serie storica dei campionamenti sul Lago Maggiore. Nella stazione al largo di Ghiffa sono stati effettuati, tra l'11 Gennaio ed il 14 Dicembre, 20 sopralluoghi con prelievo di campioni d'acqua nello strato 0-20 m, con frequenza mensile nei mesi di Gennaio, Febbraio, Novembre e Dicembre, all'incirca quindicinale nella restante parte dell'anno.

I campioni sono stati analizzati in laboratorio seguendo le tecniche già utilizzate negli anni passati, per quanto riguarda i conteggi, l'identificazione delle specie e il calcolo della biomassa (biovolume). Per la determinazione della concentrazione della clorofilla *a* e dei feopigmenti si è seguita la metodica di estrazione e lettura spettrometrica utilizzata solitamente, effettuando, in parallelo, la determinazione fluorimetrica con sonda bbe-Fluoroprobe, sulla maggior parte dei campioni raccolti. Questo permetterà di comparare statisticamente le due metodiche e valutare l'eventualità di passare definitivamente, nel prossimo futuro, alla procedura fluorimetrica, più sensibile e meno soggetta ad errori dovuti a manipolazione e degradazione del campione.

Il numero totale dei *taxa* censiti durante il 2012 è stato di 114 unità, in linea con i valori misurati dal 2000 ad oggi, uguali o superiori alle 80 unità tassonomiche, come evidenziato nei rapporti precedenti.

Nel 2012 il numero medio di specie per campione è risultato uguale a 53, valore tra i massimi assoluti dal 1981. A questo risultato hanno contribuito, in particolare, alcuni campioni del periodo estivo, nei quali si è superato il valore di 60 unità tassonomiche totali.

Il numero di specie significative (dominanti in quanto concorrenti a formare almeno l'80% del biovolume totale almeno una volta nel corso dell'anno) è risultato di poco superiore al valore del 2011 (42 specie). Il perdurare di un numero elevato di specie dominanti nella comunità è indicativo di una ripartizione decisamente omogenea degli individui tra le specie presenti di volta in volta nel corso della successione stagionale e testimonia un'alta biodiversità dell'ambiente. La classe con il maggior numero di *taxa* è stata quella delle cloroficee, presenti con 34 unità tassonomiche, seguita dalle diatomee (31) e dalle cianoficee (28): da anni ormai queste tre classi sono quelle maggiormente rappresentate tra il fitoplancton del Lago Maggiore, sebbene i rapporti reciproci di importanza, come numero di specie censite, possano subire delle leggere oscillazioni tra un anno e l'altro. Seguono, in ordine di importanza, le crisoficee, con 14 unità, le criptoficee e le dinoficee, che con 10 e 7 unità tassonomiche rispettivamente, sono, come di consueto, i gruppi meno rappresentati nella flora pelagica del Lago Maggiore.

La successione stagionale si è svolta, nel 2012, con una dinamica solo in parte simile a quella solitamente osservata nel Lago Maggiore (Fig. 4.1.1.). Diatomee e cianobatteri hanno rappresentato, come di consueto, i gruppi dominanti. L'evento nuovo rispetto al passato è stato un massiccio sviluppo di diatomee, verificatosi nel mese di Gennaio, legato alla fioritura di una singola specie, *Diatoma tenuis* con oltre 2000 mm³ m⁻³.

Nel 2012, lo sviluppo dei popolamenti algali ha visto, come di norma, la dominanza delle diatomee, che cominciano a svilupparsi già dall'inizio dell'anno, subendo una flessione in seguito, per poi mostrare un leggero ritardo nella crescita rispetto agli anni

precedenti, con esclusione del 2011 che ha presentato una simile dinamica: infatti solo verso Giugno si registra un'immediata e rapida ripresa, che si protrae fino alla fine di Luglio, raggiungendo un picco di biovolume di oltre $1000 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$. Un contributo significativo è poi venuto anche dai dinoflagellati, tra la tarda estate e l'autunno. Tra i dinoflagellati, *Ceratium hirundinella* ha raggiunto valori di biovolume significativi, con un periodo di dominanza che ha avuto inizio in Giugno e si è protratto fino a Novembre, con una stagione vegetativa più lunga di quanto osservato in anni passati, ad eccezione del 2008. Le Cryptophyta danno un contributo modesto, con *Plagioselmis nannoplanctica*, *Katablepharis ovalis*, *Cryptomonas erosa* e *Cryptomonas ovata* presenti pressoché lungo l'arco dell'intero anno.

Nonostante una certa ricchezza in specie, la presenza delle Chrysophyceae in termini di biovolume è stata, nel 2012, poco significativa: oltre alla presenza continuativa e ormai consueta di *Chrysochromulina parva*, non si segnalano altre presenze degne di nota.

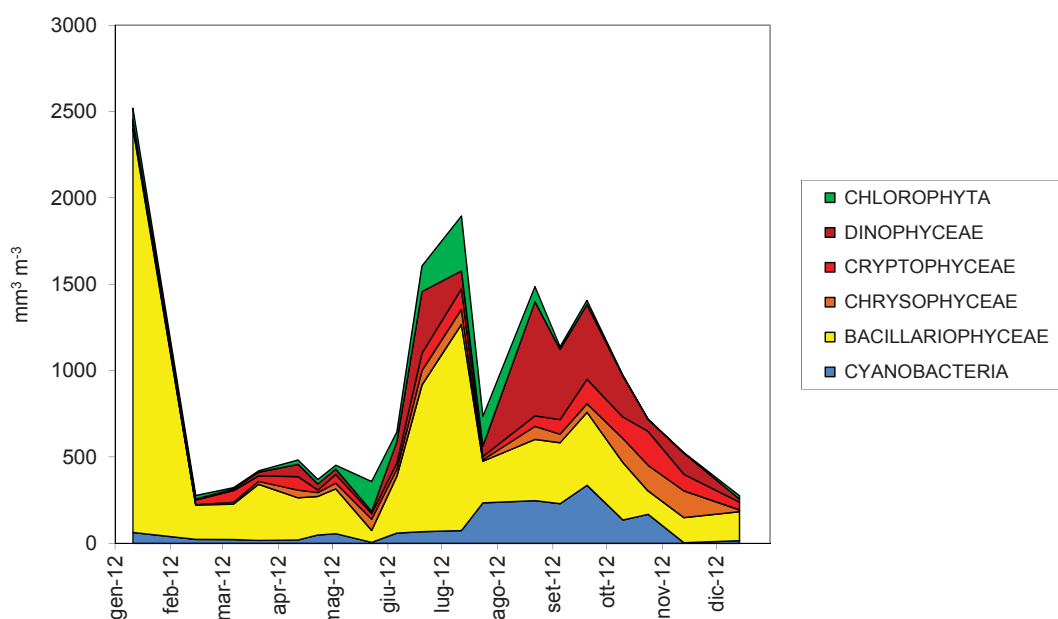


Fig. 4.1.1. Biovolumi cumulati dei principali raggruppamenti sistematici per il 2012.

La crescita dei cianobatteri nel 2012 è stata limitata al periodo estivo con il suo massimo sviluppo nella tarda estate - inizio autunno, favorita anche dal mantenersi di temperature elevate e di condizioni climatiche favorevoli (Fig. 4.1). La tendenza in corso negli anni più recenti, verso una forte riduzione delle Chroococcales di piccole dimensioni, si è confermata anche nel 2012. Nel gruppo mantengono una certa importanza le Oscillatoriales del gruppo *Planktothrix rubescens/agardhii*, da anni elemento tipico della flora algale pelagica del Lago Maggiore, oltre a *Aphanizomenon flos-aquae*. e *Anabaena lemmermannii*. La presenza di quest'ultima, protagonista di estese fioriture nel passato recente, ha avuto il suo massimo sviluppo, peraltro alquanto modesto in valore assoluto, all'inizio di Ottobre.

4.1.1. Variazioni della biomassa algale

Dal 1981, cioè dall'inizio del processo di oligotrofizzazione del Lago Maggiore si è osservata una diminuzione costante dei valori medi annui del biovolume complessivo del fitoplancton e della concentrazione della clorofilla a: nel 2004 questi parametri avevano

mostrato un leggero aumento rispetto al 2003, ma nel 2005 si era osservato un nuovo decremento di entrambi i parametri, particolarmente evidente a carico del biovolume, che aveva raggiunto il valore minimo storico (dal 1981) con $0,62 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$.

Nel 2012 il biovolume medio annuo è stato di $1,23 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$, con una concentrazione media annua della clorofilla *a* pari a $3,3 \text{ mg m}^{-3}$. Dei picchi di biovolume si è scritto nel paragrafo precedente: per quanto riguarda la clorofilla, questo parametro ha raggiunto valori di concentrazione di poco superiori a $3,5 \text{ mg m}^{-3}$ nei mesi di Gennaio, Giugno e Agosto.

Nel 2012 la fase di successione primaverile delle diatomee ha mostrato alcune differenze rispetto al passato: *Diatoma tenuis* era presente con un'importante fioritura nel mese di Gennaio e *Melosira varians* nei primi tre mesi dell'anno, per poi essere sostituita da *Aulacoseira islandica* morf. *helvetica*. Scarsa la presenza di *Asterionella formosa* tranne che nel mese di Marzo, seppur con un modesto sviluppo in termini di biomassa. *Fragilaria crotonensis* presente durante l'intero anno, ha avuto un rapido sviluppo durante i mesi estivi con una biomassa consistente. *Tabellaria flocculosa* ha notevolmente ridotto la sua importanza nel corso dell'intero anno (Fig. 4.1.2.).

Come messo in evidenza da una recente analisi della dinamica a lungo termine dei popolamenti a diatomee del Lago Maggiore (Morabito et al., 2012), primavere caratterizzate da forte ventosità e temperature abbastanza elevate possono favorire *Tabellaria*, specie di grandi dimensioni, che necessita di acque ben rimescolate per crescere. E' probabile, quindi, che nell'inverno 2011-2012 non si siano ripetute condizioni climatiche favorevoli per la crescita di questa diatomea.

Tra le diatomee centriche si osserva, per il quarto anno consecutivo, la presenza di *Stephanodiscus alpinus*, tra le specie dominanti, sebbene con massimi di biomassa relativamente modesti. Come detto nel rapporto precedente, la sostituzione di *Cyclotella* da parte di *Stephanodiscus* non è un segnale positivo in termini di qualità ecologica, in quanto quest'ultima specie è solitamente indicatrice di acque a maggiore trofia. Peraltro, la specie non mostra una fase di sviluppo prolungata: tuttavia, la presenza di *Stephanodiscus alpinus* nel gruppo delle dominanti per quattro anni consecutivi deve indurre a mantenere sotto continua sorveglianza l'evoluzione dell'ambiente.

Cyclotella comensis morf. *minima* presente pressoché durante l'intero anno, compare, peraltro, nella fase invernale della successione, con biomassa di un certo rilievo. Durante l'anno 2012, *Cyclotella bodanica* è presente nella fase sia primaverile che estiva della successione algale.

Per quanto riguarda gli altri gruppi algali, i cianobatteri raggiungono uno sviluppo degno di nota solo tra Luglio e Ottobre, con il contributo di numerose specie, tra cui *Snowella litoralis*, *Tychone ma bourrellyi*, *Limnothrix* sp. e *Geitlerinema* cfr. *acutissimum*. Presenti le Oscillatoriales rappresentate da *Planktothrix rubescens/agardhii*, elemento tipico della flora algale pelagica del Lago Maggiore.

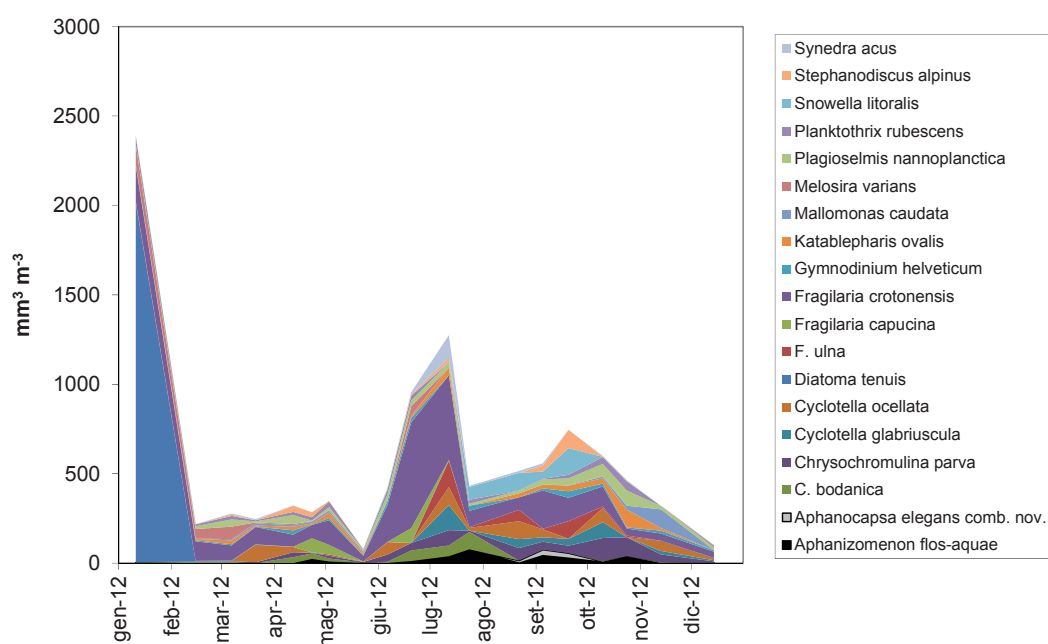


Fig. 4.1.2. Biovolumi cumulati di entità sistematiche particolarmente significative.

Tra i dinoflagellati, *Ceratium hirundinella* ha raggiunto valori di biovolume significativi, con un periodo di dominanza da Aprile a Novembre (Fig. 4.1.2.) e *Gymnodinium helveticum*, anch'esso presente lungo l'arco dell'intero anno.

Le Cryptophyta danno un contributo modesto, con la solita *Plagioselmis nanoplantica*, presente lungo l'arco dell'intero anno, come pure *Cryptomonas erosa* e *C. ovata* seppur in modeste quantità (Fig. 4.2). Importante anche *Katablepharis ovalis*.

La presenza delle Chrysophyceae in termini di biovolume è stata decisamente modesta: questo gruppo compete con le diatomee per i silicati e, quindi, la loro crescita potrebbe essere stata limitata dallo sviluppo delle diatomee. Tra le Chrysophyceae solamente *Chrysochromulina parva* è rientrata nel gruppo delle dominanti, mentre *Mallomonas caudata* è risultata presente perlopiù nella prima metà dell'anno.

4.1.2. Variazioni della distribuzione spaziale dei popolamenti fitoplanctonici

Nello studio degli ecosistemi acquatici è consolidata l'idea che i sistemi di grandi dimensioni siano soggetti ad una elevata eterogeneità spaziale. Mentre questa variabilità è ben nota e studiata nei sistemi marini od oceanici, dove le condizioni locali sono estremamente variabili da un punto all'altro, per le acque interne questo aspetto è solitamente trascurato, sebbene l'eterogeneità delle condizioni ambientali ed i suoi effetti sulla distribuzione spaziale degli organismi siano stati osservati anche nei laghi. La distribuzione eterogenea del plancton nei laghi è stata variamente spiegata con fenomeni fisici esterni, che inducono movimenti delle masse d'acqua (Moreno-Ostos *et al.*, 2009), oppure con le fluttuazioni legate ai cicli nictemerali dei diversi gruppi algali (Tilzer, 1973; Arvola *et al.*, 1987; Jones, 1988; Cozza *et al.*, 1993; Jones *et al.*, 1995).

Nel Lago Maggiore, la variabilità nella distribuzione spaziale dei popolamenti algali è stata studiata direttamente in campo, tra il 31 Luglio e l'1 Agosto 2012, effettuando una serie di misure in 27 stazioni, distribuite lungo l'intero bacino lacustre. In particolare,

sono state individuate 12 stazioni pelagiche e 15 stazioni litorali, queste ultime posizionate in corrispondenza dell'isobata dei 25 metri (Fig. 4.1.3.).

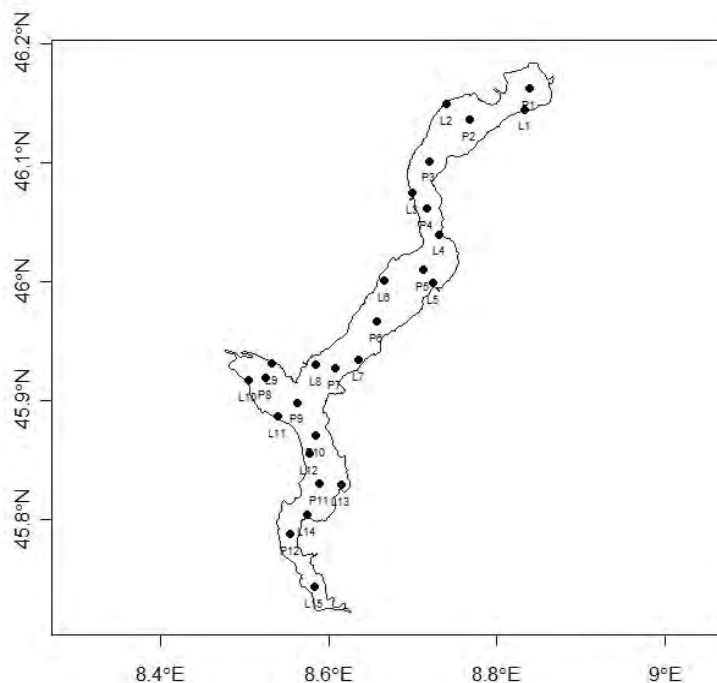


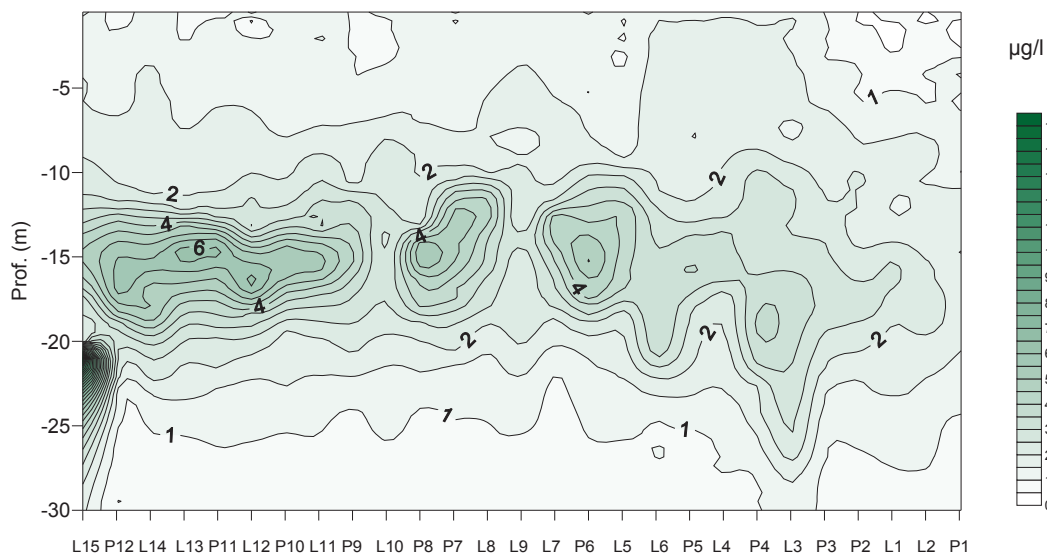
Fig. 4.1.3. Posizione delle stazioni di campionamento scelte per la misura della distribuzione spaziale.

I profili sono stati effettuati con una sonda fluorimetrica Fluoroprobe (bbe Moldanke, Kiel), le cui caratteristiche sono state descritte in rapporti precedenti. La rappresentazione grafica dei dati raccolti è stata ottenuta costruendo matrici di dati spaziate ogni 0,5 metri, ottenuti attraverso medie aritmetiche delle misure fluorimetriche raccolte tra 0 e 0,5 metri, tra 0,5 e 1,0 metri e così via.

La distribuzione della clorofilla totale lungo l'asse del lago e fino alla profondità di 30 metri (eccetto per la Stazione L15, dove il fondale raggiunge circa 20 metri), mostra, come negli anni passati, l'esistenza di disomogeneità spaziali (Fig. 4.1.4.). In particolare, si osserva un incremento delle concentrazioni di clorofilla passando dalle stazioni settentrionali a quelle meridionali del bacino, con una netta separazione tra le stazioni a nord e quelle a sud del punto P5.

Questa stazione rappresenta anche il limite tra la parte centro-meridionale del lago, ad acque più calde e l'estremità settentrionale, caratterizzata da acque più fredde.

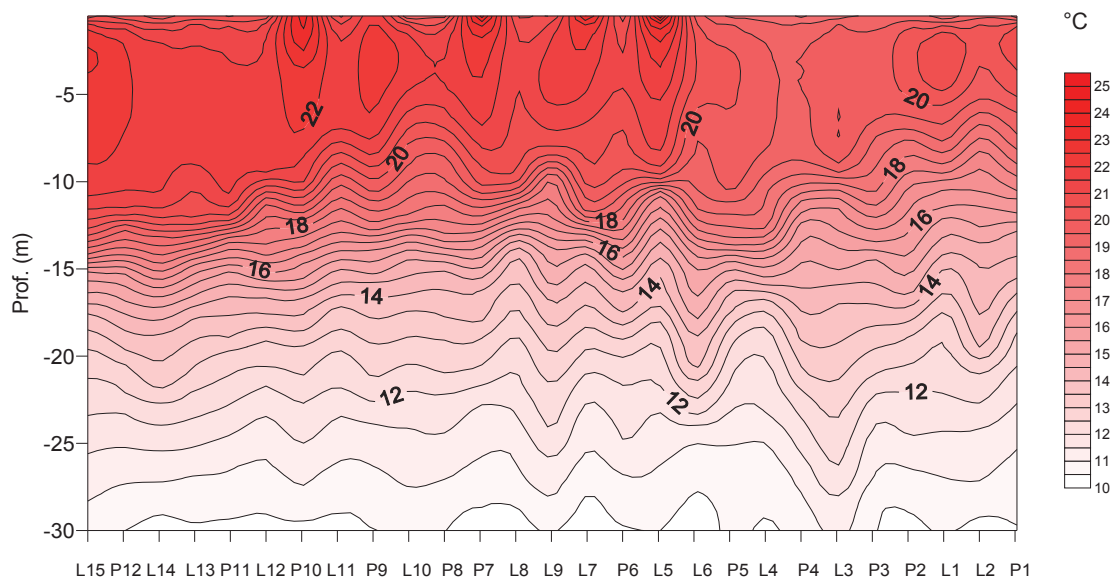
Come negli anni passati, è presente un picco di clorofilla in corrispondenza della Stazione L13, antistante la foce del Torrente Bardello, emissario del Lago di Varese.



Stazioni campionate - Asse S-N

Fig. 4.1.4. Distribuzione spaziale della clorofilla totale nel bacino del Lago Maggiore in occasione della campagna 2012 (31 Luglio-1 Agosto). I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.1.3.

La distribuzione verticale mostra chiaramente un addensamento del fitoplancton in corrispondenza del metalimnio, localizzato a circa 15 metri, come si evidenzia anche dalla distribuzione della temperatura (Fig. 4.1.5.). Molto evidente la differenza termica tra il bacino settentrionale e quelli centro-meridionali, che raggiunge i 3°C in superficie, riflettendosi anche nella posizione e struttura del metalimnio.



Stazioni campionate - Asse S-N

Fig. 4.1.5. Distribuzione spaziale della temperatura nello strato superficiale del Lago Maggiore in occasione della campagna 2012. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.1.3.

Le differenze nella struttura fisica della colonna d'acqua influenzano, probabilmente, anche la distribuzione del fitoplancton: a titolo di esempio si possono considerare i due gruppi principali rilevati dal Fluoroprobe, diatomee/crisoficee e criptoficee, queste ultime

da interpretare, verosimilmente, come cianobatteri con ficoeritrina (soprattutto *Planktothrix rubescens*), come spiegato nei rapporti precedenti.

Nel caso delle diatomee (Fig. 4.1.6.), queste risultano leggermente più abbondanti nelle stazioni settentrionali e si ritrovano fino a 30 metri di profondità: nelle stazioni meridionali, invece, la loro presenza è limitata allo strato epilimnetico. È probabile che il maggiore rimescolamento delle acque superficiali nella parte nord del bacino favorisca la crescita di questi organismi in una colonna d'acqua più ampia, mentre nella zona di lago con acque più calde, la maggiore stabilità termica e l'esistenza di un termoclinio ben strutturato, che ne ostacola la sedimentazione, limita lo strato di crescita ai primi 10 metri circa.

La mappa di distribuzione degli organismi contenenti ficoeritrina (Fig. 4.1.7.) si sovrappone quasi esattamente con quella della clorofilla totale, poiché questa classe ha dato il maggiore contributo al popolamento fitoplanctonico, in occasione della campagna 2012. La distribuzione verticale, che mostra la massima concentrazione intorno a 15 metri di profondità, rispecchia perfettamente il comportamento ecologico di *Planktothrix rubescens*, specie adattata a basse intensità luminose e basse temperature, che trova nella nicchia metalimnetica le condizioni ideali di crescita, favorita anche dall'accumulo di nutrienti algali, che solitamente si verifica in questo strato della colonna d'acqua.

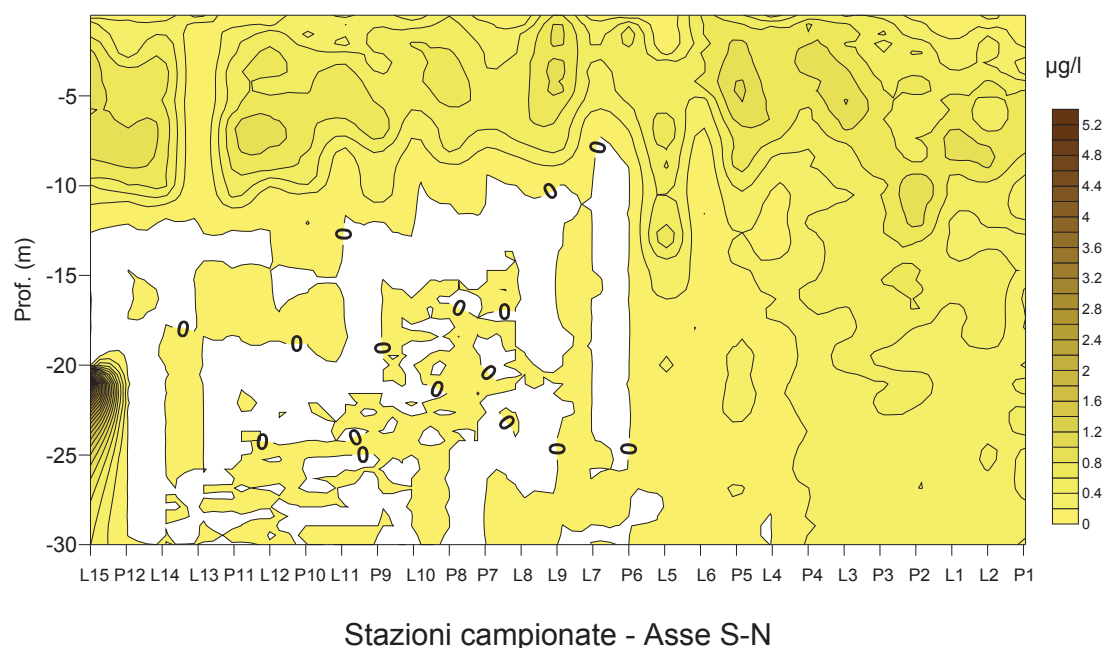
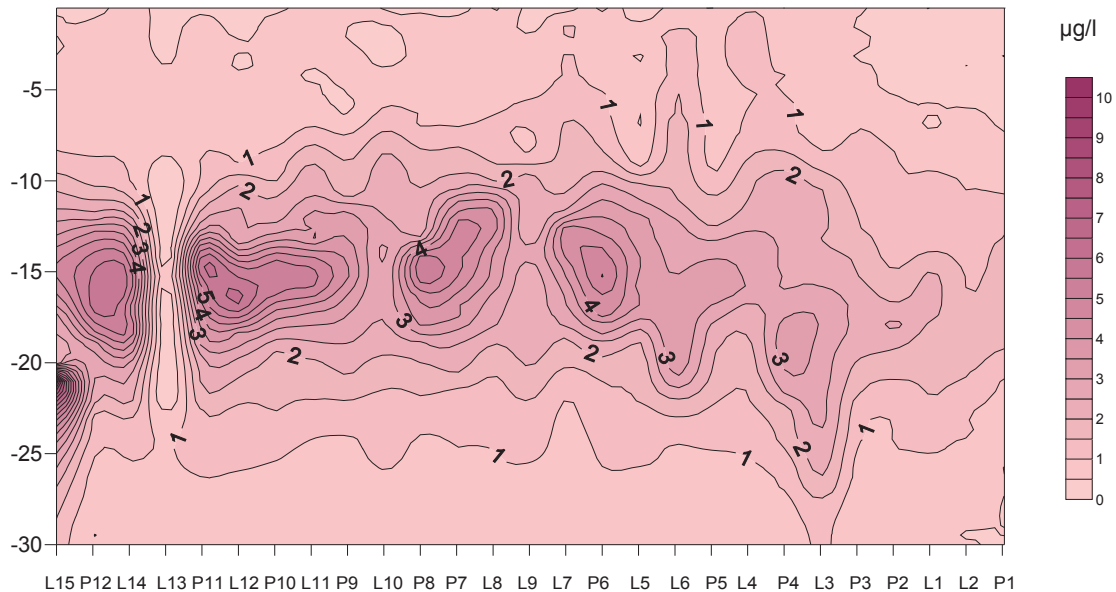


Fig. 4.1.6. Distribuzione spaziale della clorofilla attribuibile alle diatomee/crisoficee nel bacino del Lago Maggiore in occasione della campagna 2012. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.1.3.



Stazioni campionate - Asse S-N

Fig. 4.1.7. Distribuzione spaziale della clorofilla attribuibile alle criptofcece nel bacino del Lago Maggiore in occasione della campagna 2012. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.1.3.

In conclusione, le differenze areali nello sviluppo del fitoplancton, registrate anche negli anni passati, sono da mettere in relazione con l'esistenza di disomogeneità ambientali lungo l'asse del Lago Maggiore, legate sia alle caratteristiche termiche della colonna d'acqua, che alla variabilità degli apporti di nutrienti dal bacino imbrifero.

E' opportuno considerare il fatto che situazioni come questa, per quanto eccezionali, possono determinare un significativo peggioramento dello stato di qualità ecologica del Lago Maggiore, così come viene valutato attraverso gli indicatori previsti dalla normativa vigente.

Quindi, l'adozione di interventi volti a ridurre i carichi significativi di nutrienti, che tutt'ora sono portati a lago da alcuni tributari, sarebbe una misura estremamente valida per tenere sotto controllo eventi di fioritura algale, come quelli osservati negli anni recenti.

Bibliografia

- Arvola, L., K. Salonen, R.I. Jones, I. Bergström & A. Heinänen. 1987. A three day study of the diel behaviour of plankton in a highly humic and steeply stratified lake. *Arch. Hydrobiol.*, 109: 89-106.
- Cozza, R., G. Morabito, A. Pugnetti & D. Ruggiu. 1993. Daytime phytoplankton periodicity and production in Lake Candia (N. Italy). *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 51: 11-28.
- Jones, R.L. 1988. Vertical distribution and diel migration of flagellated phytoplankton in a small humic lake. *Hydrobiologia*, 161: 75-87.
- Jones, R.I., A.S. Fulcher, J.K.U. Jayakody, J. Laybourn-Parry, A.J. Shine, M.C. Walton & J.M. Young. 1995. The horizontal distribution of plankton in a deep, oligotrophic lake - Loch Ness, Scotland. *Freshwat. Biol.*, 33: 161-170.

- Morabito, G., A. Oggioni & M. Austoni. 2012. Resource ratio and human impact: how diatom assemblages in Lake Maggiore responded to oligotrophication and climatic variability. *Hydrobiologia*, 698: 47-60.
- Moreno-Ostos, E., L. Cruz-Pizarro, A. Basanta & D.G. George. 2009. The influence of wind-induced mixing on the vertical distribution of buoyant and sinking phytoplankton species. *Aquat. Ecol.*, 43: 271-284.
- Salmaso, N. 2002. Ecological patterns of phytoplankton assemblages in Lake Garda: seasonal, spatial and historical features. *J Limnol.*: 61(1): 95-115.
- Simona, M. 2002. Winter and spring mixing depths affect the trophic status and composition of phytoplankton in the northern meromictic basin of Lake Lugano. *J Limnol.*: 62(2):190-206.
- Tilzer, M.M. 1973. Diurnal periodicity in the phytoplankton assemblage of a high mountain lake. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 15-30.