

Autori

Alessandro Ludovisi¹, David Cappelletti¹, Antonia Concetta Elia¹, Daniela Gigante², Enzo Goretti¹, Massimo Lorenzoni¹, Gianandrea La Porta¹, Roberto Venanzoni¹

Affiliazione

¹ Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Via Elce di Sotto, 06124 Perugia, Italy. Sito web: <http://www.dccb.unipg.it>.

² Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Borgo XX giugno 74, 06121 Perugia, Italy

DEIMS.ID: <https://deims.org/35b099dd-dd9c-4578-9cfc-75539b943d32>

Referente Macrosito: Alessandro Ludovisi

Elenco dei Siti di ricerca del Macrosito: sito unico

Tipologia di ecosistema: Acque interne

Status di protezione: Z.P.S., S.I.C., Parco Regionale e Oasi Legambiente (area sud-orientale), Sito Natura 2000.

Classificazione EUNIS: C1.23-C1.33

Coordinate geografiche: 43.133 N 12.100 E

Livello medio: 257 m a.s.l.

Area lago: 121.5 km²

Area bacino imbrifero: 261.9 km²

Profondità: media 4 m, massima 6 m

Perimetro: 53.1 km

Tempo teorico di ricambio idrico: > 20 anni

Stato trofico: meso-eutrofia

Citare questo capitolo come segue: Ludovisi A., Cappelletti D., Elia A.C. *et al.* (2021). IT21-A Lago Trasimeno, p. 663-673. DOI: 10.5281/zenodo.5584771. In: Capotondi L., Ravaioli M., Acosta A., Chiarini F., Lami A., Stanisci A., Tarozzi L., Mazzocchi M.G. (a cura di) (2021). La Rete Italiana per la Ricerca Ecologica di Lungo Termine. Lo studio della biodiversità e dei cambiamenti, pp. 806. DOI: 10.5281/zenodo.5570272.

Descrizione del macrosito e delle sue finalità



Fig. 1 - Lago Trasimeno

Il Lago Trasimeno è un lago meso-eutrofico poco profondo di origine tettonica ubicato in Umbria, in prossimità del confine toscano. L'impermeabilità del bacino e l'assenza di emissari naturali determinano una stretta dipendenza del livello idrometrico lacustre dalle precipitazioni, e una condizione di lago chiuso. Queste condizioni hanno causato eventi drammatici di piena e di secca nel corso dei secoli, inducendo interventi di regimentazione sin dall'epoca etrusca e romana. La ristrutturazione dell'emissario artificiale di S. Savino, completata alla fine del 19° secolo, ha innescato un progressivo abbassamento dei livelli idrometrici lacustri, determinando una transizione repentina verso la condizione di lago poco profondo. Le ricorrenti fasi di basso livello idrico impongono particolare attenzione nel quadro dei correnti cambiamenti climatici.

Il lago è oggetto di ricerche naturalistiche ed ecologiche da circa un secolo. Studi sistematici sono stati condotti soprattutto in seguito alla nascita dell'Istituto di Idrobiologia e Piscicoltura G.B. Grassi di Monte del Lago, nel 1951. Qui hanno svolto pionieristiche indagini ecologiche ricercatori di fama mondiale, tra i quali il Prof. Giampaolo Moretti, promotore e fondatore dell'Istituto di Monte del Lago. L'attività di ricerca ecologica sul Lago Trasimeno prosegue tuttora soprattutto ad opera dei ricercatori dell'Università degli Studi di Perugia, che operano in piena collaborazione con gli Enti gestori del comprensorio lacustre. Numerosi progetti di ricerca di interesse nazionale e regionale sono stati condotti nell'ultimo decennio su tematiche inerenti l'impatto dei cambiamenti climatico-ambientali sull'idrologia e l'idrochimica e sullo stato delle diverse componenti della biocenosi lacustre, con particolare riferimento alle componenti di plancton, fauna ittica, macroinvertebrati e macrofite.

Abstract

Lake Trasimeno is a shallow meso-eutrophic lake of a tectonic origin, located in Umbria. The impermeability of the basin and the absence of natural emissaries produce a strict dependence of the lake water level on precipitation, and a condition of closed lake. These conditions have caused dramatic floods and droughts over the centuries and human interventions have been made in order to regulate the lake level since Etruscan or Roman times. The recurrent phases of low water level urge a particular attention in relation to the present and future scenarios of climate change. Lake Trasimeno has been a subject of naturalistic and ecological investigations since the beginning of the last century. Systematic studies have been conducted especially since the foundation of the Institute of Hydrobiology and Aquaculture G.B. Grassi in 1951. Here, a number of leading ecologists, including one of the founder of the Institute, Prof. Giampaolo Moretti, carried out their pioneering ecological research. The research still continues today, mainly by the activity of the researchers working at the Università degli Studi di Perugia, who operate in a strict collaboration with the Local Administration offices. A number of research project of a National and Regional interest have been carried out during the last decades on issues dealing with the impact of climate-environmental changes on the hydrology, the hydrochemistry and state of the biocoenotic components, with a particular reference to plankton, fish, macroinvertebrates and macrophytes.

Lago Trasimeno

Autori

Alessandro Ludovisi¹, David Cappelletti¹, Antonia Concetta Elia¹, Daniela Gigante², Enzo Goretti¹, Massimo Lorenzoni¹, Gianandrea La Porta¹, Roberto Venanzoni¹

Affiliazioni

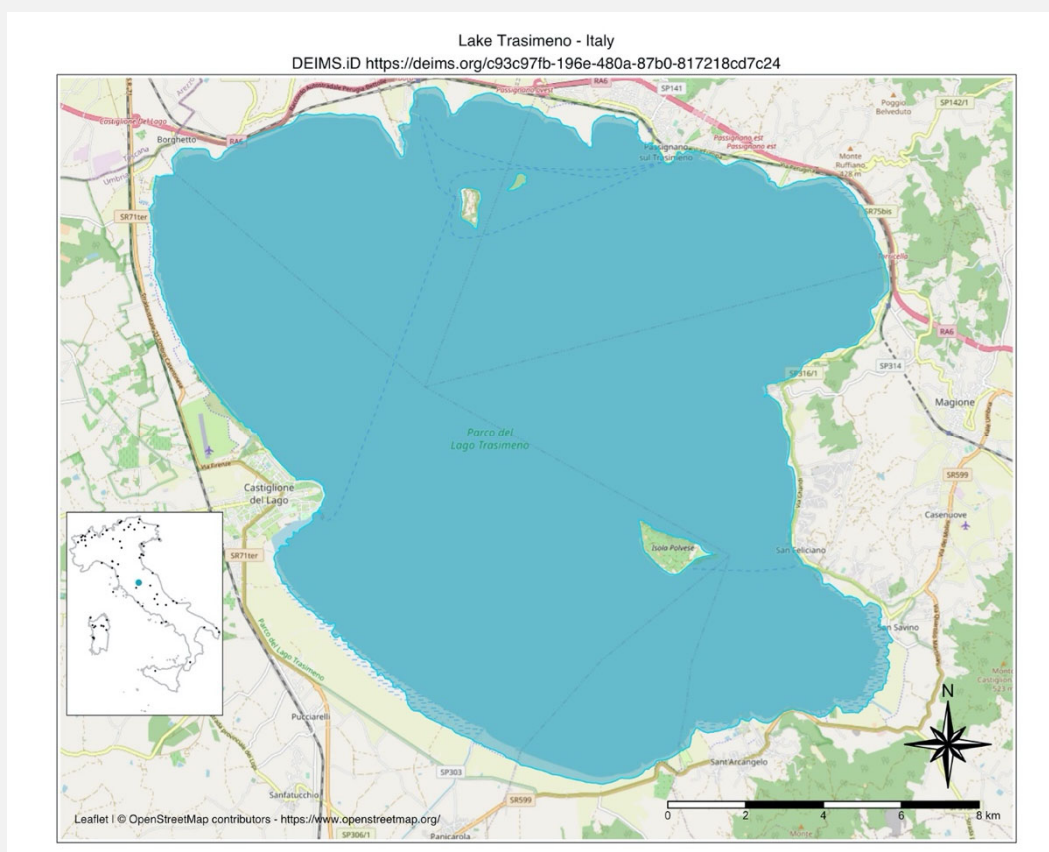
¹ Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Via Elce di Sotto, 06124 Perugia, Italy. Sito web: <http://www.dccb.unipg.it>

² Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Borgo XX giugno 74, 06121 Perugia, Italy

Sigla: IT21-001-A

DEIMS.ID: <https://deims.org/c93c97fb-196e-480a-87b0-817218cd7c24>

Responsabile Sito: Alessandro Ludovisi



Descrizione del sito e delle sue finalità

In ambito LTER, viene considerato di massimo rilievo lo studio della evoluzione temporale degli aspetti meteorologici, idrologici e idrochimici, nonché della composizione delle principali componenti della biocenosi lacustre (fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrati, osteitti, macrofite acquatiche e ripariali). Di seguito si elencano le principali variabili investigate in ambito LTER e relativa disponibilità (non sempre storicamente continua) di dati di lungo termine:

Dati morfo-idrologici e meteorologici:

- livelli lacustri (e correlati) mensili a partire dal 1870;
- dati termo-pluviometrici giornalieri (varie stazioni del bacino) dal 1920;
- altri dati meteorologici semi-orari (varie stazioni del bacino) dal 1987;
- temperatura dell'acqua giornaliera dal 1965;
- valori stimati dei termini di bilancio idrico a partire dal 1963.

Dati idrochimici:

- principali dati idrochimici (trasparenza, pH, D.O., conducibilità, alcalinità, cloruri, solfati, calcio, magnesio, fosforo totale e reattivo, azoto totale e inorganico, clorofilla, etc.) mensili o stagionali a partire dal 1960.

Dati biotici:

- fitoplancton e zooplancton: serie storiche quali-quantitative settimanali, mensili o stagionali a partire dagli anni '60;
- macroinvertebrati: dati sulla composizione di alcuni gruppi faunistici (con particolare riferimento a Chironomidi, Oligocheti, Anellidi e Odonati) a partire dagli anni '50;
- fauna ittica: dati di pescato e sforzo pesca a partire dagli anni '60;
- macrofite: dati di estensione del canneto a *Phragmites australis* a partire dal 1956; dati sulla composizione delle comunità vegetali a partire dagli anni '60.

Dati da archivi sedimentari (da n. 4 carote di sedimento lacustre con datazione a partire dal 1850):

- dati sedimentologici e chimici: suscettività magnetica, densità, contenuto in acqua e sostanza organica, concentrazione metalli (Al, Ca, Fe, Mg, Mn, K, V, Co, Ni, Cd, Pb, Cr, Cu, Sr, Ti, Zn), macroelementi (C, P, N, S, TOC, TIC) e relativa frazione isotopica ($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$);
- dati di abbondanza di resti silicei (diatomee, spicole spongine).

L'accesso ai dati è al momento libero per i dati pubblicati e discrezionale per dati di dettaglio, con obbligo di citazione della fonte.

Il mantenimento delle serie storiche è garantito dall'attività del gruppo dei referenti del sito, grazie anche alla collaborazione con Enti territoriali e di ricerca (tra i quali ARPA Umbria, Regione Umbria, Osservatorio sulla Biodiversità regionale, Provincia di Perugia, Centro Ittiogenico provinciale, Cooperativa Pescatori del Trasimeno, ASL n.2 Umbria, Istituto Zooprofilattico del Piemonte, Liguria e Valle D'Aosta, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino, Dipartimento di Scienze 3A dell'Università di Perugia) e all'accesso a finanziamenti per **progetti** di ricerca, tra i quali figurano, nell'ultimo quinquennio:

2014-2017: Progetto "SUN" LIFE13 NAT/IT/000371: Azione D1 "Formulazione e avvio dell'implementazione del programma di monitoraggio scientifico della rete" comprendente l'aggiornamento delle conoscenze su Habitat e Specie di allegato nella Rete Natura 2000 umbra, sotto il coordinamento della Regione Umbria;

2014-2017: Progetto di Ricerca Triennale FIRB (MIUR, Decreto del 28/12/2012 prot. n. 956/Ric) “Studio della regressione di *Phragmites australis* in Italia centrale, come indicatore dello stato di conservazione degli ecosistemi palustri”;

2014-2016: Progetto finanziato dalla Provincia di Perugia dal titolo “Controllo delle popolazioni di Chironomidi al Lago Trasimeno”;

2015-2016: Progetto Ricerca di Base finanziato dall’Università degli Studi di Perugia dal titolo “Tratti bio-ecologici chiave in una specie invasiva: *Procambarus clarkii*”;

2017-2020: Progetto Fondazione Brunello e Federica Cucinelli finalizzato al controllo dei Chironomidi al Lago Trasimeno”;

2018-2020; Progetto Ricerca di Base finanziato dall’Università degli Studi di Perugia dal titolo “Combining paleolimnological and genetic analyses to disentangle anthropogenic/climate impacts on a perturbed lake ecosystem”;

Come si evince dalla tipologia di Enti e progetti coinvolti, le attività del sito si articolano in profonda integrazione con il territorio e le problematiche locali, e al contempo fruiscono di ampia partecipazione pubblica, tramite pubblicazione in monografie (si veda, e.g., Elia *et al.* 2012; Lorenzoni e Ghetti 2012; Ludovisi *et al.* 2012) e divulgazione in incontri e convegni di rilievo territoriale, quali il Convegno ARPA Umbria “Conoscenze, valutazioni, proposte per il futuro del lago Trasimeno”, tenutosi a Castiglione del Lago (PG) nel 2010. In particolare, ARPA Umbria contribuisce alla partecipazione pubblica tramite le proprie pubblicazioni (si veda pubblicazioni ARPA Umbria in Sitografia) e le attività del Centro “Cambiamento Climatico e Biodiversità in ambienti lacustri e aree umide” (si veda CCCB ARPA Umbria in Sitografia) recentemente istituito all’isola Polvese, che vedono coinvolti il gruppo referente del sito. Eventi organizzati da associazioni ambientaliste e di categoria hanno inoltre rappresentato momenti di discussione pubblica sulle tematiche acqua/ambiente/cambiamento climatico/biodiversità.

L’attività di ricerca LTER è condotta primariamente dal gruppo referente del sito, in crescente collaborazione con ricercatori operanti in altri siti LTER-Italy, e in connessione con l’Infrastruttura Europea Lifewatch-ERIC (E-Science and Technology European Research Infrastructure Consortium for Biodiversity and Ecosystem Research, si veda Lifewatch-ERIC in sitografia), come testimoniato da recenti pubblicazioni scientifiche (Boggero *et al.* 2014; Boggero *et al.* 2016; Colangelo *et al.* 2017; Pareeth *et al.* 2017; Morabito *et al.* 2018).

Tra gli eventi di divulgazione scientifica di valenza internazionale, particolare rilievo ha rivestito la 15th World Lake Conference, tenutasi a Perugia nel 2014, che ha visto ampia partecipazione del gruppo referenti del sito (Elia *et al.* 2014; Ludovisi 2014; Mancinelli *et al.* 2014; Rossi *et al.* 2014).

Il complesso delle attività del sito è arricchito da numerose ricerche condotte con finalità non eminentemente LTER, che sono state focalizzate su numerose tematiche, quali la penetrazione e la biologia di specie aliene (con particolare riferimento al gambero *Procambarus clarkii*, il mollusco *Dreissena polymorpha*, l’anfipode *Dikerogammarus villosus* e il pesce gatto *Ameiurus melas*), la caratterizzazione della rete trofica lacustre su base isotopica $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, le dinamiche di bioaccumulo e detossificazione di inquinanti persistenti (metalli pesanti, POPs), la dinamica del fenomeno del *die-back* di *Phragmites australis*, la lotta biologica agli insetti molesti, l’analisi dei flussi termodinamici a scala lacustre. Bibliografia estesa inerente il sito è riportata nel Sito DEIMS-SDR (vedi Sitografia).

Risultati

Il mantenimento e l’ampliamento della serie storica di dati ha permesso l’acquisizione di un’importante base di conoscenze per lo sviluppo dell’attività di ricerca LTER. In particolare, la recente inclusione di tematiche floristico-vegetazionali e paleolimnologiche tra le attività portanti della ricerca LTER nel sito trasimeno rappresenta un ampliamento significativo dello spettro di tematiche scientifiche affrontate, con ricadute potenziali su interdisciplinarietà della ricerca, progettualità perseguibili e coinvolgimento di portatori d’interesse nell’attività del sito.

Si riportano di seguito sintesi dei risultati ottenuti nell'ultimo quinquennio (per risultati precedenti si rimanda a Ludovisi 2012), nei seguenti ambiti:

- Ricostruzione storica della temperatura superficiale lacustre da dati satellitari;
- Modificazioni di lungo termine del popolamento fitoplanctonico;
- Ricostruzione dei profili sedimentari di metalli e macroelementi trofici;
- Bilancio idrico storico e proiezioni nel quadro climatico corrente.

La ricostruzione storica della temperatura superficiale lacustre è stata effettuata in collaborazione con i ricercatori operanti in altri siti lacustri LTER di grandi dimensioni (Lago Maggiore, Lago di Garda, Lago di Iseo e Lago di Como). Complessivamente, un totale di quasi 63000 immagini satellitari diurne nei canali infrarossi (10,5-11,5 μm and 11,5-12,5 μm , risoluzione spaziale 1 km) rilevate da 13 satelliti orbitanti nel trentennio 1986-2015 sono state elaborate e calibrate per confronto con serie di dati termometrici raccolti *in situ*. Lo studio (Pareeth *et al.* 2017), oltre a supportare l'impiego di dati di remote sensing per la costruzione di serie storiche di temperatura superficiale dei laghi, mostra l'incremento coerente della temperatura nei laghi esaminati e stima un innalzamento medio dell'ordine di 0,17°C per decade, particolarmente accentuato (+0,32°C per decade) nel periodo estivo (si veda Fig. 2 per il Lago Trasimeno).

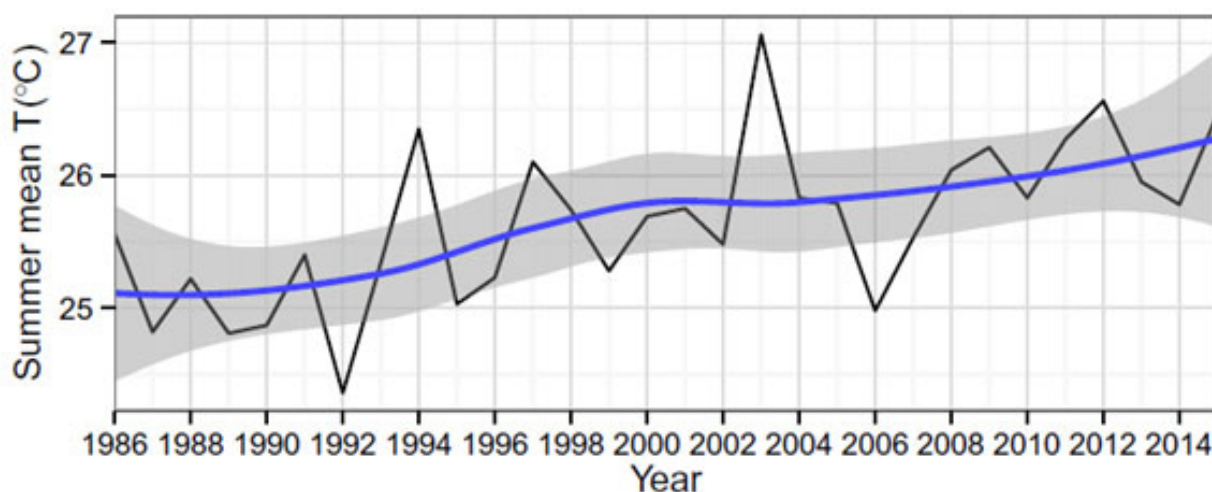


Fig. 2 - Andamenti della temperatura superficiale dell'acqua (LSWT) nel periodo estivo nel Lago Trasimeno, derivate da rilevamenti satellitari effettuati tra il 1986 e il 2015. In nero i dati annuali e in azzurro l'andamento interpolato tramite smoothing, con intervallo di confidenza al 95% (area grigia). Modificato da Pareeth *et al.* 2017

Le modificazioni a lungo termine del popolamento fitoplanctonico del Lago Trasimeno sono state valutate comparando serie storiche di abbondanza specifica raccolte mensilmente in tre periodi: 1969-70, 1990-92 e 2012-14, previa armonizzazione e aggiornamento dell'attribuzione tassonomica e omogeneizzazione dei dati di conteggio e calcolo dei biovolumi (Brancale 2018). L'esame dei dati di densità di biomassa, effettuato a livello di classe al fine di evitare eventuali incongruenze legate a difformità nell'attribuzione tassonomica a livello inferiore, ha evidenziato profonde modificazioni di medio/lungo termine, particolarmente spiccate nell'ultimo ventennio (Fig. 3).

In particolare, si evidenziano i seguenti aspetti: i) le sequenze stagionali di dominanza per classe sono sostanzialmente diversi nei tre periodi storici; ii) la biodiversità tassonomica strutturale (numero di classi tassonomiche ed equipartizione) risulta progressivamente ridotta, in tutti i mesi dell'anno, nella sequenza temporale 1969-70, 1990-92, 2012-14; iii) gli anni più recenti appaiono nettamente dominati da Chlorophyceae, Dinophyceae e Cyanophyceae.

Un'analisi di correlazione con i dati di qualità delle acque suggerisce che le modificazioni meteorologiche e idrologiche occorse nell'ultimo cinquantennio abbiano rappresentato una delle principali forzanti responsabili delle modificazioni avvenute a carico del popolamento fitoplanctonico,

in accordo con quanto suggerito da Morabito *et al.* (2018) circa i principali drivers per le modificazioni del plancton su scala nazionale. In particolare, è ragionevole supporre che la progressiva salinizzazione delle acque del lago sia stata un fattore importante per la semplificazione tassonomica osservata, effetto generale osservato in numerosi corpi idrici soggetti a salinizzazione (Davis *et al.* 2003; Hart *et al.* 2003; Nielsen *et al.* 2003).

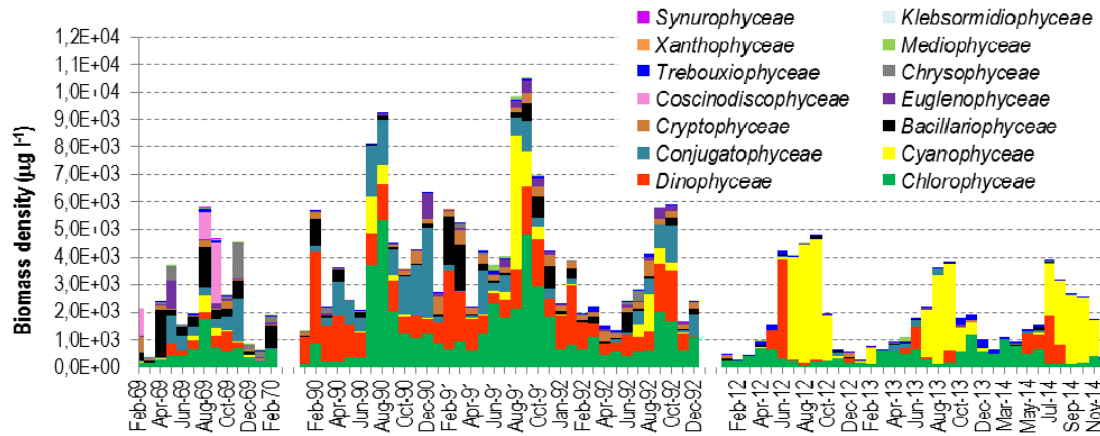


Fig. 3 - Variazioni mensili e di lungo termine della densità di biomassa fitoplanctonica per classe nel Lago Trasimeno per tre periodi storici (1969-70, 1990-92 e 2012-14). Modificato da Brancale, 2018

La ricostruzione dei profili sedimentari di metalli e macroelementi trofici nel lago Trasimeno è stata effettuata analizzando 3 carote di sedimento lacustre estratte in diverse zone del lago (Gaino *et al.* 2012), la cui datazione isotopica fa risalire gli strati sedimentari più antichi a metà XIX secolo. L'analisi dei profili sedimentari, tuttora in elaborazione, mette in luce molteplici patterns di variazione, alcuni dei quali immediatamente riconducibili alle principali attività ed interventi antropici effettuati sul bacino lacustre a partire dalla rivoluzione industriale (Gravina 2017). In sequenza temporale, i profili dei macroelementi trofici (C, P, N, S, TOC, TIC, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$) evidenziano in particolare la transizione repentina realizzatasi a fine '800 in corrispondenza dei lavori di ristrutturazione dell'emissario artificiale del lago, con conseguente transizione verso una condizione di shallow lake, e, a partire dalla metà degli anni '70 del secolo scorso, il probabile impatto delle pratiche fertilizzanti sulla situazione trofica del lago. D'altra parte, i profili dei metalli pesanti evidenziano il probabile impatto di attività agricole e industriali e dell'uso di additivi a base di piombo nei combustibili per autotrazione.

Per quanto riguarda la situazione idrologica, il Lago Trasimeno attraversa attualmente una fase caratterizzata da significative oscillazioni interannuali di livello, che, nel quadro attuale di cambiamento climatico per l'area mediterranea, sollecita un'accurata valutazione di rischio siccità. L'applicazione di un modello idrologico (Ludovisi *et al.* 2013) su dati registrati nel trentennio 1980-2010 ha mostrato che gli apporti idrici da precipitazioni hanno leggermente ecceduto le perdite per evaporazione. In termini predittivi, il modello stima che solo nel caso in cui si verificassero le proiezioni climatiche IPCC (Christensen *et al.* 2007) più ottimistiche per l'Europa meridionale e mediterranea secondo uno scenario A1B, non si determineranno condizioni di rischio prosciugamento del lago entro il secolo corrente. Nei casi in cui si verificassero le proiezioni medie o più pessimistiche, neanche le misure di mitigazione attualmente ipotizzate sembrano sufficienti per scongiurare il rischio di prosciugamento. Pertanto, una revisione consapevole delle politiche di gestione delle risorse idriche regionali appare quanto mai urgente per la salvaguardia del bacino lacustre.

Come e più che in passato, il destino del Lago Trasimeno è affidato alla capacità dell'uomo di gestire in modo appropriato le risorse naturali e mitigare gli impatti. La novità storica, che sottrae quanto appena detto alla retorica, riguarda la scala spazio-temporale degli impatti antropici, che appaiono sempre più dominati da fenomeni di scala globale e tempi lunghi, ambito naturale di lavoro per LTER.

Prospettive future

L'esame dei dati storici ha mostrato che la gestione idrica praticata nella prima metà del secolo scorso ha profondamente modificato dello stato ecologico del lago Trasimeno, determinando un significativo impatto sulle dinamiche ecosistemiche. La modificata disponibilità di habitat ha certamente ridotto la fitness di alcune specie tipiche del lago e favorito la penetrazione di popolazioni di specie alloctone, specificatamente nell'ittiofauna (Lorenzoni e Ghetti 2012; Carosi *et al.* 2018) e nella fauna a macroinvertebrati, con specie invasive quali *D. polymorpha* (Lancioni & Gaino 2005) e *P. clarkii* (Dörr *et al.* 2006).

Oltre ad incidere sul valore naturalistico del lago, la riduzione del livello delle acque ha avuto ricadute significative anche sui servizi ecosistemici offerti dal lago. Un'analisi del pescato commercializzato nel periodo a cavallo dell'intervento di ampliamento del bacino imbrifero del Lago Trasimeno (anni 1956-80) ha infatti mostrato come la crisi idrica di quegli anni abbia avuto un impatto negativo sulla qualità e quantità del pescato (Mearelli *et al.* 1990). La scarsa trasparenza delle acque, oltre ad incidere negativamente sul valore paesaggistico e ricreativo del litorale lacustre, ha spesso contribuito a vietare la balneazione in diverse stazioni turistiche circumlacuali. Nel quadro idrologico attuale, le problematiche emergenti riguardano la mancanza di ricambio idrico, che amplifica diversi fenomeni di accumulo, tra i quali la salinizzazione delle acque e l'ispessimento dello strato sedimentario nei fondali.

Tuttavia, le problematiche appena esposte appaiono del tutto irriskorie se confrontate con i rischi potenziali che corre il Lago Trasimeno nelle attuali prospettive di cambiamento climatico. Come esposto, la possibilità che il Lago Trasimeno possa prosciugarsi nell'arco del secolo in corso è da tenere in seria considerazione. Tale rischio assume carattere di ulteriore imminenza se si considera che gli eventi siccitosi estremi sono ritenuti progressivamente più frequenti nell'area mediterranea (Bates *et al.* 2008).

Il quadro appena illustrato mostra la rilevanza che la ricerca a lungo termine assume per il sito Lago Trasimeno, sia per quanto riguarda gli aspetti scientifici che per quelli culturali e gestionali. La disponibilità di serie storiche significative e la suscettibilità del sistema lago agli impatti antropici di scala locale e globale, configurano il lago Trasimeno come laboratorio 'naturale' privilegiato ai fini dell'individuazione di patterns e meccanismi di risposta degli ecosistemi lacustri (segnatamente degli shallow lakes) ai cambiamenti climatico/ambientali in area mediterranea. Contemporaneamente, i servizi ecosistemici erogati dal lago (il comparto turistico-alberghiero circumlacuale, intrinsecamente basato sul valore paesaggistico, ricreativo e culturale del lago, conta circa mezzo milione di presenze annue e funge da traino per le filiere agroalimentare, agrituristica, ittica e manifatturiera del comprensorio) e le risorse pubbliche investite da decenni nella gestione della risorsa idrica e biocenotica, lo propongono come modello sperimentale in ambito gestionale.

In prospettiva Horizon 2020, il sito si configura pertanto come modello privilegiato per l'implementazione di ricerche LTER e LTSER (Long-term Socio-Ecological Research), analisi DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response), e conseguenti azioni per lo sviluppo sostenibile a salvaguardia della risorsa idrica, della biodiversità e delle tradizioni locali.

Le attività storiche di ricerca ecologica iniziate presso l'Istituto G.B. Grassi di Monte del Lago, sono attualmente garantite in prospettiva long-term dal supporto infrastrutturale e strumentale dell'Università degli Studi di Perugia e da un supporto economico non dedicato, legato alle risorse finanziarie che il gruppo dei referenti del sito è in grado di attrarre, anche in collaborazione con Enti locali, principalmente dall'Unione Europea, dal ministero dell'Università e della Ricerca, dallo stesso Ateneo, dalle Amministrazioni locali, dalle Fondazioni e dalle imprese del comprensorio.

Il Network ILTER, LTER Italy e l'Infrastruttura Europea Lifewatch (di cui l'Università di Perugia è membro nella Joint Research Unit) forniscono un supporto essenziale per i servizi informatici, la condivisione di dati e la divulgazione.

Tuttavia, il numero esiguo di bandi locali, nazionali e internazionali focalizzati su tematiche LTER e connesse, e la loro natura a termine, mette a rischio la continuità, la risoluzione temporale e l'ampiezza

delle serie storiche di dati, e di conseguenza la consistenza e la varietà delle ricerche di lungo termine affrontabili.

La crescente dominanza di impatti antropici di scala globale e tempi lunghi impone inoltre l'implementazione di ricerche (e azioni) long-term di carattere trans-nazionale e inter-dominio, per le quali è necessario, in primo luogo, un riconoscimento istituzionale di pari scala. D'altra parte, la natura intrinsecamente peculiare e distribuita degli ecosistemi e delle società ad essi connesse impone un supporto logistico indirizzato ai singoli siti di ricerca long-term, affinché possano erogare servizi utili sia a scala trans-nazionale che locale. In questo contesto, la sfida principale cui è chiamata la nascente infrastruttura europea LTER-RI è quella di coniugare la propria missione istituzionale di servizio trans-nazionale con le necessità di sostegno e dotazione che i siti eletti possano richiedere, anche ai fini di armonizzazione e omogeneizzazione delle attività complessive dell'infrastruttura e delle progettualità sviluppate.

Bibliografia citata nel testo

- Christensen J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W.T., Laprise R., Magaña Rueda V., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A. & Whetton P. (2007). Regional climate projections. In Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z.A., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds), *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York: 847-940.
- Davis Jenny A., McGuire M., Halse S.A., Hamilton D., Horwitz P., McComb A.J., Froend R.H., Lyons M. and Sim L. (2003). What happens when you add salt: predicting impacts of secondary salination on shallow aquatic ecosystems by using an alternative -states model; *Australian Journal of Botany*, 51, 715-724.
- Hart B.T., Lake P.S., Webb J.A. and Grace M.R. (2003). Ecological risk to aquatic systems from salinity increases; *Australian Journal of Botany*, 51, 689-702.
- Nielsen D.L., Brock M.A., Rees G.N. and Baldwin D.S. (2003). Effects of increasing salinity on freshwater in Australia, *Australian Journal of Botany*, 51, 655-655.

Prodotti del macrosito. Ultimi 10 anni

Riviste ISI

- Bacci G., Cerri M., Lastrucci L., Ferranti F., Ferri V., Foggi B., Gigante D., Venanzoni R., Viciani D., Mengoni A., Reale L., Coppi A. (2018). Applying predictive models to decipher rhizobacterial modifications in common reed die-back affected populations. *Science of the Total Environment* 642: 708-722.
- Boggero A., Basset A., Austoni M., Barbone E., Bartolozzi L., Bertani I., Campanaro A., Cattaneo A., Cianferoni F., Corriero G., Dörr A.M., Elia A.C., Ficotola G.F., Kamburska L., La Porta G., Lauceri S., Ludovisi A., Gaino E., Goretti E., Lorenzoni M., Manca M., Marchetto A., Morabito G., Marzano F.N., Oggioni A., Pierri C., Riccardi N., Rossetti G., Ungaro N., Volta P., Zaupa S., Fontaneto D. (2014). Weak effects of habitat type on susceptibility to invasive freshwater species: an Italian case study. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24: 841-852.
- Carosi A., Ghetti L., Padula R., Lorenzoni M. (2018). Potential effects of global climate change on fisheries in the Trasimeno Lake (Italy), with special reference to the goldfish *Carassius auratus* invasion and the endemic southern pike *Esox cisalpinus* decline. *Fisheries Management and Ecology*, 6: 1-22.

-
- Cerri M., Coppi A., Lastrucci L., Gigante D., Ferranti F., Foggi B., Onofri A., Viciani D., Venanzoni R., Reale L. (2018). Influence of die-back syndrome on reproduction strategies within *Phragmites australis* populations. *Plant Biosystems*, 153(2) 250-256, DOI: 10.1080/11263504.2018.1473302.
- Colangelo P., Fontaneto D., Marchetto A., Ludovisi A., Basset A., Bartolozzi L., Bertani I., Campanaro A., Cattaneo A., Cianferoni F., Corriero G., Ficetola G.F., Nonnis-Marzano F., Pierri C., Rossetti G., Rosati I., Boggero A. (2017). Alien species in Italian freshwater ecosystems: a macroecological assessment of invasion drivers. *Aquatic Invasions* 12: 299-309.
- Gaino E., Scoccia F., Piersanti S., Reborra M., Bellucci L.G., Ludovisi A. (2012). Spicule records of *Ephydatia fluviatilis* as a proxy for hydrological and environmental changes in the shallow Lake Trasimeno (Umbria, Italy). *Hydrobiologia* 679: 139-153.
- Ludovisi A., Gaino E. (2010). Meteorological and water quality changes in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) during the last fifty years. *Journal of Limnology* 69: 174-188.
- Ludovisi A., Gaino E., Bellezza M., Casadei S. (2013). Impact of climate change on the hydrology of the shallow Lake Trasimeno (Umbria, Italy): history, forecasting and management. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 16(2):190-197.
- Morabito G., Mazzocchi M.G., Salmaso N., Zingone A., Bergami C., Flaim G., Accoroni S., Basset A., Bastianini M., Belmonte G., Bernardi Aubry F., Bertani I., Bresciani M., Buzzi M., Cabrini M., Camatti E., Caroppo C., Cataletto B., Castellano M., Del Negro P., de Olazabal A., Di Capua I., Elia A.C., Fornasaro D., Giallain M., Grilli F., Leoni B., Lipizer M., Longobardi L., Ludovisi A., Lugliè A., Manca M., Margiotta F., Mariani M.A., Marini M., Marzocchi M., Obertegger U., Oggioni A., Padedda B.M., Pansera M., Piscia R., Povero P., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Rossetti G., Rubino F., Sarno D., Satta C.T., Sechi N., Stanca E., Tirelli V., Totti C., Pugnetti A. (2018). Plankton dynamics across the freshwater, transitional and marine research sites of the LTER-Italy Network. Patterns, fluctuations, drivers. *Science of the Total Environment* 627: 373-387.
- Pareeth S., Bresciani M., Buzzi F., Leoni B., Lepori F., Ludovisi A., Morabito G., Adrian R., Neteler M., Salmaso N. (2017). Warming trends of perialpine lakes from homogenised time series of historical satellite and in-situ data. *Science of The Total Environment* 578: 417-426.

Riviste non ISI

- Boggero A., Pierri C., Alber R., Austoni M., Barbone E., Bartolozzi L., Bertani I., Campanaro A., Cattaneo A., Cianferoni F., Colangelo P., Corriero G., Dörr A.M., Elia A.C., Ficetola G.F., Fontaneto D., Gaino E., Goretti E., Kamburska L., La Porta G., Lauceri S., Lorenzoni M., Ludovisi A., Manca M., Morabito G., Nonnis Marzano F.N., Oggioni A., Riccardi N., Rossetti G., Tagliolato P., Thaler B., Ungaro N., Volta P., Zaupa S., Rosati I., Fiore N., Basset A., Marchetto A. (2016). A geographic distribution data set of biodiversity in Italian freshwaters. *Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography* 31: 55-72.

Libri e capitoli di libri

- Elia A.C., Todini C., Di Brizio M., Taticchi M.I. (2012). Struttura e composizione del popolamento fitoplanctonico del Lago Trasimeno negli ultimi 50 anni. In: Martinelli A. (Ed.): Tutela ambientale del lago Trasimeno. Libri Arpa Umbria: 89-99.
- Lorenzoni M., Ghetti L. (2012). Evoluzione della fauna ittica e problematiche gestionali del lago Trasimeno. In: Martinelli A. (Ed.): Tutela ambientale del lago Trasimeno. Libri Arpa Umbria: 227-242.
- Ludovisi A. (2012). Lago Trasimeno. In: R. Bertoni (Ed.), La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia) – ARACNE editrice: 155-158.
- Ludovisi A., Reborra M., Goretti E., Scoccia F., Piersanti S., Gaino E. (2012). L'ecosistema del Trasimeno tra passato e futuro. In: Martinelli A. (Ed.). Tutela ambientale del Lago Trasimeno. Libri Arpa Umbria: 337-345.

Tesi di Laurea

- Brancale M.I. (2018). Modificazioni di lungo termine nel fitoplancton del lago Trasimeno e connessioni con i cambiamenti climatico-ambientali. Tesi di Laurea Magistrale in Scienze Biomolecolari e Ambientali presso l'Università degli Studi di Perugia.
- Gravina P. (2017). Caratterizzazione chimica degli archivi stratigrafici di sedimento nel bacino del Trasimeno: studio degli effetti antropici e climatici. Tesi di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche presso l'Università degli Studi di Perugia.

Prodotti divulgativi

- Elia A.C., Todini C., Taticchi M.I., Ludovisi A. (2014). Long Term changes of phytoplankton assemblages in Late Trasimeno. 15th World Lake Conference, Perugia, Italy, 1-5 September 2014.
- Ludovisi A. (2014). Lake Trasimeno between past and future. 15th World Lake Conference, Perugia, Italy, 1-5 September 2014.
- Mancinelli G., Vizzini S., Ludovisi A., Lorenzoni M. (2014). The trophic position of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* Girard, 1852 in the Trasimeno and Bolsena lakes (Central Italy): a preliminary assessment by stable isotopes analysis. 15th World Lake Conference, Perugia, Italy, 1-5 September 2014.
- Rossi R., Ludovisi A., Paracucchi R., Selvaggi R., Fagotti A., Simoncelli F., Di Rosa I. (2014). The delayed effects of meteorological changes on the water frogs in Central Italy: perspectives within the framework of climate change. 15th World Lake Conference, Perugia, Italy, 1-5 September 2014.

Sitografia

Sito DEIMS-SDR: https://deims.org/site/lter_eu_it_096_001

Pubblicazioni ARPA Umbria: <http://www.arpa.umbria.it/pagine/pubblicazioni>

CCCB ARPA Umbria:

<http://www.arpa.umbria.it/pagine/centro-cambiamento-climatico-e-biodiversita-in-amb>.