

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 2011, alla serie storica dei campionamenti sul Lago Maggiore. Nella stazione al largo di Ghiffa sono stati effettuati, tra il 12 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 2011 è stato di 113 unità, in linea con i valori misurati dal 2000 ad oggi, uguali o superiori alle 80 unità tassonomiche, come evidenziato nei rapporti precedenti.

Nel 2011 il numero medio di specie per campione è risultato uguale a 54, valore massimo assoluto 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 2010 (41 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 31 unità tassonomiche, seguita dalle diatomee (29) e dalle cianoficee (25): 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 12 unità, le criptoficee e le dinoficee, che con 10 e 6 unità tassonomiche rispettivamente, sono, come di consueto, i gruppi meno rappresentati nella flora pelagica del Lago Maggiore.

La successione stagionale dei grandi gruppi tassonomici si è svolta, nel 2011, con una dinamica solo in parte simile a quella solitamente osservata nel Lago Maggiore a (Fig. 4.1). Diatomee e cianobatteri hanno mantenuto un'importanza comparabile a quanto avveniva negli anni passati, tuttavia, il 2011 è stato caratterizzato da una eccezionale fioritura di cloroficee, nello specifico di *Mougeotia* sp., largamente dominante tra Giugno ed Agosto. La fase iniziale della successione ha visto, come di norma, la dominanza delle diatomee, che cominciano a svilupparsi in Marzo, raggiungendo un picco di biovolume

intorno a $5 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$ tra Aprile e Maggio, che porta questo gruppo sui valori osservati nel 2010.

Tra Maggio e Giugno si assiste ad una forte riduzione delle diatomee, in coincidenza con la fioritura di cloroficee, seguita da un nuovo periodo di ripresa tra la fine di Agosto e l'inizio di Settembre. Il picco autunnale osservato nel 2010 non si è più verificato nel corso del 2011.

I mesi estivi, come ricordato in precedenza, hanno visto l'anomala proliferazione delle cloroficee, che hanno raggiunto un primo picco di biomassa il 22 Giugno, arrivando a $8 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$, valore mai raggiunto da un gruppo algale nel corso dell'evoluzione recente dei popolamenti fitoplanctonici nel Lago Maggiore. Dopo un drastico calo registrato nel mese di Luglio, un secondo, altrettanto eccezionale picco di cloroficee (circa $5 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$) si è verificato alla fine di Agosto. La riduzione osservata a Luglio potrebbe coincidere solo in parte con un ridimensionamento numerico della popolazione: infatti, non si può escludere uno spostamento della biomassa algale verso le zone meridionali del bacino, come sembrerebbero indicare i dati sulla distribuzione orizzontale registrati il 19 Luglio (si veda paragrafo 4.1.2), che mostrano una concentrazione di clorofilla quasi 5 volte superiore nelle stazioni più a sud, rispetto a quanto misurato a Ghiffa.

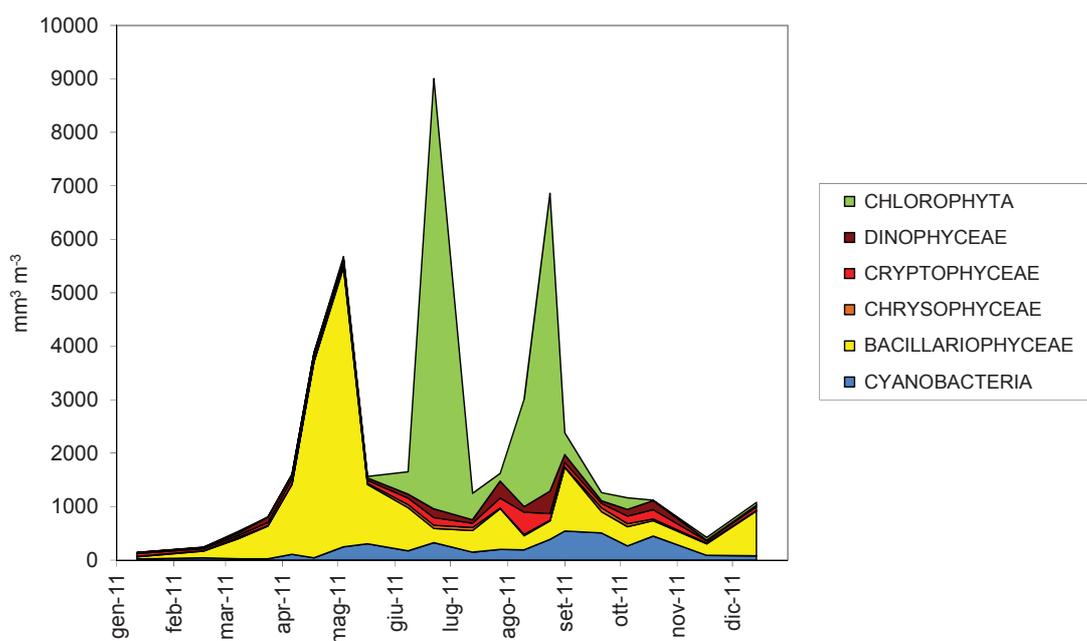


Fig. 4.1. Biovolumi cumulati dei principali raggruppamenti sistematici per il 2010.

La crescita dei cianobatteri, ridotta durante la fase di fioritura delle cloroficee, ha avuto il suo massimo sviluppo nella tarda estate, favorita anche dal mantenersi di temperature elevate e di condizioni climatiche favorevoli (Fig. 4.1): nel gruppo mantengono una certa importanza le Oscillatoriales del gruppo *Planktothrix rubescens/agardhii*, da anni elemento tipico della flora algale pelagica del Lago Maggiore. *Anabaena lemmermannii* protagonista di estese fioriture nel passato recente, si è presentata anche nel 2011: il suo massimo sviluppo, peraltro alquanto modesto in valore assoluto, è stato registrato 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 2011 il biovolume medio annuo è stato di $1,9 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$, con una concentrazione media annua della clorofilla *a* pari a $4,60 \text{ mg m}^{-3}$. Gli aumenti del biovolume e della clorofilla media annua sono giustificati dalla massiccia fioritura estiva di *Mougeotia* sp. Dei picchi di biovolume si è scritto nel paragrafo precedente: per quanto riguarda la clorofilla, questo parametro ha raggiunto valori di concentrazione superiori a 15 mg m^{-3} in tre dei quattro campioni raccolti in questi mesi.

Il massiccio ed assolutamente inatteso, soprattutto in tali proporzioni, sviluppo di cloroficee ha riportato la media annua dei due indicatori trofici sopra citati sui valori che caratterizzavano il Lago Maggiore alla fine degli anni '80, poco prima che avesse inizio la fase di cambiamento strutturale delle associazioni fitoplanctoniche, conseguente al processo di oligotrofizzazione.

Nel 2011 anche la fase di successione primaverile delle diatomee ha mostrato alcune differenze rispetto al passato: *Asterionella formosa* e *Fragilaria crotonensis* hanno notevolmente ridotto la loro importanza nei mesi di Marzo ed Aprile, a vantaggio di *Melosira varians* ed *Aulacoseira islandica* morf. *helvetica*. La fase tardo-primaverile della successione è, come nel 2010, dominata da *Tabellaria flocculosa*, che raggiunge una biomassa consistente (Fig. 4.2).

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 2010-2011 si siano ripetute condizioni climatiche favorevoli per la crescita di questa diatomea.

Tra le diatomee centriche si osserva, per il terzo anno consecutivo, la presenza di *Stephanodiscus alpinus*, tra le specie dominanti, sebbene con massimi di biomassa relativamente modesti. Anche nel 2011 questa specie ha preso il posto di *Cyclotella* sp. nella fase iniziale della successione. 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 ed i dati fino ad ora disponibili non sono tali da indicare un evidente peggioramento dello stato trofico: tuttavia, la presenza di *Stephanodiscus alpinus* nel gruppo delle dominanti per tre anni consecutivi deve indurre a mantenere sotto continua sorveglianza l'evoluzione dell'ambiente.

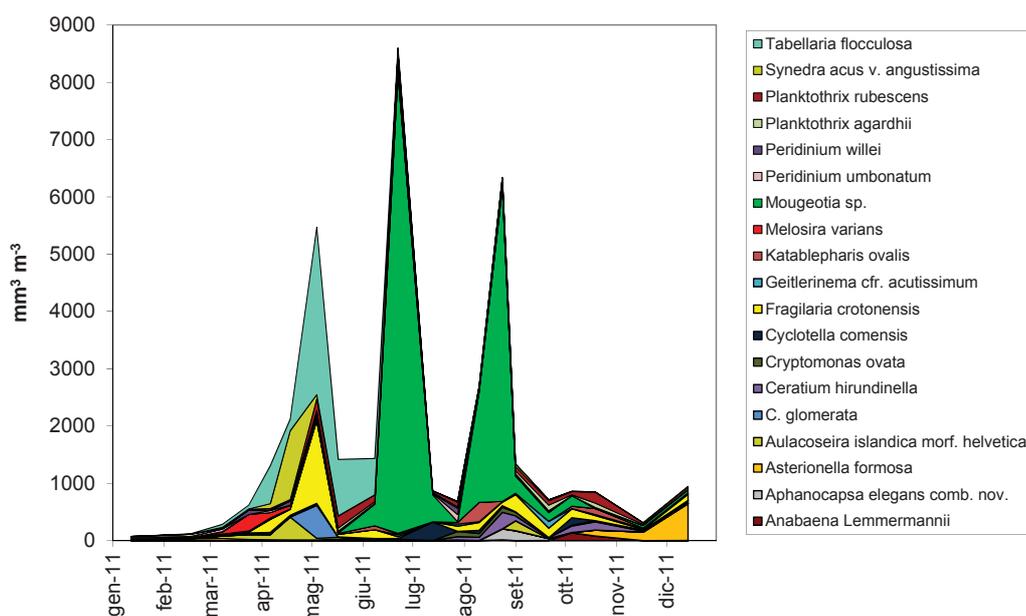


Fig. 4.2. Biovolumi cumulati di entità sistematiche particolarmente significative.

Cyclotella comensis compare, peraltro, nelle fasi estiva ed autunnale della successione, con biomasse di un certo rilievo.

Per quanto riguarda gli altri gruppi algali, i cianobatteri raggiungono uno sviluppo degno di nota solo tra Settembre ed Ottobre, con il contributo di numerose specie, tra cui *Snowella litoralis*, *Tychonema bourrellyi*, *Planktothrix rubescens/agardhii*, *Anabaena lemmermannii*, *Aphanocapsa* spp. e *Geitlerinema cfr. acutissimum*.

Tra i dinoflagellati, *Ceratium hirundinella* ha raggiunto valori di biovolume significativi, con un periodo di dominanza che ha avuto inizio in Luglio e si è protratto fino a Ottobre (Fig. 4.2). Di un certo rilievo anche il contributo di *Peridinium* spp.

Le Cryptophyta danno un contributo modesto, con la solita *Plagioselmis nannoplantica*, presente lungo l'arco dell'intero anno, *Cryptomonas erosa* e *C. ovata* in estate ed autunno (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 dal forte sviluppo delle diatomee. Tra le Chrysophyceae solamente *Chrysochromulina parva* è rientrata nel gruppo delle dominanti.

Per quanto riguarda l'importanza delle Chlorophyta si è scritto in precedenza dell'anomalo sviluppo di *Mougeotia* sp. e di quanto questo evento abbia condizionato la dinamica del fitoplancton nel corso del 2011. Questo organismo, con abbondanze relativamente basse, è sempre stato presente nel Lago Maggiore ed è estremamente comune in tutti i laghi profondi subalpini: fioriture di *Mougeotia* hanno avuto luogo anche nel Lago di Lugano e nel Lago di Garda e sono state interpretate come segnale di peggioramento dello stato trofico (Salmaso, 2002; Simona, 2002). Anche queste osservazioni, dunque, devono indurre a mantenere alta la soglia di attenzione sui cambiamenti recenti in corso nel Lago Maggiore. La presenza di altre cloroficee risulta modesta, nonostante la biodiversità elevata: tutte le specie rinvenute sono presenti con biovolumi trascurabili.

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, in data 19 Luglio 2011, 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. 4.3).

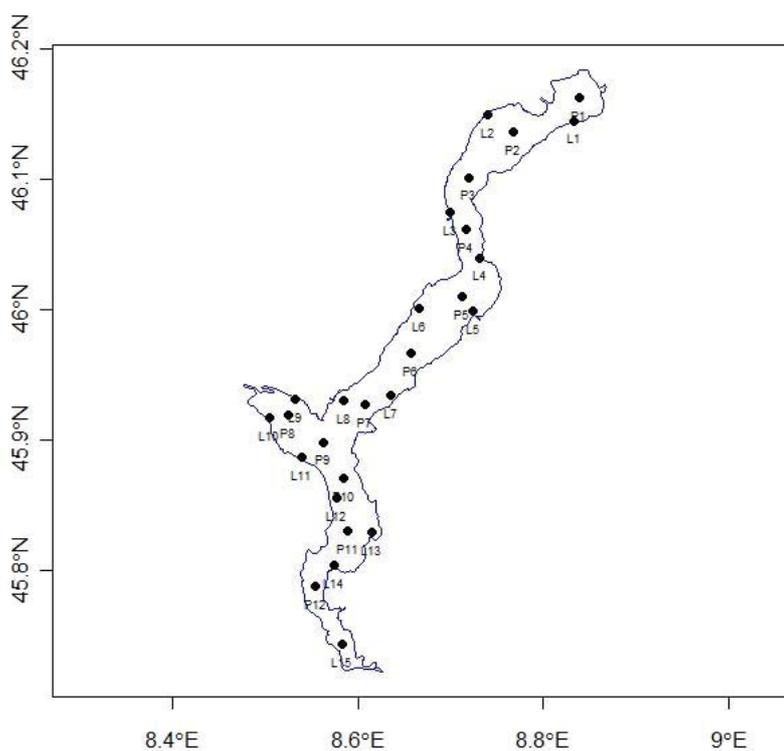


Fig. 4.3. Posizione delle stazioni di campionamento scelte per la misura della distribuzione spaziale.

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 campagna di misure per la valutazione della distribuzione spaziale, condotta in data 19 luglio 2011, ha messo in evidenza l'importanza della fioritura di *Mougeotia* sp., estesa a tutto il bacino lacustre. La Figura. 4.4 mostra la distribuzione della clorofilla totale: in questa occasione oltre il 90% della concentrazione rilevata era dovuta a *Mougeotia* sp., con picchi superiori a 40 $\mu\text{g l}^{-1}$ localizzati intorno alla profondità di 5 metri.

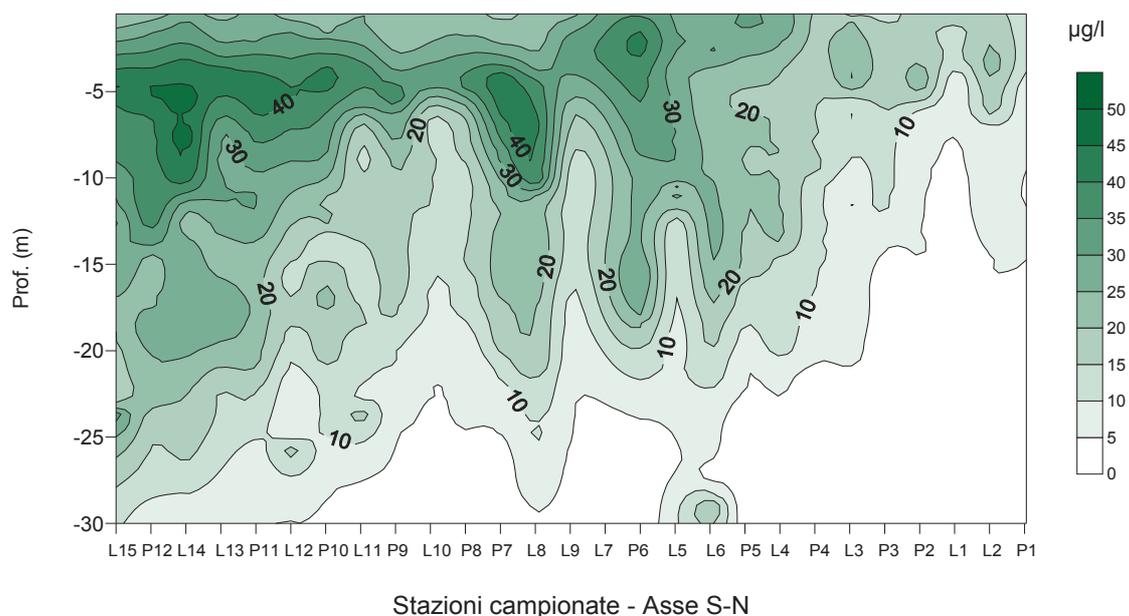


Fig. 4.4. Distribuzione spaziale della clorofilla totale nel bacino del Lago Maggiore in data 19 Luglio 2011. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.3.

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. 4.4). In particolare, si osserva un deciso 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. Relativamente alla temperatura dello strato eufotico, la differenza tra le due porzioni del bacino, equivalente a circa 2 °C (Fig. 4.5), potrebbe aver condizionato lo sviluppo delle alghe limitando la fioritura di *Mougeotia* alle stazioni più meridionali, come è ben evidente anche in Figura 4.6., che mostra la distribuzione delle cloroficee. In questa data, la fioritura era localizzata soprattutto nello strato compreso tra la superficie e 10 metri, all'interno del quale sono state misurate differenze di temperatura superiori anche a 5 °C tra le estremità settentrionale e meridionale del bacino. Oltre alla temperatura più elevata, è possibile che il maggiore sviluppo di *Mougeotia* nelle stazioni meridionali sia stato favorito anche dall'apporto di nutrienti proveniente dal Torrente Bardello, che convoglia le acque del Lago di Varese. L'arricchimento in fosforo nell'area antistante la Stazione L13 era stato già osservato negli anni passati: proprio in questa stazione di misura la

fioritura ha toccato il picco massimo di circa $50 \mu\text{g l}^{-1}$ (Fig. 4.6), assolutamente anomalo per un lago con lo stato trofico del Maggiore.

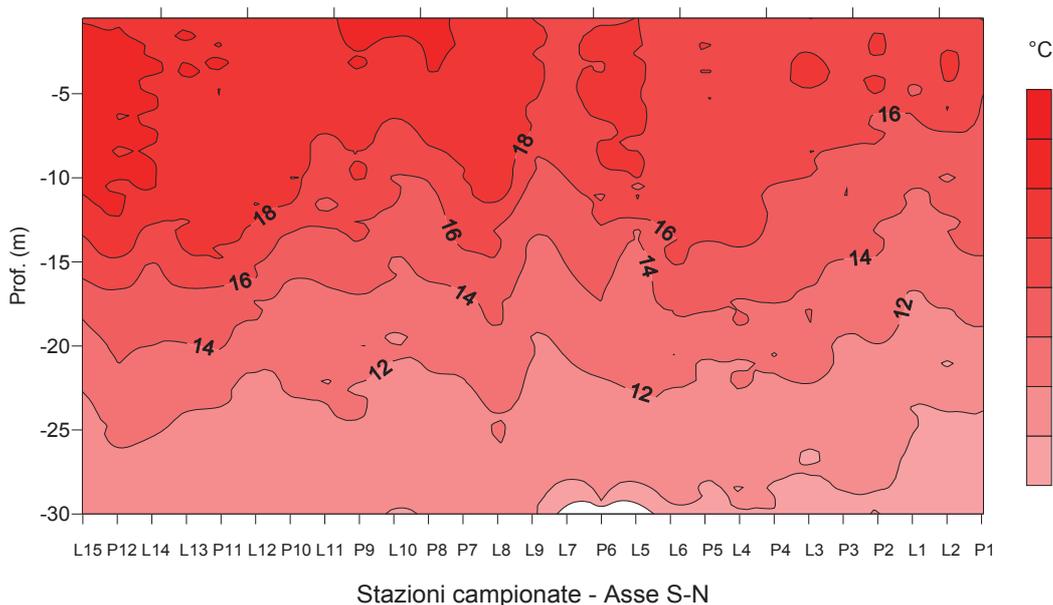


Fig. 4.5. Distribuzione spaziale della temperatura nello strato superficiale del Lago Maggiore in data 19 Luglio 2011. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.3.

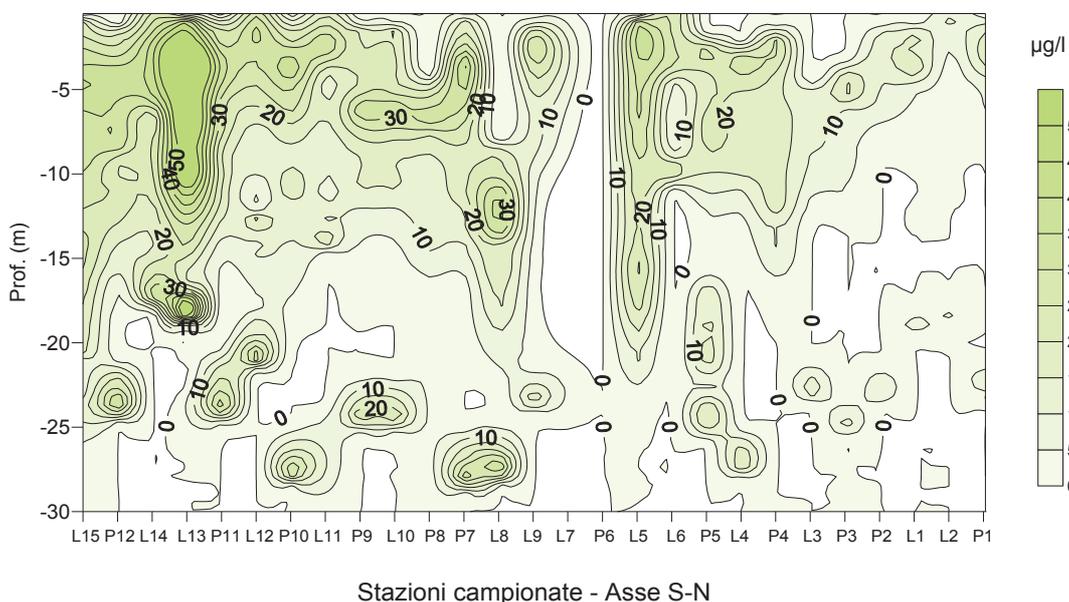


Fig. 4.6. Distribuzione spaziale della clorofilla attribuibile alle cloroficee nel bacino del Lago Maggiore in data 19 Luglio 2011. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.3.

La massiccia fioritura di *Mougeotia* sp., protrattasi per circa un mese a cavallo tra Giugno e Luglio, ha portato all'esclusione competitiva di gran parte degli altri organismi algali, che usualmente rappresentano una componente importante del fitoplancton estivo. A titolo di esempio si veda la Figura 4.7, che rappresenta la distribuzione spaziale delle

diatomee/crisoficee, popolazione normalmente dominante in occasione delle indagini sulla variabilità spaziale condotte negli anni passati.

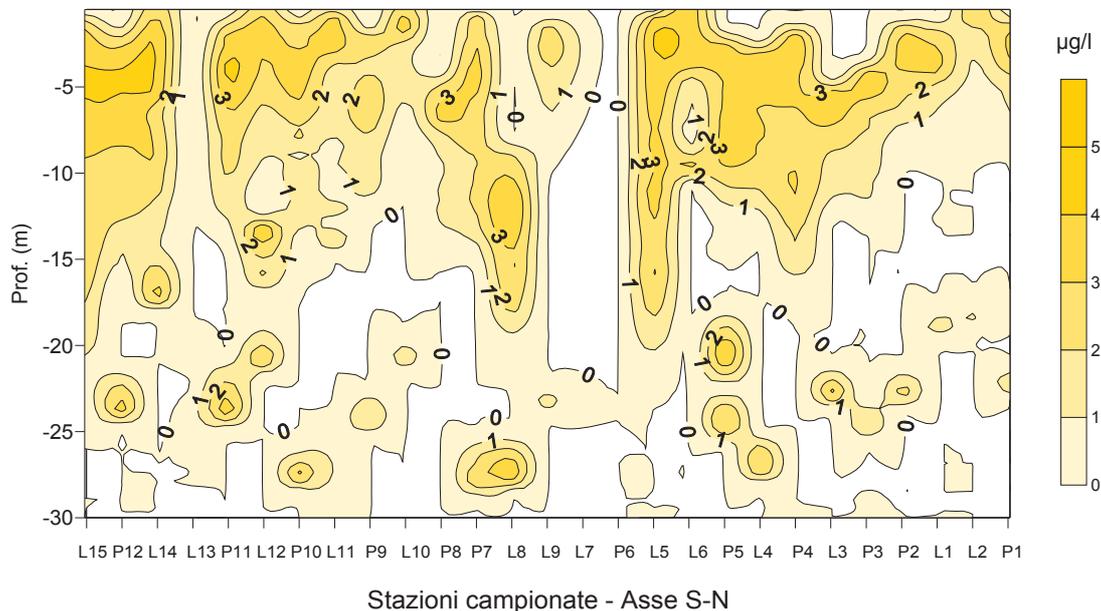


Fig. 4.7. Distribuzione spaziale della clorofilla attribuibile alle diatomee/crisoficee nel bacino del Lago Maggiore in data 19 Luglio 2011. I nomi delle stazioni sono riportati in figura 4.3.

La mappa mette in evidenza la scarsa abbondanza di questo gruppo, con picchi di clorofilla che raramente raggiungono i $5 \mu\text{g l}^{-1}$. Inoltre, è difficile ritrovare traccia dello schema di distribuzione osservato negli anni passati, che aveva messo in evidenza l'esistenza di un chiaro gradiente Nord-Sud.

In conclusione, sembrerebbe che le differenze areali nello sviluppo del fitoplancton, normalmente registrate anche negli anni passati, siano state, in relazione alla fioritura, enormemente amplificate dall'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, se, da un lato, non è ipotizzabile, in un grande lago come il Maggiore, modificare le caratteristiche fisiche della colonna d'acqua per limitare lo sviluppo delle fioriture, dall'altro, 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 le fioriture algali.

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*, DOI: 10.1007/s10750-012-1094-0.
- 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.