

Monitoraggio dei corpi idrici lacustri dell'Emilia-Romagna secondo la Direttiva 2000/60/CE: il caso degli invasi artificiali del Molato e di Mignano (PC)

Elisabetta Russo^{1*}, Emanuela Peroncini¹, Marcello De Crema¹, Donatella Ferri²

1 Arpa Emilia-Romagna, Sezione Provinciale di Piacenza.

2 Arpa Emilia-Romagna, Direzione Tecnica, Bologna.

* Referente per la corrispondenza: erusso@arpa.emr.it

Riassunto

Questo lavoro riporta una sintesi delle attività condotte nel 2010 per l'avvio del nuovo sistema di monitoraggio, ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, nei sistemi lacustri della Regione Emilia-Romagna. Il lavoro ha come obiettivo principale la valutazione dello stato trofico delle acque lacustri. Una particolare attenzione è stata dedicata alla valutazione dell'efficacia del nuovo monitoraggio mediante confronto con la serie storica dei dati rilevati dal 2002 al 2009 secondo i criteri del D.Lgs. n. 152/99. L'indagine è stata svolta in due dei cinque invasi artificiali della regione: i laghi di Molato e Mignano che si trovano nella Provincia di Piacenza. Sono stati svolti campionamenti bimestrali con prelievo di campioni lungo la colonna di massima profondità. Sono stati determinati ossigeno disciolto, trasparenza come profondità di scomparsa del disco di Secchi, clorofilla α , forme inorganiche disciolte di azoto, fosforo e silice ed è stata effettuata l'analisi del popolamento fitoplanctonico, in accordo con i nuovi protocolli, emanati da APAT nel 2007 e introdotti dal 2010 con il D.M. Ambiente 8 novembre 2010, n. 260. Il nuovo sistema di monitoraggio permette di valutare le risposte biologiche del sistema lacustre ai fattori chimici, ad esempio la relazione tra fioriture di diatomee e disponibilità di silice disciolta. Da tali relazioni si possono quindi inferire tendenze evolutive e/o squilibri nelle comunità planctoniche. Si presentano anche alcuni problemi logistici legati alla frequenza del campionamento. Va inoltre rimarcato il fatto che il livello idrometrico dei laghi subisce drastiche variazioni, con diminuzioni marcate nel periodo estivo, fino al prosciugamento quasi totale, ed aumenti consistenti dall'autunno alla primavera.

PAROLE CHIAVE: laghi / invasi artificiali / fitoplancton / monitoraggio

Monitoring of artificial lakes in the Emilia-Romagna region according to the Directive 2000/60/EC: the Molato and Mignano lakes as case-studies

This study presents a summary of the pilot activity carried out in 2012 in order to start the monitoring program according to the Directive 2000/60/CE, applied to two artificial lakes in the Province of Piacenza (Emilia-Romagna, northern Italy): lake Molato and lake Mignano. This study aimed at comparing the new protocol with the previous monitoring system applied from 2002 to 2009 (Legislative Decree n. 152/99). For this reason, in order to assess the trophic status bimonthly samplings were conducted along the water column at the maximum depth point in each lake. Dissolved oxygen, water transparency, dissolved inorganic nitrogen, phosphorus and silica, and chlorophyll- α were determined. Species composition and abundance of phytoplankton communities were also examined. Such an approach allowed to evaluate trends and relationships between nutrients and phytoplankton communities, especially between dissolved silica and diatoms. The correct application of the new protocols is mainly biased by the wide variation of the hydrometric level, due to water abstraction in summer, mainly for irrigation purposes. Therefore, both lakes shift from deep to very shallow conditions, which interfere with sampling and data interpretation.

KEY WORDS: Artificial lakes / phytoplankton / monitoring

INTRODUZIONE

Il monitoraggio degli invasi ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, recepita dal decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, viene applicato a partire da gennaio 2010 sugli invasi con superficie $\geq 0,5 \text{ km}^2$. In Emilia Romagna, cinque invasi rispondono a queste caratteristiche. Di questi, i bacini del Molato e di Mignano sono stati classificati a rischio di non raggiungere l'obiettivo ambientale di buono stato al 22/12/2015 e vengono quindi sottoposti a monitoraggio operativo (DGR ER n. 350/2010). La determinazione della classe di rischio è stata effettuata sulla base della classificazione ecologica, ai sensi del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, ottenuta dai risultati dei monitoraggi condotti negli anni dal 2002 al 2009; da questi monitoraggi si è ottenuto uno stato ambientale sufficiente, corrispondente alla classe 3; in entrambi gli invasi, questa bassa qualità ambientale è dovuta soprattutto alla scarsa trasparenza delle acque.

Lo stato ecologico dei laghi è definito sulla base della valutazione dello stato trofico che a sua volta dipende dalla produttività del fitoplancton. Lo sviluppo delle comunità fitoplanctoniche è sostenuto dalla disponibilità di azoto, fosforo e silice inorganici disciolti. Quando il carico dei nutrienti è elevato si possono formare fioriture che rendono l'acqua torbida e che possono causare un accumulo di sostanza organica, soprattutto nelle acque profonde e nel sedimento superficiale. In genere le fioriture più consistenti si verificano nella tarda primavera e, a volte, anche in

estate. La crescita eccessiva del fitoplancton è in genere accompagnata da un incremento delle concentrazioni dell'ossigeno nelle acque superficiali, mentre nelle acque di fondo, dove non arriva la radiazione luminosa, la prevalenza dei processi respiratori può portare all'esaurimento delle riserve di ossigeno fino a raggiungere la completa anossia (TONOLLI, 1969).

Dal 2010, la valutazione dello stato ecologico deve essere effettuata secondo quanto indicato dal D.M. Ambiente 8 novembre 2010, n. 260 che prevede il campionamento bimestrale del fitoplancton e dei parametri fisico-chimici di base, mensile/trimestrale per gli elementi addizionali (sostanze pericolose prioritarie). I campioni d'acqua devono essere prelevati a 5 profondità: in superficie, alla fine della zona eufotica, a metà colonna, fra metà colonna e fondo e a 2 metri dal fondo.

Fino al 2009 la frequenza di campionamento degli invasi era semestrale, non prevedeva l'analisi del fitoplancton ed i prelievi venivano effettuati solo a 3 profondità discrete: in superficie, a metà colonna e sul fondo. Su questi 3 campioni venivano determinati i parametri di base (trasparenza, clorofilla α , ossigeno disciolto, fosforo, azoto, pH, alcalinità, conducibilità), mentre solo su quello prelevato a metà colonna venivano determinati anche i parametri addizionali, fra cui le sostanze prioritarie e pericolose prioritarie. Ne discende che i risultati ottenuti con i due metodi di monitoraggio non sono immediatamente confrontabili.

Le frequenze di campionamento non sempre si conciliano con la gestione degli invasi artificiali che sono soggetti ad operazioni di svasso nel periodo estivo per l'uso irriguo e, saltuariamente, per la manutenzione. In inverno, si può invece verificare la formazione di ghiaccio che limita per alcuni mesi l'accesso ai laghi. Di particolare rilevanza sono le variazioni di livello e le correnti interne indotte dai prelievi idrici che possono causare un aumento della torbidità silty e impediscono la stratificazione termica delle acque.

MATERIALI E METODI

Le dighe del Molato e di Mignano sono state costruite negli anni '20 del secolo scorso sui torrenti Tidone ed Arda, in provincia di Piacenza; formano due invasi artificiali con uso multiplo delle acque destinate all'irrigazione, alla produzione di energia elettrica e al consumo umano (Fig. 1 e Tab. I).

Le indagini sono state svolte nella stazione ubicata al centro di ciascun invaso, nel punto di massima profondità, identificato univocamente da coordinate geografiche. Il monitoraggio è stato condotto secondo le indicazioni del DM 260/02010, seguendo i protocolli specifici per il campionamento del fitoplancton e per il campionamento dei parametri chimico-fisici a sostegno degli elementi biologici (SOLLAZZO *et al.*, 2007a; 2007b). L'elenco dei parametri considerati è riportato nella tabella II.

In campo sono stati misurati la temperatura dell'aria, la profondità, la temperatura a diverse pro-

Tab. I. Caratteristiche degli invasi artificiali del Molato e di Mignano.

Invaso	Quota massima <i>m s.l.m.</i>	Capacità massima <i>Mm³ (di progetto)</i>	Profondità massima <i>m</i>	Profondità media <i>m</i>	Superficie <i>km²</i>	Tipologia
Molato	354,4	8,5 (12)	37,7	12,06	0,68	AL-5
Mignano	337,8	12,25 (15,5)	45,3	16,05	0,81	AL-6

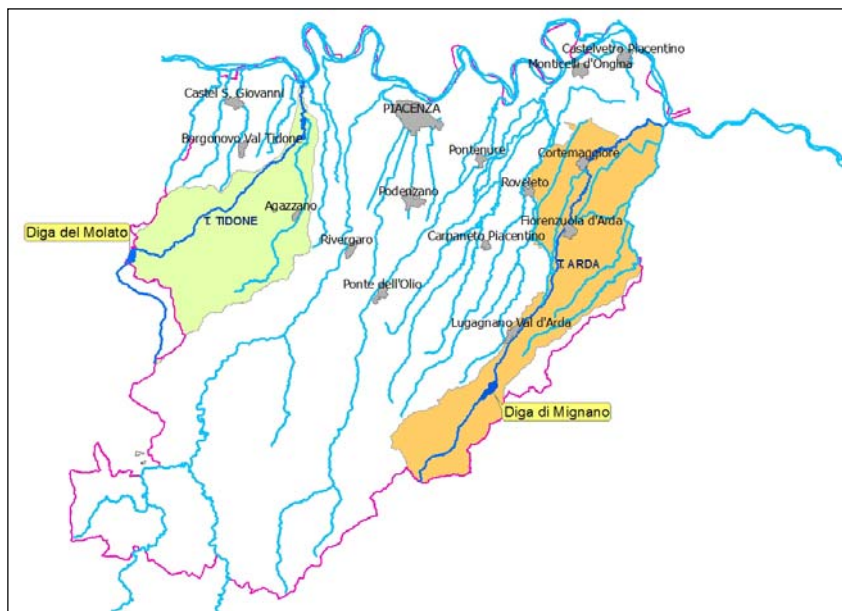


Fig. 1. Localizzazione degli invasi del Molato (T. Tidone) e di Mignano (T. Arda).

Tab. II. Parametri fisico-chimici di base analizzati con frequenza bimestrale.

PARAMETRO	u.d.m.
Temperatura dell'acqua	°C
Ossigeno disciolto	mg/L O ₂
Ossigeno disciolto	% saturaz.
pH	unità pH
Trasparenza	m
Conducibilità a 20 °C	µS/cm
Alcalinità totale	mg/L
Azoto ammoniacale	mg/L N
Azoto nitrico	µg/L N
Azoto Totale	mg/L N
Clorofilla α	µg/L
Fosforo Ortofosfato	µg/L P
Fosforo totale	µg/L P
Silice reattiva	mg/L Si

fondità lungo la colonna d'acqua e la trasparenza, come profondità di scomparsa del disco di Secchi.

I campioni d'acqua sono stati prelevati a 5 profondità (in superficie; alla fine della zona eufotica; a metà colonna; fra metà colonna e fondo; a 2 metri dal fondo) mediante bottiglia di Ruttner.

Nello strato eufotico, determinato come profondità del disco di Secchi x 2,5, è stato prelevato un campione integrato di acqua utilizzando una Bottiglia Integratore; su

questo campione è stata effettuata la determinazione del fitoplancton e della clorofilla α fitoplanctonica.

PRIMI RISULTATI E CONSIDERAZIONI DI SINTESI

Le figure 2 e 3 riportano il confronto fra i profili verticali di temperatura nel periodo 2002-2009 e nel 2010; nella figura 4 sono riportati i profili della silice disciolta, mentre nelle figure 5 e 6 è rappresentata la distribuzione percentuale delle principali specie del fitoplancton, sia

come abbondanza (numero di cellule/L) che come biovolume.

Entrambi i laghi sono soggetti ad una stratificazione termica delle acque che culmina nel periodo estivo con picchi della temperatura superficiale fino a 30 °C. La stratificazione è comunque influenzata dal prelievo delle acque che non consente la formazione di un vero e proprio metalimnio. La struttura termica del sistema è inoltre influenzata dall'abbassamento del livello idrometrico.

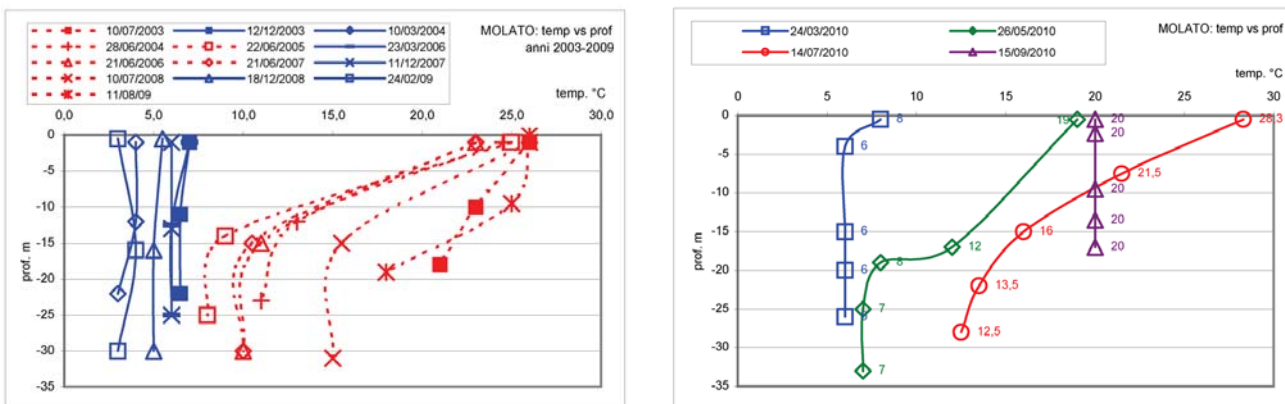


Fig. 2. Lago del Molato: profili verticali di temperatura misurati nella colonna d'acqua; a sinistra nel periodo 2003-2009, a destra nel 2010.

La silice reattiva disciolta nel lago del Molato raggiunge valori minimi in marzo, in coincidenza con la fioritura delle diatomee (in particolare *Cyclotella*); nel lago di Mignano si osserva invece una dra-

stica diminuzione agli inizi di giugno, soprattutto nell'epilimnio, anch'essa in coincidenza con una fioritura di diatomee (Fig. 4).

Da maggio in poi, nel lago del Molato le concentrazioni della silice

restano elevate lungo tutta la colonna d'acqua; nel lago di Mignano si hanno invece minimi epilimnici. Le differenze sono da attribuire alla differente composizione in specie delle comunità fitoplanctoniche.

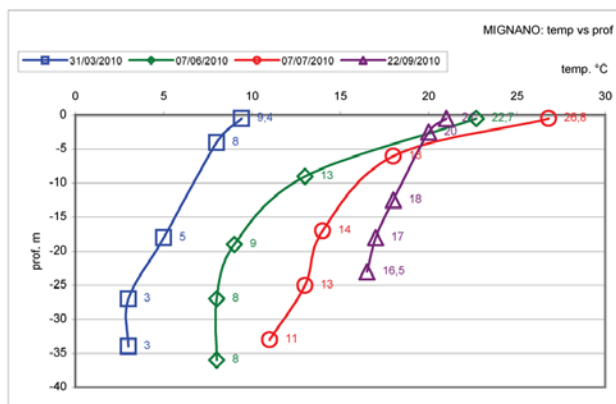
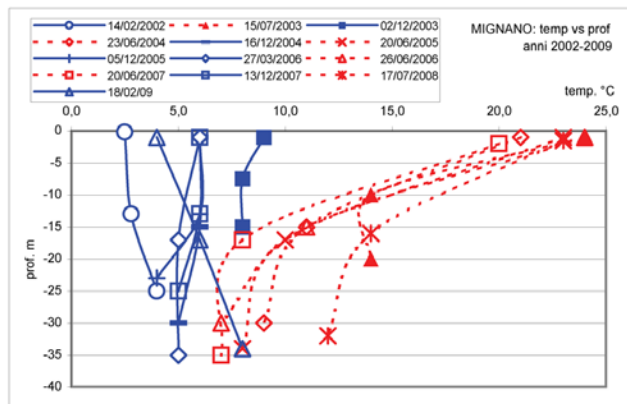


Fig. 3. Diga di Mignano: profili verticali di temperatura misurati nella colonna d'acqua; a sinistra nel periodo 2002-2009, a destra nel 2010.

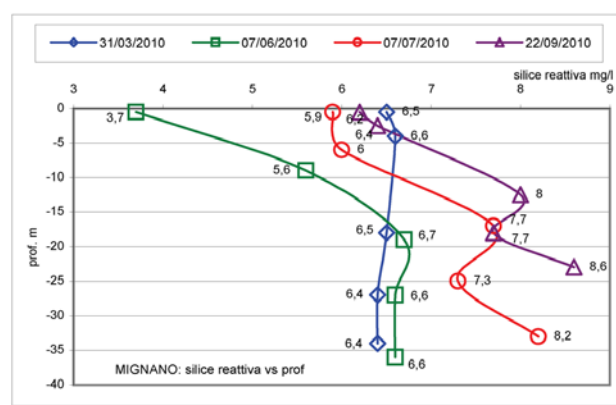
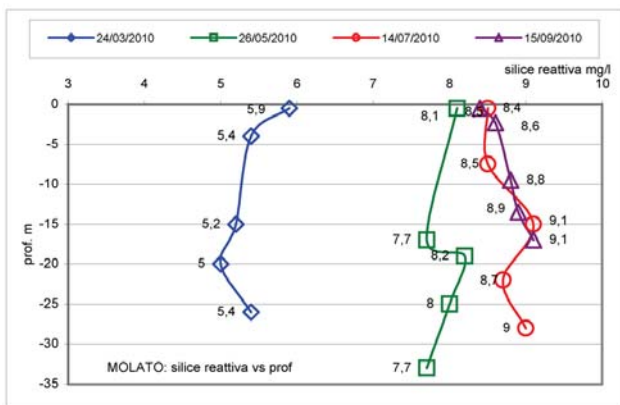


Fig. 4. Profili verticali di silice reattiva misurata nella colonna d'acqua nel Molato (sinistra) e in Mignano (destra).

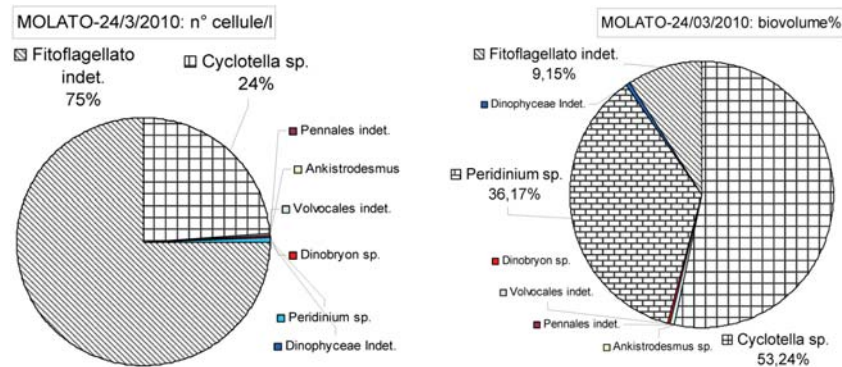


Fig. 5. Fitoplancton prelevato il 24/03/2010 nella Diga del Molato: distribuzione percentuale delle specie rinvenute (n. cellule/L, a sinistra) e biovolume percentuale corrispondente (a destra).

La composizione in specie delle comunità fitoplanctoniche è rappresentata nelle figure 5 e 6 in occasione delle fioriture algali. In entrambi i laghi sono presenti elevate densità di flagellati non identificabili, ma la biomassa complessiva (qui rappresentata come biovolume) è costituita soprattutto da diatomee del genere *Cyclotella*.

Nel lago di Mignano, la comunità fitoplanctonica è abbastanza semplificata con dominanza di fitoflagellati non identificati in mar-

zo e più in generale da Criptofitee e da *Cyclotella*. La presenza di Criptofitee e di *Cyclotella* è comune in entrambi i laghi. In particolare, le specie del genere *Cyclotella* sono avvantaggiate in quanto hanno piccole dimensioni che ne rallentano la sedimentazione e tollerano acque torbide (MARCHETTO *et al.*, 2011).

Si può comunque affermare che biomassa e abbondanza delle specie più rappresentative denotano condizioni di mesotrofia in entrambi i laghi (VIAROLI *et al.*, 2001).

Da un punto di vista metodologico, il livello di determinazione del fitoplancton, non ancora molto dettagliato e carente soprattutto nella classificazione delle forme di piccole dimensioni, ci porta a considerare prospettive di miglioramento nell'identificazione delle specie nei prossimi due anni di campionamento (UTERMÖHL, 1958; UNI EN 15204, 2006; MACALETTI *et al.*, 2005.); infatti il ciclo di monitoraggio triennale ci permette di affinare il metodo in modo da arrivare alla fine del 2012 con informazioni più accurate per determinare gli indici di classificazione, in linea con le scadenze previste dalla normativa. Al momento sono stati identificati una quarantina di taxa e, solo per alcuni, si è arrivati a livello di specie (Tab. III).

Questo è un aspetto di particolare interesse, soprattutto per le specie del nano- e picoplancton, che possono svolgere un ruolo importante nei processi degenerativi dei laghi eutrofici.

Nella tabella III sono riassunti i taxa fitoplanctonici, identificati nei due invasi nel corso del 2010.

I risultati ottenuti per nitrati, ortofosfato solubile e fosforo totale sono sintetizzati nella tabella IV e nella tabella V; nelle medesime tabelle sono riportati per data di campionamento i valori di trasparenza e clorofilla- α fitoplanctonica, misurati nel campione integrato.

Si sottolinea come i valori esigui di fosforo trovati in entrambi gli invasi siano quasi sempre ai limiti della rilevabilità analitica; l'azoto nitrico, maggiormente presente nell'invaso del Molato nel campione di marzo, oscilla comunque fra valori contenuti.

Per completezza di informa-

zione, si rammenta che, nonostante i dati non vengano presentati in questo studio, sui campioni prelevati a profondità discrete sono state determinate molte tipologie di microinquinanti organici e inorganici: fitofarmaci, solventi aromatici e clorurati, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), metalli pesanti, ftala-

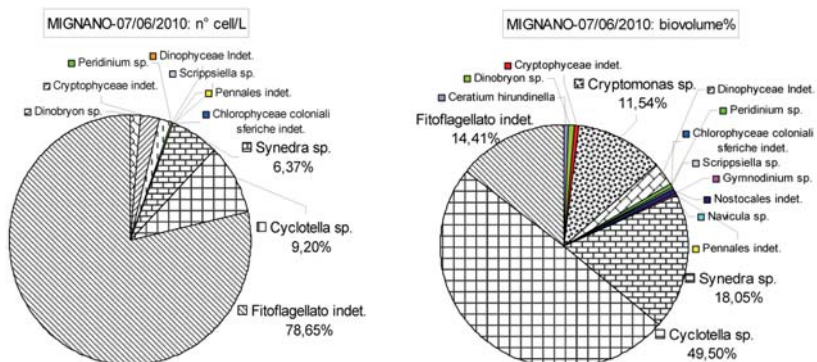


Fig. 6. Fitoplancton prelevato il 7/06/2010 nella Diga di Mignano: distribuzione percentuale delle specie rinvenute (n. cellule/L, a sinistra) e biovolume percentuale corrispondente (a destra).

Tab. III. Taxa rilevati nei due invasi nel corso del 2010.

Diga del Molato	Diga di Mignano
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	<i>Ceratium hirundinella</i>
<i>Ceratium hirundinella</i>	Chlorophyceae coloniali sferiche indet.
<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Cryptomonas</i> sp.
Cryptophyceae indet.	Cryptophyceae indet.
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.
<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Dinobryon</i> sp.
<i>Dinobryon</i> sp.	Dinophyceae indet.
Dinophyceae Indet.	<i>Euglena</i> cfr. <i>oxyuris</i>
<i>Navicula</i> sp.	Euglenophyceae indet.
Naviculaceae indet.	<i>Gymnodinium</i> sp.
Oscillatoriales indet.	<i>Licmophora</i> sp.
Pennales indet.	<i>Navicula</i> sp.
<i>Peridinium</i> cfr. <i>volzii</i>	Naviculacea indet.
<i>Peridinium</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.
<i>Phacus</i> sp.	Nostocales indet.
<i>Scenedesmus</i> sp.	Oscillatoriales indet.
Sphaeropleales indet.	Pennales indet.
<i>Synedra</i> sp.	<i>Peridinium</i> cfr. <i>cinctum</i>
Volvocales indet.	<i>Peridinium</i> cfr. <i>latum</i>
	<i>Peridinium</i> sp.
	<i>Phacus</i> sp.
	<i>Scrippsiella</i> sp.
	<i>Synedra</i> sp.
	<i>Thalassiosira</i> sp.
	<i>Trachelomonas</i> sp.

ti, cloroalcani a lunga catena, fenoli, aniline, difenileteri polibromurati (PBDE) (TNO, 2005).

In conclusione si può affermare come il nuovo monitoraggio abbia già mostrato aspetti positivi e migliorativi rispetto al precedente: infatti la determinazione del fitoplancton integra significativamente la descrizione del funzionamento del sistema lacuale, effettuata precedentemente solo attraverso i

parametri fisico-chimici; consente inoltre di correlare fra loro parametri chimici e biologici, adottando finalmente un approccio ecosistemico nell'analisi dei sistemi naturali, superando i confini delle discipline scientifiche classiche.

Tuttavia vi sono ancora ampi margini di incertezza sulla corretta e piena applicazione delle nuove metriche di classificazione, che alla conclusione del primo triennio di

monitoraggio dovranno essere applicate e fornire indicazioni utili al suo miglioramento.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Prof. P. Viaroli (Università degli Studi di Parma) per il supporto scientifico fornito nella interpretazione dei dati; il Consorzio di Bonifica di Piacenza per la collaborazione fornita; il Personale della Daphne per l'analisi del fitoplancton.

Tab. IV. Valori minimo (min), medio e massimo (max) di fosforo reattivo solubile (o-P), fosforo totale (Ptot) e ione nitrato ($N-NO_3^-$); valori di clorofilla- α fitoplanctonica (Chl- α) e trasparenza (Trasp.), determinati nel campione integrato del Molato nel 2010.

Data	valori	$N-NO_3^-$ $\mu g L^{-1}$	o-P $mg L^{-1}$	Ptot $mg L^{-1}$	Trasp. m	Chl- α $\mu g L^{-1}$
24/03/2010	min	1.000	<0,01	<0,01	1,6	7,1
	max	1.300	<0,01	<0,01		
	medio	1.120	<0,01	<0,01		
26/05/2010	min	300	<0,01	<0,01	7,7	1,3
	max	600	0,11	0,11		
	medio	480	0,02	0,02		
14/07/2010	min	300	<0,01	<0,01	3,0	1,8
	max	600	<0,01	<0,01		
	medio	440	<0,01	<0,01		
15/09/2010	min	300	<0,01	<0,01	0,9	1,4
	max	500	<0,01	0,09		
	medio	400	<0,01	0,018		

Tab. V. Valori minimo (min), medio e massimo (max) di fosforo reattivo solubile (o-P), fosforo totale (Ptot) e ione nitrato ($N-NO_3^-$); valori di clorofilla- α fitoplanctonica (Chl- α) e trasparenza (Trasp.), determinati nel campione integrato di Mignano nel 2010.

Data	valori	$N-NO_3^-$ $\mu g L^{-1}$	o-P $mg L^{-1}$	Ptot $mg L^{-1}$	Trasp. m	Chl- α $\mu g L^{-1}$
31/03/2010	min	<200	<0,01	<0,01	1,6	2,1
	max	<200	<0,01	<0,01		
	medio	<200	<0,01	<0,01		
07/06/2010	min	400	<0,01	<0,01	3,5	2,1
	max	500	<0,01	<0,01		
	medio	440	<0,01	<0,01		
07/07/2010	min	300	<0,01	<0,01	2,5	1,5
	max	500	<0,01	<0,01		
	medio	360	<0,01	<0,01		
22/09/2010	min	<200	<0,01	<0,01	1,0	4,8
	max	<200	<0,01	0,02		
	medio	<200	<0,01	0,012		

Bibliografia

- DGR ER n. 350/2010. Approvazione delle attività della regione Emilia-Romagna riguardanti l'implementazione della Direttiva 2000/60/CE ai fini della redazione ed adozione dei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici Padano, Appennino Settentrionale e Appennino Centrale.
- DIRETTIVA 2000/60/CE, 2000. Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.
- MAGALETTI, E., POMPEI, M., GIOVANARDI, F. 2005. Phytoplankton Determinations. In: UNEP/MAP/MED POL (2005) *Sampling and Analysis Techniques for the Eutrophication Monitoring Strategy of MED POL*. MAP Technical Reports Series n. 163. UNEP/MAP, Athens.
- MARCHETTO A., LUGLIÈ A., PADEDDA B. M., MARIANI M. A., SECHI N., SALMASO N., MORABITO G., BUZZI F., SOMINA M., GARIBALDI L., OGGIONI A., BOLPAGNI R., ROSSARO B., BUGGERO A., LENCIONI V., MARZIALI L., VOLTA P., CIAMPITIELLO M., 2011. Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi. *Report CNR-ISE*, 03.11.
- SOLLAZZO C., SCANU G., ASTE F., BELLI M., BALZAMO S., MARTONE C., CADONI F., BERNABEI S., TARTARI G., BURASCHI E., COPETTI D., MARCHETTO A., MORA-

- BITO G., OGGIONI A., DAL MIGLIO A., BUZZI F., POZZI S., GARIBALDI L., SALMASO N., LUGLIÈ A., 2007a. Protocollo per il campionamento dei parametri chimico-fisici a sostegno degli elementi biologici in ambiente lacustre. *APAT-Metodi Biologici per le Acque*, parte I.
- SOLLAZZO C., SCANU G., ASTE F., BELLI M., BALZANO S., BERNABEI S., CADONI F., MARTONE C., MORABITO G., OGGIONI A., TARTARI G., LEGNANI E., BURASCHI E., BUZZI F., POZZI S., GARIBALDI L., SALMASO N., LUGLIÈ A., 2007b. Protocollo per il campionamento di fitoplancton in ambiente lacustre. *APAT-Metodi Biologici per le Acque*, parte I.
- TONOLLI V., 1969. *Introduzione allo studio della limnologia*. CNR Istituto Italiano di Idrobiologia, Verbania, Pallanza.
- TNO-NETHERLANDS ORGANISATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH, 2005. *Rapporto R&I-A R 2005/066. Additivi chimici nei prodotti di consumo*. Brussels-Netherlands.
- UNI EN 15204: 2006. Water quality - Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique).
- UTERMÖHL H., 1958. Zur vervollkommung der qualitativen Phytoplankton metodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* **9**: 1-38.
- VIAROLI P., ROSSETTI G., BERNINI F., BARTOLI M., FERRARI I., 2001. Studi ecologici e problemi gestionali in un lago di cava della golena del Po. *Atti dell'Associazione italiana Oceanologia Limnologia*, **14**: 89-98.