

3. INDAGINI SULL'EVOLUZIONE DEL POPOLAMENTO ZOOPLANCTONICO: CONFRONTO CON I DATI PREGRESSI ANCHE ALLA LUCE DELLE MUTATE CONDIZIONI METEO-CLIMATICHE.

Roberta Piscia, Marina Manca

Nel corso del 2014 abbiamo prelevato campioni zooplanctonici con cadenza mensile nell'usuale sito del monitoraggio a lungo termine, ovvero in zona pelagica lungo il transetto Ghiffa-Caldè in corrispondenza del punto di massima profondità del lago. Per la raccolta dei campioni abbiamo utilizzato due plankton sampler di Clarke-Bumpus armati di rete a maglie da 76 e 126 μm rispettivamente, trascinati lungo una traiettoria sinusoidale entro lo strato d'acqua 0-50 m, nel quale lo zooplancton risulta principalmente distribuito. Tramite l'analisi microscopica abbiamo stimato la biomassa, la densità di popolazione e il relativo contributo dei singoli *taxa*.

Dai dati raccolti è stato possibile evidenziare un aumento precoce, già dal mese di marzo, della densità numerica del popolamento zooplanctonico di rete, con valori circa doppi rispetto a quelli di febbraio (Fig. 3.1). La massima densità di popolazione è stata registrata, come di consueto, nel mese di maggio, mese nel quale i valori sono risultati pienamente raffrontabili con quelli registrati nell'ultimo quinquennio. Così come osservato lo scorso anno, l'incremento di densità numerica del popolamento zooplanctonico di rete da febbraio a maggio è stato determinato da due componenti, quella dei naupli di copepodi e quella dei rotiferi zooplanctonici (Fig. 3.1, Fig. 3.2 A e B; Manca et al., 1996). Il cospicuo ridimensionamento della densità numerica del popolamento zooplanctonico a giugno, con una diminuzione di quasi il 60% del valore stimato a maggio, è proseguita fino al minimo registrato in agosto, mese a partire dal quale la densità di popolazione del popolamento zooplanctonico di rete è risultata attestarsi su valori molto bassi, e pressoché costanti, fino alla fine dell'anno.

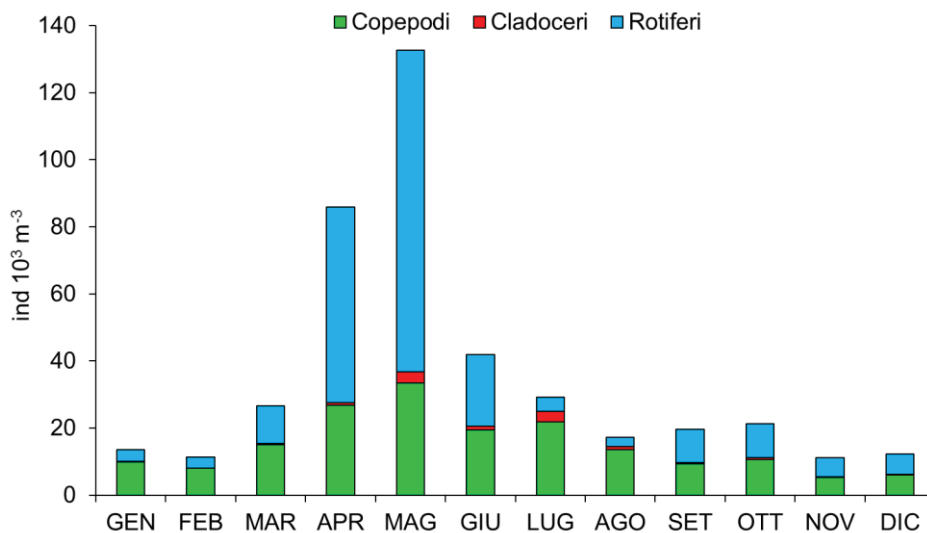


Fig. 3.1. Densità di popolazione dello zooplancton di rete nel corso del 2014 nel Lago Maggiore.

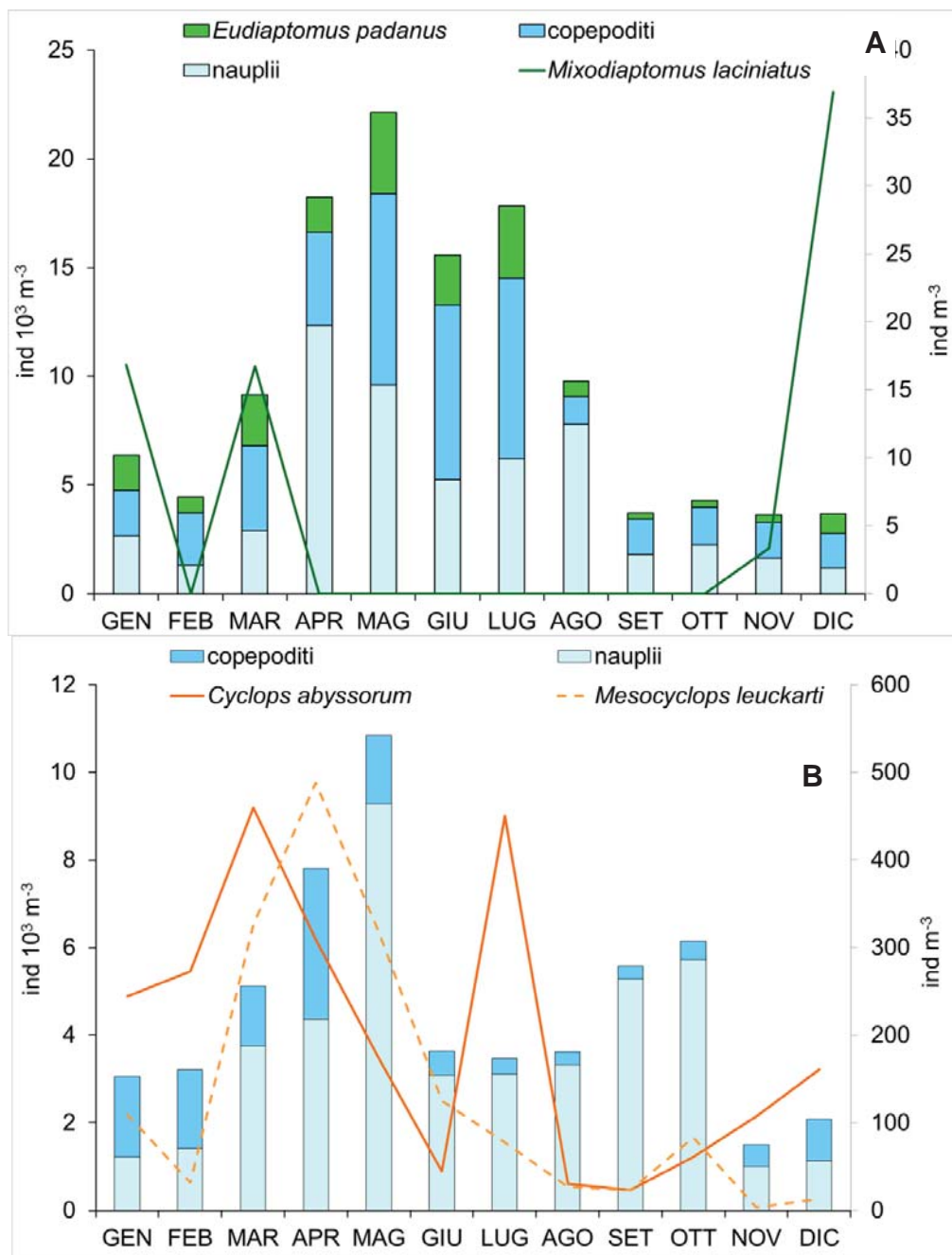


Fig. 3.2. Densità di popolazione degli stadi adulti di diaptomidi (A) e ciclopidi (B) e dei relativi nauplii e copepoditi nel corso del 2014 nel Lago Maggiore (i valori delle linee vanno riferite all'asse di destra).

Come di consueto, i copepodi sono risultati persistere durante tutto l'anno, variando da un minimo di circa 5000 ind m^{-3} a novembre a un massimo di circa 33000 ind m^{-3} a maggio (Fig. 3.1).

Complessivamente, il popolamento a ciclopidi ha presentato il suo massimo sviluppo nel periodo marzo-maggio, cui ha fatto seguito un declino a giugno, con valori simili a quelli di gennaio e febbraio (Fig. 3.2A). Una lieve ripresa del popolamento ha caratterizzato i mesi di settembre ed ottobre, seguita da un ulteriore decremento numerico nell'ultima parte dell'anno (novembre e dicembre).

Tra i ciclopidi adulti, per i quali è stata eseguita la distinzione in specie, si è osservata la dominanza di *Mesocyclops leuckarti* nei mesi primaverili (da aprile a giugno), con valori compresi tra il 61% e il 74%, mentre nella restante parte dell'anno è risultata *Cyclops abyssorum* la specie numericamente più abbondante. A differenza dei ciclopidi, lo sviluppo numerico dei diaptomidi nel corso del 2014 (Fig. 3.2B), è risultato meno altalenante, con un graduale aumento a partire dal mese di marzo fino al raggiungimento del picco in densità a maggio (22129 ind m⁻³), e il declino successivo nei mesi successivi, con valori del tutto comparabili a quelli di inizio anno a partire da settembre. Questo dato conferma la spiccata stabilità e persistenza temporale di questa componente del popolamento zooplanctonico.

Anche nel 2014, tra i diaptomidi la specie quasi esclusivamente presente è stata *Eudiaptomus padanus*, molto probabilmente ibridato con la specie invasiva *Eudiaptomus gracilis*, rilevata nel Lago Maggiore nel 2006 (Manca et al., 2007; Visconti e Manca, 2010). Da segnalare la presenza, seppur con pochi individui e limitatamente a pochi mesi, di *Mixodiaptomus laciniatus*, specie che, successivamente all'invasione di *Eudiaptomus gracilis* non era più stata rinvenuta nelle acque pelagiche del lago fino allo scorso anno (Piscia e Manca, 2014).

Come già sottolineato, l'andamento generale del popolamento zooplanctonico di rete è stato fortemente influenzato dalla componente a rotiferi, soprattutto nei mesi primaverili. Come evidenziato nel grafico in Figura 3.3, un brusco incremento della densità numerica è stato osservato in aprile e ancora maggio, mese nel quale si è raggiunto il massimo valore di densità numerica, per il 66% determinato dal rotifero coloniale *Conochilus unicornis-hippocrepis* gr.

I *taxa* numericamente dominanti, con valori compresi tra il 43% a luglio e il 95% a gennaio, sono risultati *Asplanchna priodonta*, *Synchaeta* spp., *Keratella* spp., *Polyarthra* spp., *Conochilus unicornis-hippocrepis* gruppo, *Filinia longiseta* e *Kellicotia longispina*.

La presenza di *Kellicotia*, *Synchaeta*, *Asplanchna* e *Conochilus* è risultata caratterizzare i primi sei mesi dell'anno, mentre le altre specie sono state rinvenute nel popolamento zooplanctonico di rete durante tutto l'arco dell'anno.

Nel 2014, molto contenuto è stato lo sviluppo numerico dei cladoceri zooplanctonici del Lago Maggiore (Fig. 3.4). Il dato medio annuo è risultato pari a circa un terzo di quello registrato nello scorso anno (959 e 3367 ind m⁻³, nel 2014 e 2013, rispettivamente). I primi cinque mesi del 2014 sono stati caratterizzati dalla presenza di *Daphnia hyalina-galeata* ed *Eubosmina longispina* con valori di densità molto modesti anche a maggio, quando il picco di densità è stato stimato in circa 3300 ind m⁻³, decisamente in controtendenza rispetto ai valori degli altri anni del quinquennio e di quelli del quinquennio precedente (Piscia et al., 2013). Nei successivi mesi, *Eubosmina* è stata sostituita da *Diaphanosoma brachyurum*, specie responsabile, insieme a *Daphnia*, del secondo picco in densità, osservato a luglio (3192 ind m⁻³). Come di consueto, il declino a giugno della densità numerica dei cladoceri filtratori (in Fig. 3.4 evidenziati con i toni del verde) è risultato concomitante con l'incremento numerico dei grandi cladoceri predatori (evidenziati con i toni del rosso), che in quel mese hanno raggiunto il massimo sviluppo numerico, suggerendo un loro possibile ruolo nel declino dei filtratori, in quanto loro prede preferite (Manca e DeMott, 2009; Manca, 2011).

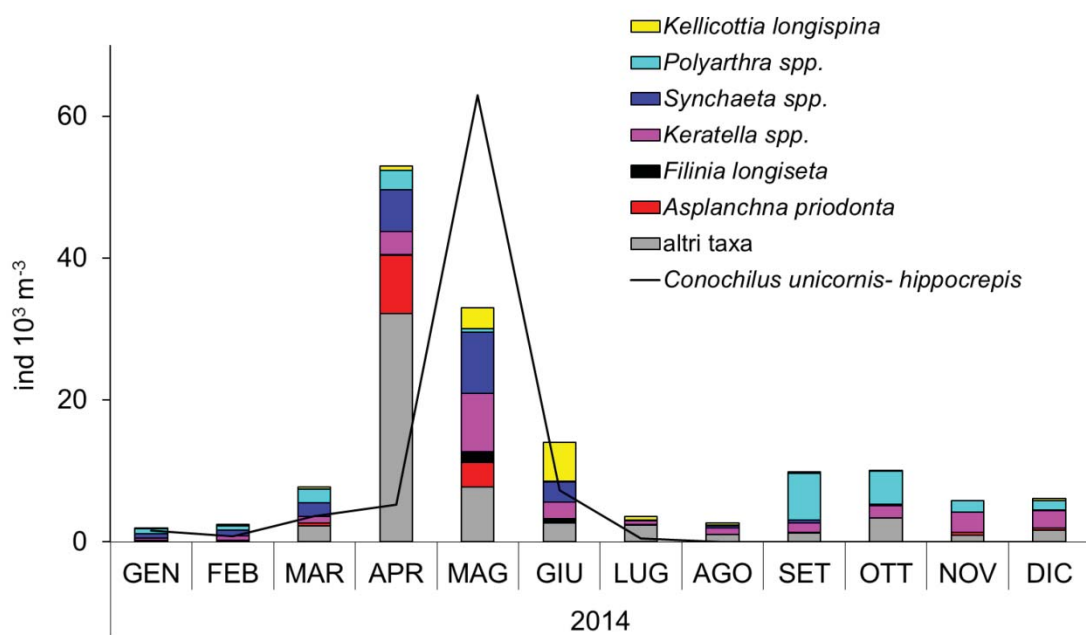


Fig. 3.3. Densità di popolazione dei rotiferi appartenenti allo zooplancton di rete del Lago Maggiore nel corso del 2014.

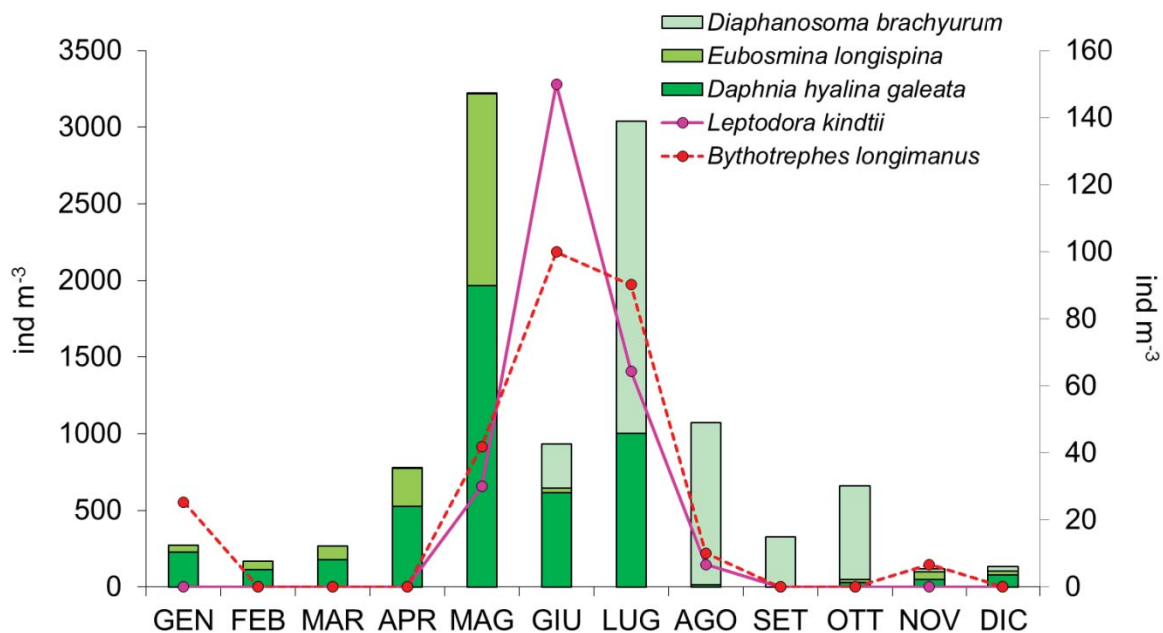


Fig. 3.4. Densità di popolazione dei cladoceri del lago Maggiore nel corso del 2014. I valori di *B. longimanus* e *L. kindtii* vanno riferiti all'asse di destra.

Anche quest'anno, le analisi degli isotopi stabili di carbonio e azoto ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) hanno confermato i pattern stagionali osservati negli anni precedenti (Fig. 3.5), ovvero la tendenza dei diversi *taxa* ad avere un *fingerprint* isotopico del carbonio ($\delta^{13}\text{C}\text{‰}$) meno impoverito in estate, e più arricchito nell'isotopo pesante dell'azoto ($\delta^{15}\text{N}\text{‰}$) in autunno-inverno rispetto ai mesi primaverili ed estivi. In particolare, è stata confermata la stretta relazione tra il segnale isotopico del carbonio di *Daphnia* e il valore medio di temperatura dei primi 50 metri registrato nel corso dell'anno.

Il segnale isotopico del carbonio dei diversi *taxa* di cladoceri analizzati è risultato solidale con quello di *Daphnia*, ritenuto rappresentativo della linea di base pelagica (Visconti e Manca, 2011), indicando una comune fonte alimentare. I copepodi si sono invece distinti. In particolare, il segnale isotopico dei diaptomididi in autunno è risultato essere più negativo rispetto a quello di *Daphnia* (-35,01‰ e -32,94‰, rispettivamente), mentre i segnali isotopici dei ciclopidi si sono distinti ad agosto e a gennaio (-32,60‰ e -33,03‰, -27,83‰ e -35,07‰, rispettivamente). La tendenza dei ciclopidi ad utilizzare basi alimentari diverse da quella rappresentata da *Daphnia* è in linea con quanto rilevato nel corso degli anni del quinquennio. Tale tendenza risulta ancor più interessante alla luce del fatto che *Cyclops* adulto sembra avere un ruolo non trascurabile nel veicolare gli inquinanti organici persistenti ai pesci zooplanctivori (Bettinetti et al., 2015). Analisi di maggior dettaglio, sia della base alimentare, sia della distribuzione verticale degli organismi potrebbero meglio chiarire i risultati finora ottenuti.

Tutt'altro che trascurabile è risultato l'intervallo di variazione del segnale isotopico dell'azoto di *Daphnia*, organismo zooplanctonico utilizzato come riferimento per la linea di base pelagica, con valori minimi, simili in primavera ed estate (di 2,57‰ e 2,86‰, rispettivamente) e massimi in autunno e inverno (di 9,05‰ e 9,83‰, rispettivamente). Per *Eubosmina*, la variazione tra il valore minimo e massimo è risultata più contenuta (variando tra 3,32‰ in primavera e 5,56‰ in inverno), in particolare a gennaio è stato rilevato un contenuto nell'isotopo pesante dell'azoto e nettamente inferiore rispetto a *Daphnia* (5,56‰ e 9,83‰ per *Eubosmina* e *Daphnia*, rispettivamente). Questo aspetto, già osservato negli anni precedenti può essere attribuito alla capacità di *Eubosmina* di utilizzare materiale sestonico meno arricchito in $\delta^{15}\text{N}$ rispetto a *Daphnia*. La minore variabilità nel corso dell'anno sta anche ad indicare una maggiore specializzazione di *Eubosmina* rispetto a *Daphnia* nell'utilizzo dell'alimento. Un altro elemento che ha trovato conferma nei dati del 2014 è stata la vicarianza di ruolo di *Daphnia* e *Diaphanosoma*, il cui valore ad agosto, unica data in cui la quantità di materiale è stata sufficiente per eseguire l'analisi, non suggerisce frazionamento del carbonio rispetto a *Daphnia*.

Dei due cladoceri predatori, *Bythotrephes longimanus* è risultato avere un valore di $\delta^{15}\text{N}$ più elevato, con una differenza costante rispetto a *Leptodora kindtii* nei mesi nei quali quest'ultima era presente (estivi ed autunnali). In particolare, i risultati per queste due specie di cladoceri, in queste due stagioni, sembrano suggerire, non tanto una predazione diretta di *Bythotrephes* su *Leptodora*, quanto una predilezione del primo per prede caratterizzate da un maggior contenuto dell'isotopo pesante e viceversa.

Come già osservato negli anni precedenti, il *fingerprint* isotopico dei ciclopidi ha mostrato un trend del tutto peculiare, con una variazione molto contenuta, sia del segnale isotopico del carbonio, sia di quello dell'azoto. Tale risultato può essere interpretato come il segnale di una spiccata specializzazione di nicchia trofica.

Analogo discorso può essere fatto per i diaptomidi, variando il loro valore del $\delta^{15}\text{N}$ tra un minimo di 7,73‰ $\delta^{15}\text{N}$ in primavera ad un massimo di 11,42‰ $\delta^{15}\text{N}$ in inverno. Di particolare interesse è risultato il valore misurato in primavera, in quanto esso sembra suggerire una sorta di vicinanza di ruolo trofico con *Bythotrephes*, in linea con quanto osservato in precedenza (Piscia e Manca, 2013).

I dati di *fingerprint* isotopico di carbonio e azoto ottenuti per i singoli taxa analizzati sono stati confrontati con quelli relativi al pool delle tre frazioni dimensionali del popolamento zooplanctonico pelagico di rete, utilizzati per la determinazione degli inquinanti organici persistenti (cfr., Rapporto CIP AIS DDT 2014), quali descrittori sintetici del popolamento zooplanctonico. I risultati ottenuti sono riportati nel grafico in Figura 3.5.

I valori di $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ e $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ nelle 3 frazioni dimensionali da noi analizzate possono essere ricostruiti a partire dai segnali isotopici dei singoli taxa e del loro relativo contributo alla biomassa totale (cfr., Rapporto CIP AIS DDT 2014), pertanto sono rappresentativi degli organismi che predominano nel campione in termini di biomassa.

I segnali isotopici dei pool delle frazioni dimensionali $\geq 450\ \mu\text{m}$ e $450\ \mu\text{m} \leq X < 850\ \mu\text{m}$ sono risultati perfettamente sovrapposti in primavera e in inverno e molto simili in autunno, cioè nei periodi nei quali il contributo dei grandi cladoceri predatori in termini di biomassa è stato trascurabile. In estate, invece, essi sono risultati notevolmente differenziati tra loro (fraz. $450\ \mu\text{m} \leq X < 850\ \mu\text{m}$: $\delta^{13}\text{C} = -29,92\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6,56\text{‰}$; fraz. $\geq 450\ \mu\text{m}$: $\delta^{13}\text{C} = -26,74$, $\delta^{15}\text{N} = 7,78\text{‰}$).

Il percorso disegnato dal *fingerprint* isotopico di carbonio e azoto della frazione $\geq 850\ \mu\text{m}$ è risultato ricalcare quello della frazione $\geq 450\ \mu\text{m}$, sebbene con una variazione più ampia nei valori, essendo la prima priva degli organismi più piccoli, quali copepodi calanoidi e cladoceri *filter* e *particle feeders*, quali *Eubosmina* e *Diaphanosoma*.

Nel loro complesso, pertanto, i risultati relativi alle indagini condotte nel 2014 suggeriscono che le informazioni veicolate dalle diverse frazioni dimensionali dipendono dalla struttura del popolamento e da quanto quest'ultimo sia eterogeneo in termini di taglia corporea degli organismi.

I risultati delle analisi isotopiche hanno confermato quanto già osservato negli anni precedenti, ovvero che le variazioni stagionali dei taxa zooplanctonici analizzati sono state influenzate dallo sviluppo della stratificazione termica (Visconti e Manca, 2011; Caroni et al., 2012), passando da valori di $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ più impoveriti nell'isotopo pesante del carbonio a valori meno impoveriti, con il progredire del riscaldamento. L'intervallo di variazione dei valori misurati è stato in linea con quanto osservato nel quinquennio precedente, confermando come esso rifletta la distribuzione verticale entro lo strato da noi campionato, con valori meno negativi per i taxa che tendono a distribuirsi in strati meno profondi del pelago (Visconti e Manca, 2011; Caroni et al., 2012). Le variazioni stagionali nel *fingerprint* isotopico dell'azoto sembrano confermare quanto già osservato in altri laghi, vale a dire un legame con le variazioni stagionali nella pressione di predazione da parte dei pesci e il possibile utilizzo di fonti alimentari diverse da quelle utilizzate da *Daphnia* (Visconti et al., 2014; Perga e Gerdaux, 2005; Fadda et al., 2014).

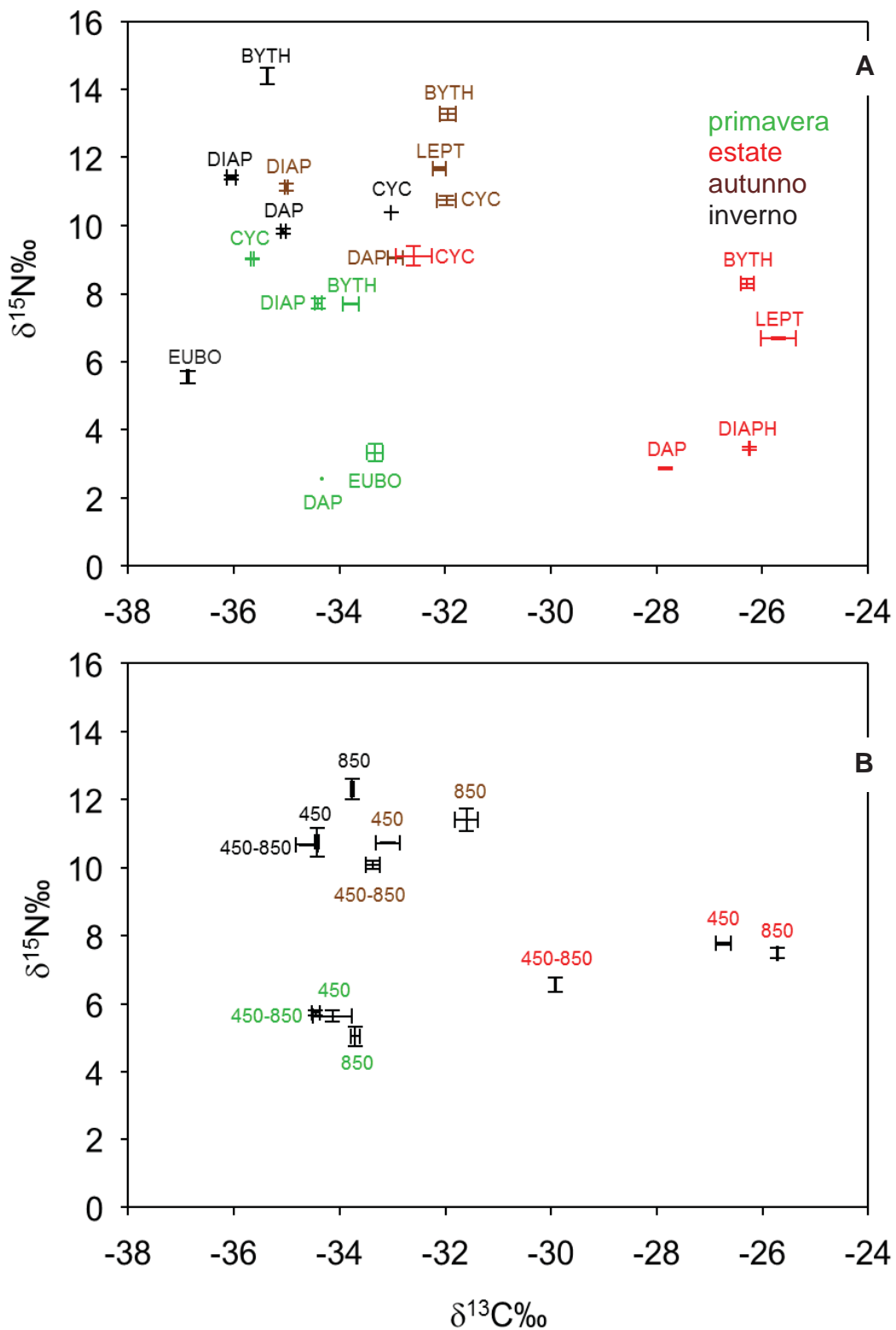


Fig. 3.5. Segnali isotopici di carbonio e azoto dei diversi taxa zooplanctonici del Lago Maggiore nei 4 momenti stagionali (A) e nei pool delle frazioni $\geq 450\mu\text{m}$, $450\mu\text{m} \leq X < 850\mu\text{m}$ e $\geq 850\mu\text{m}$ (B). BYTH: *Bythotrephes longimanus*; DIAP: diaptomidi; DAPH: *Daphnia hyalina-galeata*; CYC: ciclopidi; EUBO: *Eubosmina longispina*; LEPT: *Leptodora kindtii*; DIAPH: *Diaphanosoma brachyurum*.

Bibliografia

- Bettinetti R., Boggio E., Dossi C., Manca M., Piscia R. 2015. Contaminanti nello zooplancton. Indagini su DDT e sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore. Programma 2013-2015. Rapporto annuale 2014.
- Caroni R., Free G., Visconti A., Manca M. 2012. Phytoplankton functional traits and seston stable isotopes signature: a functional-based approach in a deep, subalpine lake, Lake Maggiore (N. Italy). *Journal of Limnology*, 71(1): 84-94.
- Fadda A., Rawcliffe R., Padedda B.M., Lugliè A., Sechi N., Camin F., Ziller L., Manca M. 2014. Spatiotemporal dynamics of C and N isotopic signature of zooplankton: a seasonal study on a man-made lake in the Mediterranean region. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 50(4): 279-287.
- Manca M. 2011. Invasions and re-emergences: an analysis of the success of *Bythotrephes* in Lago Maggiore (Italy). *Journal of Limnology*, 70(1), 76-82.
- Manca M., Beltrami M., Comoli P., Ramoni C., de Bernardi R. 1997. Indagini sullo zooplancton. In: Istituto Italiano di Idrobiologia - C.N.R. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 1993-1997. Campagna 1996. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 54-62.
- Manca M., DeMott W.R. 2009. Response of the invertebrate predator *Bythotrephes* to a climate-linked increase in the duration of a refuge from fish predation. *Limnology and Oceanography*, 54(6part2), 2506-2512.
- Manca M., Visconti A., de Bernardi R. 2007. Dinamica stagionale del popolamento zooplanctonico. C.N.R.-I.S.E. Sede di Verbania. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2003-2007. Campagna 2006. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 63-67.
- Perga M.E., Gerdeaux D. 2005. 'Are fish what they eat' all year round? *Oecologia*, 144(4), 598-606.
- Piscia R., Manca M. 2013. Indagini sullo zooplancton e sulla rete trofica pelagica attraverso analisi d'isotopi stabili di carbonio e azoto. C.N.R.-I.S.E. Sede di Verbania. 2013. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2008-2012. Campagna 2012 e rapporto quinquennale. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 23-29 pp.
- Piscia R., Manca M. 2013. Indagini sullo zooplancton e sulla rete trofica pelagica attraverso analisi d'isotopi stabili di carbonio e azoto. In: C.N.R.-I.S.E. Sede di Verbania. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2008-2012. Campagna 2012 e rapporto quinquennale. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 23-29 pp.
- Piscia R., Manca M. 2014. Indagini sull'evoluzione del popolamento zooplanctonico: confronto con i dati pregressi anche alla luce delle mutate condizioni meteorologiche. C.N.R.-I.S.E. Sede di Verbania. 2014. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2013-2015. Campagna 2013. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 24-31.

- Visconti A., Manca M. 2010. The invasive appearance of *Eudiaptomus gracilis* (G.O. Sars 1863) in Lago Maggiore. *Journal of Limnology*, 69(2), 353-357.
- Visconti A., Manca M. 2011. Seasonal changes in the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ signatures of the Lago Maggiore pelagic food web. *Journal of Limnology* 70(2): 263-271.
- Visconti A., Volta P., Fadda A., Di Guardo A., Manca M. 2014. Seasonality, littoral vs. pelagic carbon sources and stepwise ^{15}N -enrichment of pelagic food web in a deep subalpine lake: the role of planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(3): 436-446.