

Monitoraggio ambientale a lungo termine nel Lago Bidighinzu (Sardegna nord-occidentale).

Maria Antonietta MARIANI¹, Giuseppina Grazia LAI¹, Paola BUSCARINU², Bachisio Mario PADEDDA¹, Silvia PULINA¹, Paola CASIDDU¹, Bastianina MANCA¹, Pasqualina FARINA¹, Nicola SECHI¹, Tomasa VIRDIS² e Antonella LUGLIÈ¹

¹Università di Sassari, Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica, Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia

²Ente Acque della Sardegna, Servizio Qualità Acqua Erogata, Viale Elmas 116, 09122 Cagliari, Italia

Introduzione

Il fitoplancton è una delle componenti della comunità biologica lacustre ritenuta sensibile e capace di dare risposte dinamiche ai cambiamenti ambientali (Padisák et al., 2006; Thackeray et al., 2013). Inoltre, qualsiasi modifica nella sua struttura e/o dinamica può innescare cambiamenti nel funzionamento dell'ecosistema (Suikkanen et al., 2007; Guinder et al., 2010; Salmaso et al., 2012). La Water Framework Directive (WFD 2000/60 EC) lo comprende infatti tra i descrittori di qualità biologica per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici lacustri. Gli studi ecologici sul fitoplancton, in particolare su scala a lungo termine, permettono di comprendere i cambiamenti nella comunità in relazione a diversi fattori di stress (Salmaso et al., 2012) e di distinguere schemi regolari e ricorrenti da eventi occasionali ed eccezionali (D'Alcalá et al., 2004). In questo lavoro vengono riportati i risultati di una ricerca pluriennale (1978-2012) condotta in un lago artificiale mediterraneo, il Lago Bidighinzu, localizzato nella Sardegna nord-occidentale (Fig. 1). Il lago è una delle stazioni di ricerca del sito N° 10 - Ecosistemi lacustri della Sardegna (LTER-Italy; www.lteritalia.it) e le sue acque hanno un uso prevalentemente potabile. La sua condizione di ipereutrofia, legata all'ingresso dal bacino imbrifero di un elevato carico di nutrienti, determinato per la maggior parte da reflui urbani ed industriali non adeguatamente depurati, costituisce un problema dalle conseguenze rilevanti (Lugliè et al., 2001). L'obiettivo specifico di questo lavoro è stato la valutazione delle principali tendenze ecologiche in atto nel lago e l'identificazione dei driver responsabili del cambiamento rilevato nel fitoplancton.

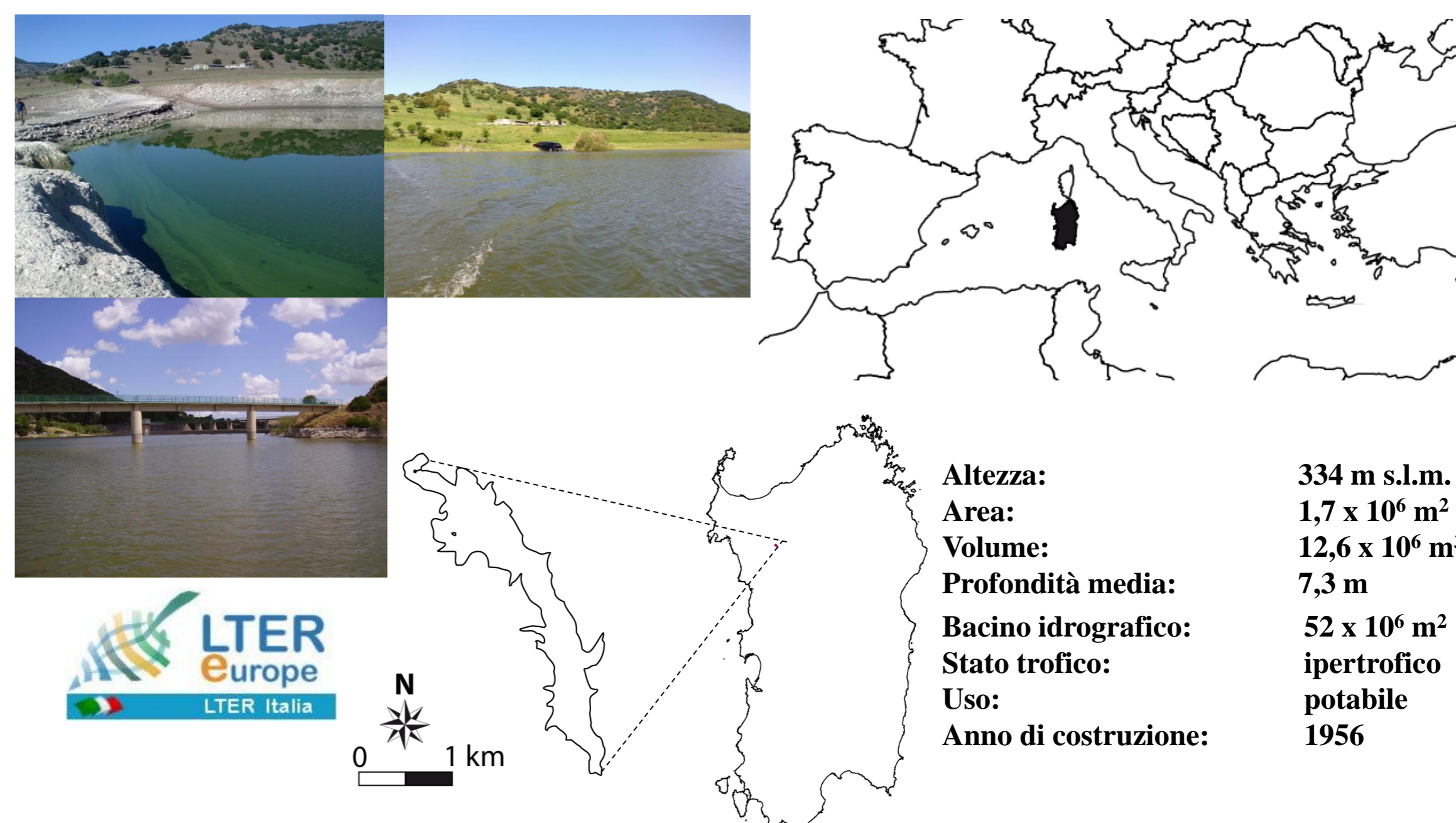


Fig. 1. Localizzazione del Lago Bidighinzu, caratteristiche morfometriche ed idrologiche.

Materiali e Metodi

Campionamento:

- Circa mensile in un'unica stazione nel punto più profondo del lago.
- Campioni di acqua da 0 - 1 - 2,5 - 5 - 7,5 - 10 - 15 - 20 m ed a circa 1 m dal fondo, con una bottiglia di Niskin, per le analisi chimico-fisiche e dei nutrienti.
- Temperatura (Tem), pH, conducibilità (Cond), ossigeno disciolto (DO) nel profilo verticale con una sonda multiparametrica, mod. Hydrolab datasonde 5.
- Trasparenza (disco di Secchi, DS).
- Campioni da 0 - 1 - 2,5 - 5 - 7,5 - 10 m, immediatamente fissati con soluzione di Lugol, per lo studio del fitoplancton.

Nutrienti:

- Azoto ammoniacale ($\text{NH}_4\text{-N}$), (Fresenius et al., 1988).
- Azoto nitroso ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrico ($\text{NO}_3\text{-N}$) e totale (TN), fosforo reattivo (RP) e totale (TP), silice reattiva (RSi), ferro (Fe) e manganese (Mn), (Strickland e Parsons, 1972).
- **Fitoplancton:**
- Clorofilla *a* (Chl *a*), (Golterman et al., 1978).
- Densità cellulare (Utermöhl, 1958) su sub-campioni da 5-10 ml, microscopio invertito Zeiss Axiovert 25 a ingrandimenti di 200x e 400x.
- Biovolume (Sun e Liu, 2003).
- Biomassa (Tbio) (Liu et al., 2011).

Analisi statistiche:

- Test di Mann-Kendall su scala stagionale per le variabili ambientali (media nella colonna d'acqua) e fitoplancton (Chl *a* e biomassa, medie della zona eufotica; $Z_{eu} = 2,5 * DS$), considerando i dati da agosto 1978 al luglio 2012 per Tem, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TP, RP e RSi e da marzo 1988 a luglio 2012 per le altre variabili ambientali e il fitoplancton (R 2.15.2, R Core Team, 2012).
- Elaborazione delle curve loess per le tendenze pluriennali significative (R 2.15.2, R Core Team, 2012).
- RDA, Analisi della Ridondanza, per valutare le relazioni tra fitoplancton e variabili ambientali (R 2.15.2, R Core Team, 2012).

Risultati e Discussioni

Considerando il fitoplancton, il test di Mann-Kendall ha indicato:

- nessuna tendenza pluriennale significativa per Chl *a*, densità totale (TDen) e biomassa totale (TBio).

A livello di classi sono stati osservati:

- aumenti significativi (Fig. 2) per le Bacillariophyceae (Bac), Chlorophyceae (Chl) e Chrysophyceae (Chr) in estate, Chr, Cryptophyceae (Cry) e Conjugatophyceae (Con) in primavera e Chr e Dinophyceae (Din) in inverno, diminuzione significativa per il biovolume delle Bac in inverno,
- nessuna tendenza pluriennale significativa per le Cyanophyceae (Cya), ma, per l'ordine Chroococcales (*Chr*), una significativa tendenza alla diminuzione nel periodo estivo ($S = -74$, $p = 0,027$) e una significativa tendenza all'aumento in inverno, sia per la densità che per la biomassa ($S = 44$; $p = 0,049$, $S = 44$; $p = 0,042$).

Considerando le variabili ambientali, il test di Mann-Kendall ha indicato (Fig. 3):

- aumenti significativi per il rapporto TN/TP e per il Fe,
- diminuzioni significative per $\text{NH}_4\text{-N}$, TP, RP, RSi e il pH.

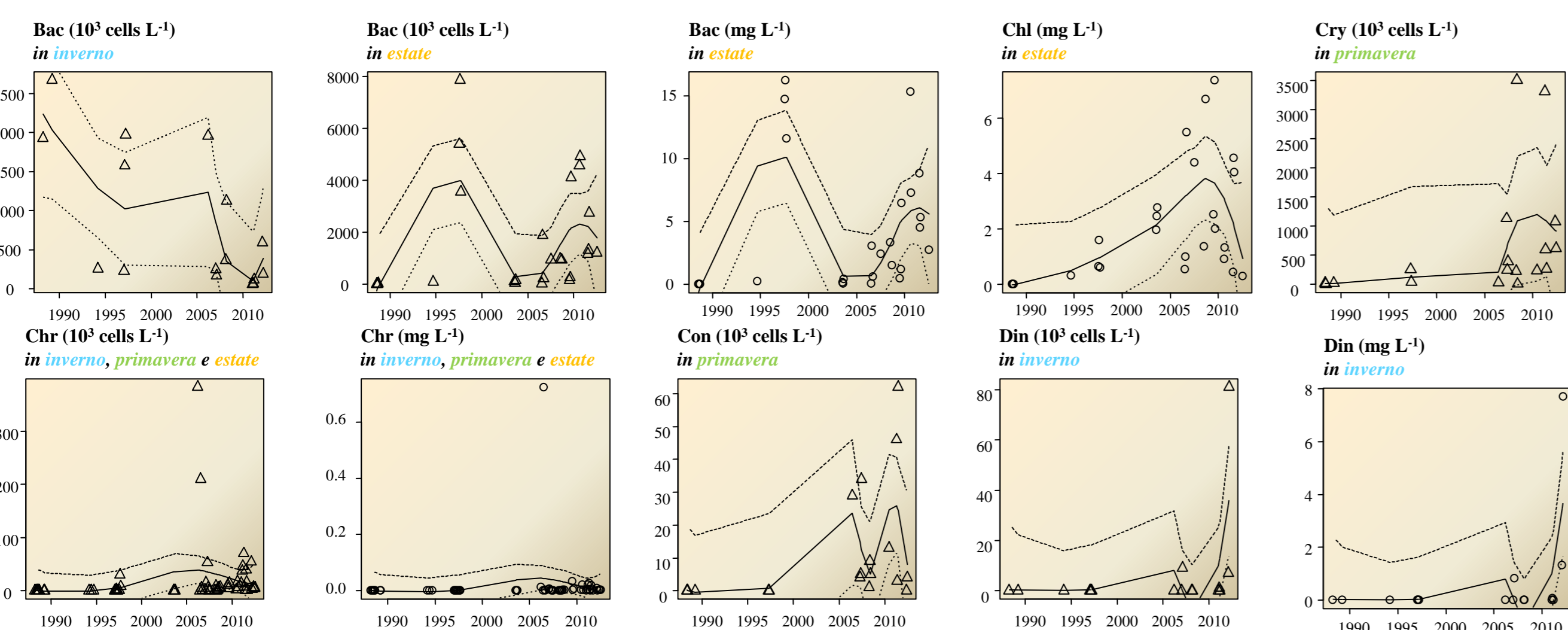


Fig. 2. Trends significativi delle classi fitoplanctoniche (cerchi biomassa, triangoli densità cellulare) nel Lago Bidighinzu. Loess curve = linea continua; 95% intervallo di confidenza = linee tratteggiate; span = 0,40.

- Tem, TN/TP e RSi sono state le variabili ambientali più importanti nel definire la variabilità del fitoplancton come densità e come biomassa (Fig. 4 A e B).
- Chl *a*, TBio e la maggior parte delle classi fitoplanctoniche sono state positivamente correlate con Tem, $\text{NH}_4\text{-N}$ e TP e negativamente con RSi e TN/TP (Fig. 4 A e B), cioè con variabili ambientali che hanno mostrato i massimi in estate e in autunno.

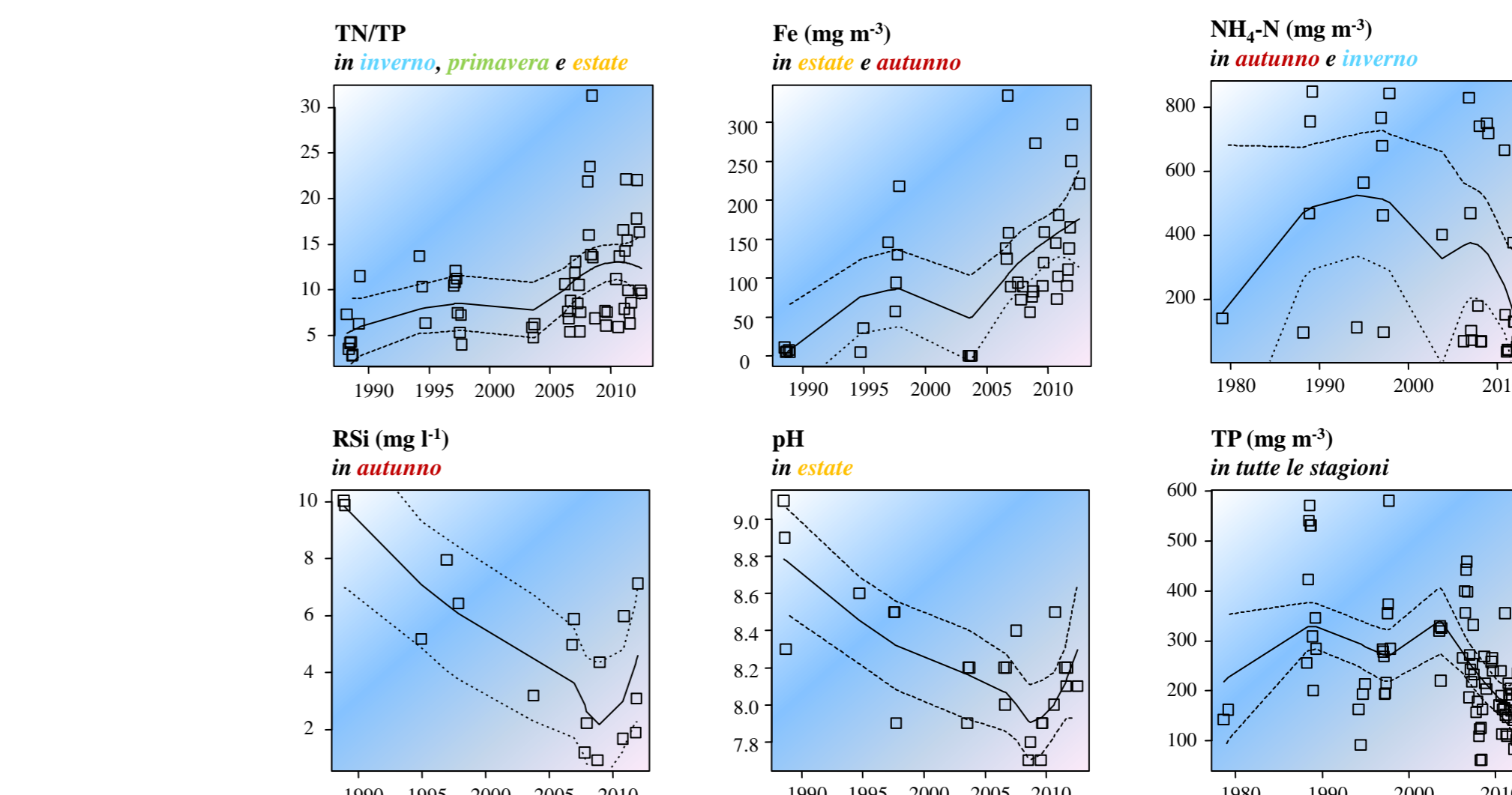


Fig. 3. Trends significativi delle variabili ambientali (quadrati) nel lago Bidighinzu. Loess curve = linea continua; 95% intervallo di confidenza = linee tratteggiate; span = 0,40.

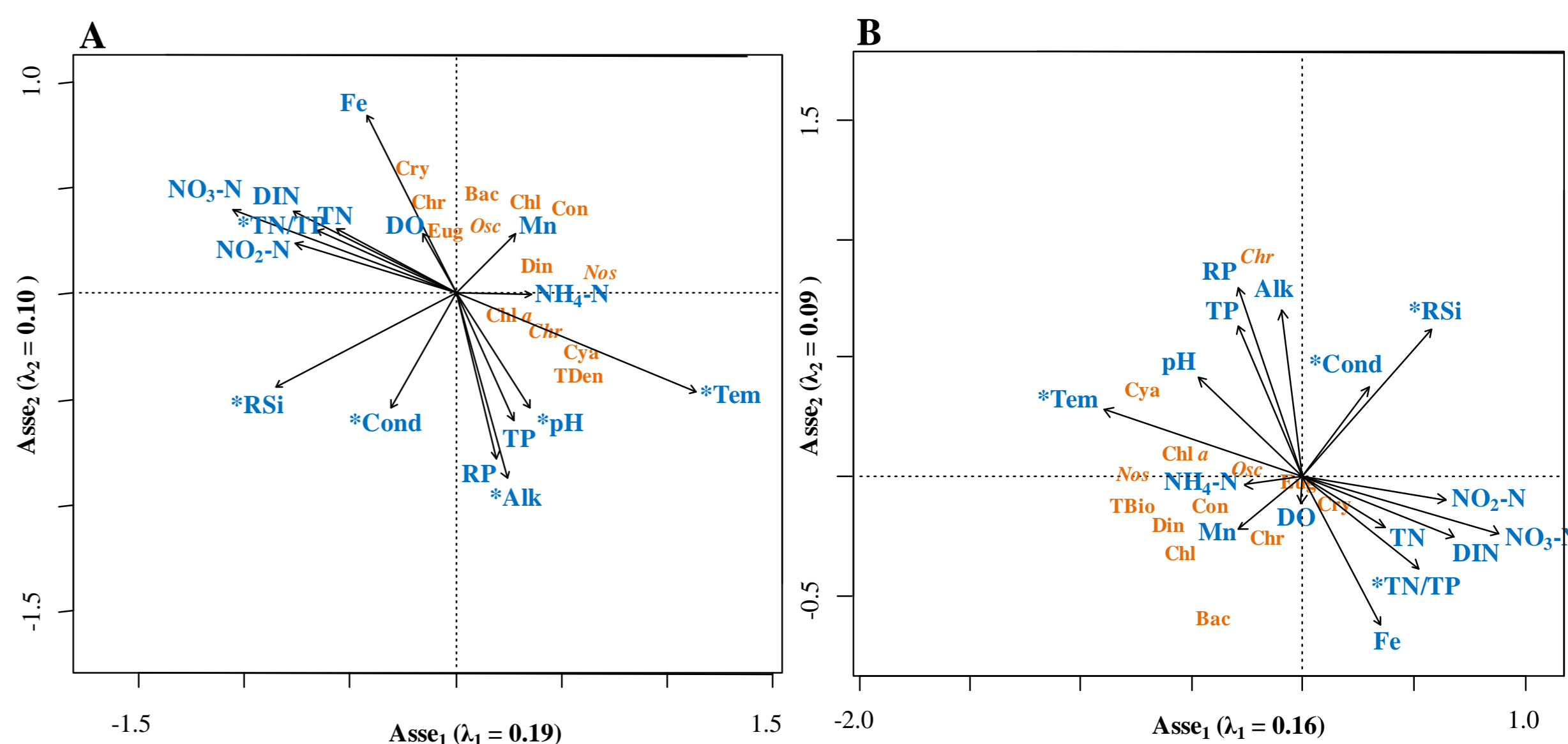


Fig. 4. Triplot dell'RDA tra il fitoplancton (in rosso) e le variabili ambientali (vettori, in blu). Gli asterischi indicano le variabili ambientali significative ($p < 0,05$). (A = densità cellulare; B = biomassa).

Conclusioni

- L'elaborazione dei dati a lungo termine ha consentito di ottenere un quadro preliminare delle tendenze delle variabili ambientali e fitoplanctoniche in un tipico lago artificiale mediterraneo, oggetto di monitoraggio e di azioni volte a migliorarne la qualità ambientale e, quindi, dell'acqua.
- L'estate è stata confermata come la stagione più critica ed ha mostrato il maggior numero di tendenze significative.
- Sono state osservate delle tendenze significative in decremento per il RP e TP in quasi tutte le stagioni, contemporaneamente alla tendenza crescente del rapporto TN/TP.
- Il fitoplancton è stato influenzato sia dalla temperatura che dai principali nutrienti algali, dimostrando l'importanza dei fattori locali nel determinare i cambiamenti.

Bibliografia

D'Alcalá, M.R., F. Conversano, F. Corato, P. Licandro, O. Mangoni, D. Marino, M.G. Mazzocchi, M. Modigh, M. Montessor, M. Nardella, V. Saggiomo, Sarno, D. e A. Zingone, 2004. Seasonal patterns in plankton communities in a pluriannual time series at a coastal Mediterranean site (Gulf of Naples): an attempt to discern recurrences and trends. *Scientia Marina* 68: 65-83. European Parliament. 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Union L 327:1-72.

Fresenius, W.K.E., Quentin, W.W. e W. Schneider, 1988. Water analysis. A practical guide to physico-chemical and microbiological water examination and quality assurance. Springer-Verlag, Berlin: 320 pp.

Golterman, H.L., Clymo, R.S. e M.A.M. Ohnstad, 1978. Method for physical and chemical analysis of fresh waters. I.B.P.N. 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 214 pp.

Guinder, V.A., Popovich C.A., Molinero, J.C. e G.M.E. Perillo, 2010. Long-term changes in phytoplankton phenology and community structure in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Marine Biology* 157: 2703-2716.

Liu, X., Lu, X. e Y. Chen, 2011. The effects of temperature and nutrient ratios on Microcystis blooms in Lake Taihu, China: An 11-year investigation. *Harmful Algae* 10: 337-343.

Lugliè A, Aktan Y, Casiddu P, Sechi N. 2001. The trophic status of Bidighinzu Reservoir (Sardinia) before and after the diversion of waste waters. *J. Limnol.* 60(2):135-142.

Padisák J, Borics G, Grigorovszky I e E. Soróczki-Pintér, 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia*, 553: 1-14.

Salmaso N, Naselli-Flores L e J. Padisák, 2012. Impairing the largest and most productive forest on our planet: how do human activities impact phytoplankton? *Hydrobiologia*, 698:375-384.

Suikkanen S, Laamanen M e M. Huttunen, 2007. Long-term changes in summer phytoplankton communities of the open northern Baltic Sea. *Estuar. Coast. Shelf. S.* 71:580-592.

Sun, J. e D.Y. Liu, 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 25(11): 1331-1346.

Strickland, J.D.H. e T.R. Parsons, 1972. A practical handbook seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 167. Ottawa: 310 pp.

Thackeray SJ, Nöges P, Dunbar MJ, Dudley BJ, Skjelbred B, Morabito G, Carvalho L, Phillips G, Mischke U, Catalan J, de Hoyos C, Laplace C, Austoni M, Padedda BM, Maileht K, Pasztaleniec A, Järvinen M, Solheim AL e RT. Clarke, 2013. Quantifying uncertainties in biologically-based water quality assessment: A pan-European analysis of lake phytoplankton community metrics. *Ecol. Indic.* 29:34-47.

Utermöhl, H., 1958. Zur vervollständigung der quantitativen phytoplanktonmethodik. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 9: 1-38.