

ARPAM



AGENZIA
REGIONALE
PER LA
PROTEZIONE
AMBIENTALE
DELLE MARCHE



RAPPORTO FINALE

MONITORAGGIO DELLE ACQUE E DEI SEDIMENTI DEL LAGO ARTIFICIALE DI GEROSA FINALIZZATO ALLO STUDIO CIRCA LA PRESENZA DEL CIANOBATTERIO TOSSICO *PLANKTOTHRIX RUBESCENS*

*Convenzione tra l'Amministrazione Provinciale di Ascoli Piceno, l'Istituto Superiore di Sanità,
il Dipartimento ARPAM di Ascoli Piceno, il Corpo Forestale dello Stato e il Consorzio di Bonifica dell'Aso.*

**Per l'ARPAM
Responsabile Scientifico:**

Ernesto Corradetti

Collaboratori:

*Piergiorgio Ceccarelli
Silvana Celani
Aurelio Costantini
Daniela Corradetti
Giampaolo Di Sante
Bruno Gricinella
Domenico A. Liberati
Maritza Mirti
Ines Petrucci
Anna Cosentino*

**Per l'ISS
Responsabile Scientifico:**

Enzo Funari

Collaboratori:

Sara Bogialli
Prof. Antonio Di Corcia*
Maura Manganelli
Daniela Mattei
Simona Scardala
Mara Stefanelli
Emanuela Testai
Susanna Vichi*

**Dipartimento di Chimica dell'Università "La Sapienza" di Roma*

Rapporto finale

PREMESSA	5
Caratteristiche del lago	5
Qualità acque immissario	5
Qualità acque emissario	6
Pressione antropica della zona,	6
SCOPO DELL'INDAGINE	7
RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA RIGUARDANTI PLANKTOTHRIX RUBESCENS.	7
Bibliografia	9
DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	11
RISULTATI	14
PARAMETRI MICROCLIMATICI	14
Temperatura aria	14
Temperatura acqua del lago	15
Piovosità e quota della superficie del lago	16
PARAMETRI FISICI E CHIMICO FISICI	16
Temperatura dell'acqua	17
Ossigeno disciolto	19
Andamento spaziale della temperatura e dell'ossigeno disciolto, dalla superficie verso il fondo, nelle condizioni di massimo rimescolamento e massima stratificazione	20
Trasparenza	22
Conducibilità, pH e alcalinità	23
Cloruri	28
Specie chimiche dello zolfo	29
<i>Solfati e acido solfidrico</i>	29
Specie chimiche dell'azoto	31
<i>Azoto ammoniacale- azoto nitroso- azoto nitrico e azoto totale</i>	31
Specie chimiche del fosforo	36
<i>Ortofosfati e fosforo totale</i>	36
Clorofilla	38
SEDIMENTI	39
POPOLAZIONI FITOPLANCTONICHE E ZOOPLANCTONICHE	41
DENSITÀ DI PLANKTOTHRIX RUBESCENS	42
ANALISI DEI CONTENUTI DELLE TOSSINE PRODOTTE DALLA P. RUBESCENS	43
Analisi delle MC mediante cromatografia liquida accoppiata ad un rivelatore di massa	43
Analisi delle MC mediante Test ELISA	46
ANALISI DEI PESCI	46
DENSITÀ DELLE CELLULE BATTERICHE E MISURE DI ATTIVITÀ ECTOENZIMATICHE	48
INDAGINI MOLECOLARI	49
IMPLEMENTAZIONE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO NEL LABORATORIO ARPAM DIPARTIMENTO DI ASCOLI PICENO.	51
CONCLUSIONI	51
PROPOSTE OPERATIVE	52

PREMESSA

Questa relazione contiene i rapporti conclusivi di ARPAM - Dipartimento di Ascoli Piceno - Servizio Acque (Piergiorgio Ceccarelli, Silvana Celani, Aurelio Costantini, Daniela Corradetti, Giampaolo Di Sante, Bruno Gricinella, Domenico A. Liberati, Maritza Mirti, Ines Petrucci, Anna Cosentino e Ernesto Corradetti) e dell'Unità Operativa dell'ISS (Maura Manganelli, Daniela Mattei, Scardala Simona, Mara Stefanelli, Emanuela Testai, Susanna Vichi e Enzo Funari).

Caratteristiche del lago

La diga che ha dato luogo all'invaso artificiale di Gerosa è stata costruita in sei anni, dal 1977 al 1983. Le acque di scorrimento del fiume Aso venivano così intercettate creando un bacino lungo circa 2500 metri e con una larghezza massima di circa 370 metri.

La corona della diga si trova a quota 649 sul livello del mare (s.l.m.) ed il lago rappresenta il confine amministrativo fra i Comuni di Montemonaco, Montefortino e Comunanza.

La capacità massima dell'invaso è di 12 milioni di m³ di acqua da utilizzare prevalentemente per fini irrigui e idroelettrici.

Dei 12.000.000 m³, 1.000.000 m³ sono a disposizione per i sedimenti che si accumulano nell'arco di tempo di 50 anni. Le finestre della diga si trovano a quota 645 metri s.l.m. e sono realizzate in modo tale da disporre un volume di laminazione, pari a 2.000.000 m³, utile per regolare eventuali piene.

Il rilascio biologico dell'acqua è di 100 litri/sec. e la presa si trova a quota 603 sulla diga, ossia 42 metri sotto la corona.

L'utilizzo dell'acqua per scopi irrigui e idroelettrici è mediamente di 750 litri/sec., su base annua. Per cui il rilascio complessivo è di circa 850 litri/sec.

Qualità acque immissario

Le acque dell'immissario sono classificate tra "buone" e "ottime" ai sensi della vigente normativa, benché da tempo non vengono più monitorate a causa della loro stazionarietà negli anni.

Gli altri immissari del lago hanno sostanzialmente caratteristiche di fossi, portano acqua soltanto nei primi mesi dell'anno durante lo scioglimento delle nevi, dopodiché restano asciutti tutto l'anno, svolgendo l'importante funzione di regolare il deflusso delle acque meteoriche.

Il fosso più importante è quello delle Cannavine che nasce sotto l'abitato di Montemonaco, a un paio di chilometri lago, e la sua portata è veramente esigua e prossima allo zero nei mesi estivi e autunnali. I controlli analitici eseguiti in due occasioni non hanno evidenziato inquinamento ambientale meritevole di particolari attenzioni.

Il tempo di ritenzione dell'acqua nel lago è di 4 -5 mesi (138 giorni) considerando una portata media dell'immissario di circa 1 m³/sec. la massima fluttuazione annuale del livello del lago è mediamente di 10 metri e in tale situazione la capacità idraulica residua dell'invaso è del 50%.

Qualità acque emissario

L'acqua dell'emissario mantiene negli anni una qualità ecologica (SECA) di valore 1 - 2; si tratta di acqua di buona qualità sia negli aspetti analitici di composizione chimica, sia nelle caratteristiche delle comunità biologiche.

Pressione antropica della zona

La pressione antropica sul lago è veramente modesta, al lago non recapitano reflui di tipo industriale, ma soltanto di tipo domestico e agricolo. Gli abitanti che vivono sulle sponde del lago sono veramente pochi. Esiste un piccolo agglomerato di case abitato di San Giorgio all'Isola con una ventina di residenti che raddoppiano nei mesi estivi. L'impianto di trattamento dei liquami prodotti è costituito da una fossa Imhoff, ma si ritiene che impianti a struttura semplificata tecnologicamente più avanzati non migliorino sensibilmente le cose, restando l'apporto di nutrienti al lago sempre modesto e pressoché uguale.

L'attività prevalente della zona è quella agricola, anche con allevamenti di bestiame. Pertanto al lago possono arrivare direttamente, come peraltro è stato verificato nei sopralluoghi effettuati, o indirettamente, tramite le acque meteoriche di dilavamento, effluenti zootecnici, sia pure in modesta quantità.

Le sponde del lago sono percorse da due strade, nella parte Nord-Ovest la strada provinciale "Valdaso Superiore n. 86", asfaltata, e nella parte Sud -Est strada di servizio di proprietà del Consorzio di Bonifica dell'Aso. Entrambe scarsamente trafficate.

La vegetazione prevalente tutto intorno al lago è costituita da Roverella, Carpino Nero, Carpino Bianco, Castagno, Frassino, Abete Rosso e Pino da Leppo

Le specie ittiche presenti sono: Persico Reale, Persico Trota, Persico Sole, Barbo Comune, Anguilla, Triotto, Scardola, Cavedano, Carassio, Alborella,, Carpa, Tinca, Trota Fario e Trota Iridea.

Dal 2002 sono state osservate fioriture dominate da *Planktothrix rubescens*.

La presenza dei cianobatteri nelle acque superficiali del lago di Gerosa implica un problema sanitario dovuto alla loro capacità di produrre sostanze tossiche alle quali l'uomo può essere esposto quando queste acque vengono utilizzate per uso potabile o per attività ricreative.

SCOPO DELL'INDAGINE

Il progetto, finalizzato allo studio del fenomeno delle fioriture di *Planktothrix rubescens* nel lago di Gerosa con un approccio integrato, prevedeva tra i suoi obiettivi:

- Raccolta e valutazione dei dati della letteratura scientifica riguardanti *Planktothrix rubescens*.
- Implementazione delle tecniche analitiche per il monitoraggio delle acque e dei sedimenti del lago, nonché per la determinazione della concentrazione della specie tossica.
- Valutazione della presenza di *P. rubescens* anche nell'immissario.
- Analisi dei contenuti delle tossine prodotte dalla *P. rubescens*.
- Individuazione della provenienza dei principali nutrienti nelle acque e nei sedimenti del lago.
- Analisi dei dati e delle informazioni disponibili per individuare le cause responsabili, formulare ipotesi circa lo sviluppo algale ed eventualmente pianificare possibili interventi risolutivi.
- Predisposizione e validazione di un metodo di controllo rapido ed efficace per stabilire la tossicità delle fioriture dominate da *P. rubescens*, che consenta di fornire indicazioni tempestive ai comuni interessati per l'adozione di provvedimenti a tutela della salute umana.

RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA RIGUARDANTI *PLANKTOTHRIX RUBESCENS*.

Il genere *Planktothrix* appartiene alle Cyanophyceae dell'ordine delle Oscillatoriales. Sono cianobatteri filamentosi con tricomi di colore rosso bruno senza guaina visibile. Il diametro medio dei tricomi è di 7 μm , la loro lunghezza è variabile e può raggiungere pochi mm. I tricomi sono composti da cellule tutte uguali tra loro, tranne quelle apicali (che vengono usate per il riconoscimento morfologico), con la lunghezza minore del diametro del tricoma. Le cellule si dividono per scissione binaria dando origine a tricomi uniseriati non ramificati e possono essere presenti false ramificazioni.

Specie di *Planktothrix*, come *P. rubescens*, sono comuni nei bacini poco profondi e non stratificati. Quando cresce attivamente in un mezzo di coltura bilanciato e ricco di nutrienti, è di colore rosso intenso. Al suo interno presenta la clorofilla a, oltre ai due carotenoidi tipici: mixoxantofilla, caratteristica dei cianobatteri in genere, e oscillaxantina, specifico del genere *Oscillatoria* (Feuillade, 1972). La presenza di tali carotenoidi fa sì che *P. rubescens* si adatti facilmente a

crescere in condizioni di basse radiazioni luminose. Inoltre contiene inoltre biliproteine, che la rendono capace di utilizzare l'intero spettro della radiazione fotosintetica attiva (Konopka, 1982).

La supremazia di *Planktothrix rubescens* è quindi legata alla sua capacità di adattarsi nei confronti di diversi fattori limitanti frequenti nei laghi: bassa intensità luminosa; bassa concentrazione di anidride carbonica; scarsa disponibilità di azoto inorganico grazie all'aumento dell'affinità e alla scelta di vie metaboliche diverse. Sembra che un rapporto azoto/fosforo pari a 10 come media annuale se si considerano solo i nitriti, sia il più congeniale alla dominanza della specie *P. rubescens* (Chorus and Bartram, 1999).

P. rubescens è stenoterma verso il freddo (predilige temperature al di sotto dei 18°C), e domina quindi durante la stagione invernale-primaverile, occupando durante l'estate gli ipolimni. Non scompare infatti del tutto durante i mesi estivi ma, essendo dotata di vacuoli citoplasmatici, riesce a migrare lungo la colonna d'acqua, proteggendosi da una eccessiva intensità luminosa, che potrebbe danneggiare il suo sistema fotosintetico e che le permette di disporsi in strati dove è maggiore la disponibilità di nutrienti (Reynolds, 1997).

La tossicità della specie *P. rubescens* è associata alla loro capacità di produrre microcistine, che sono tra le cianotossine più frequentemente rilevate (Chorus and Bartram, 1999). Ad oggi sono state identificate circa 80 varianti di microcistine (WHO, 2003). I possibili effetti per la salute umana associati all'esposizione a tali tossine sono stati ampiamente studiati e sono riassunti in un Rapporto ISTISAN (08/6), al quale si rimanda per eventuali approfondimenti.

È tuttavia opportuno ricordare che la presenza di cianobatteri potenzialmente tossici in un lago non indica necessariamente che sono prodotte ciano tossine, né tantomeno è possibile stabilire una diretta proporzionalità tra densità cellulari e quantità di tossine prodotte. È infatti noto che all'interno di una specie potenzialmente tossica possono coesistere differenti genotipi e non tutti sono necessariamente dotati del gene preposto alla produzione delle tossine (Kurmayer et al. 2002).

È quindi facilmente desumibile che la tossicità di una fioritura è fortemente influenzata dalle proporzioni dei diversi ceppi presenti nella specie (Kurmayer and Kutzenberger 2003; Dittmann and Börner, 2005). Per questi motivi la sola analisi delle densità cellulari dei cianobatteri non è sufficiente per evidenziare la potenziale tossicità di una fioritura. Ad oggi purtroppo non sono ancora noti i fattori che determinano i rapporti tra ceppi tossici o meno all'interno di una popolazione di cianobatteri. Sembra che in parte la variabilità nella presenza di microcistine in un corpo d'acqua sia influenzata dai parametri ambientali, tuttavia il ruolo dei singoli fattori non è stato ancora definito in maniera univoca (Sivonen e Jones, 1999).

L'UO dell'ISS ha inoltre redatto una scheda monografica della specie, riportata di seguito, che riassume le principali caratteristiche della specie in esame.

Phylum	Cyanobacteria
Classe	Cyanophyceae
Ordine	Oscillatoriales
Genere	<i>Planktothrix</i>
Specie	<i>P. rubescens</i>
	
Autore	Anagnostidis & Komárek
Anno	1988
Sinonimi	<i>Oscillatoria rubescens</i> De Candolle ex Gomont 1892
Descrizione	Le cellule di <i>P. rubescens</i> formano tricomi di color rosso porpora o rosso bruno senza visibile guaina. Il diametro medio dei tricomi è 7 µm, la loro lunghezza è variabile e può raggiungere pochi mm. I tricomi sono composti da cellule adiacenti tutte identiche tra loro, di forma tonda, assottigliata o conica, tranne quelle apicali, che vengono usate per il riconoscimento morfologico. La lunghezza delle cellule è di 1.1-4.9 µm ed il diametro è di 3.9-9.4µm.
Condizioni favorevoli per le fioriture	Specie <i>P. rubescens</i> contengono soprattutto ficoeritrina. Sono comuni in corpi d'acqua profondi, stratificati, oligotrofici o mesotrofici. Dovrebbero essere adattate a crescere in condizioni di basse radiazioni luminose, in virtù del loro corredo pigmentario ricco di carotenoidi. Temperatura ottimale di crescita è 10-20°C e la salinità tollerata è 4,3‰. Le fioriture, ben visibili di colore rosso porpora, si verificano in autunno-inverno.
Tossine prodotte	Microcistine (Chorus I <i>et al.</i> , 1999)
Distribuzione	Cosmopolita In Italia segnalazioni sempre più frequenti provengono dai laghi del Lazio, della Sicilia, della Sardegna, delle Marche, della Lombardia, del Trentino, del Veneto e del Piemonte.

Bibliografia

- Chorus I & Bartram J (Ed.). *Toxic Cyanobacteria in Water: a Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. London: E & FN Spon; 1999. p.416.
- Dittmann E, Borner T. (2005) Genetic contributions to the risk assessment of microcystin in the environment. *Toxicol Appl Pharmacol*.15:203(3):192-200.

- Feuillade J, Feuillade M (1972) Distribution et corrélations des principales variables hydrobiologiques dans un lac eutrophe (Nantua 1969 à 1972). *Ann Inst Pasteur Lyon num sp Colloque sur la Pollution et la Protection des Eaux*. Lyon, pp 185–212
- Funari E., Scardala S., Testai E. (2008) "Cianobatteri potenzialmente tossici: aspetti ecologici, metodologici e valutazione del rischio", *Rapporti ISTISAN 08/6*
- Konopka, A. (1982). Buoyancy regulation and vertical migration by *Oscillatoria rubescens* in Crooked Lake, Indiana. *Br. Phycol. J.* 17: 427-442.
- Kurmayer R, Kutzenberger T. (2003) Application of real-time PCR for quantification of microcystin genotypes in a population of the toxic cyanobacterium *Microcystis* sp. *Appl Environ Microbiol.* 69(11):6723-30.
- Reynolds C.S. (1997). Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. *Excellence in Ecology* 9:1-371
- Sivonen K and Jones G. Cyanobacterial toxins (1999). In: Chorus I. and Bartram J. (Ed.) *Toxic Cyanobacteria in Water: a Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. London: E and FN Spon. p.41-111.
- WHO (2003). Guidelines for safe recreational Water Environment Volume1. Coastal and fresh waters. Geneva: World Health Organization.

DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Come già detto in precedenza il progetto ha come obiettivo principale lo studio del fenomeno delle fioriture di *Planktothrix rubescens* nel lago di Gerosa con un approccio integrato, che permetta di:

- individuare la provenienza dei principali nutrienti nelle acque e nei sedimenti del lago.
- valutare la presenza di *P. rubescens* nel lago ma anche nell'immissario
- valutare la presenza nelle acque del lago delle tossine prodotte da *P. rubescens*
- Predisporre un metodo di controllo rapido ed efficace per stabilire la tossicità delle fioriture dominate da *P. rubescens*, che consenta di fornire indicazioni tempestive ai comuni interessati per l'adozione di provvedimenti a tutela della salute umana.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, le UUOO dell'ISS e dell'ARPAM hanno quindi predisposto un piano di campionamento rappresentativo del lago.

Il Servizio Acque del Dipartimento ARPAM di Ascoli Piceno ha effettuato con cadenza mensile, a partire dal mese di Ottobre 2006 fino al mese di Agosto 2007, i prelievi di acqua del lago di Gerosa nei seguenti siti:

- 1) immissario del lago
- 2) lungo la colonna al centro del lago, nel punto di massima profondità a circa 100 m dalla diga e più precisamente a quota:
 - - 0,5 m (superficie)
 - - 25 m (metà colonna, in corrispondenza della presa d'acqua per uso idroelettrico)
 - - 50 m (fondo)
- 3) Fiume Aso a valle della diga (emissario)

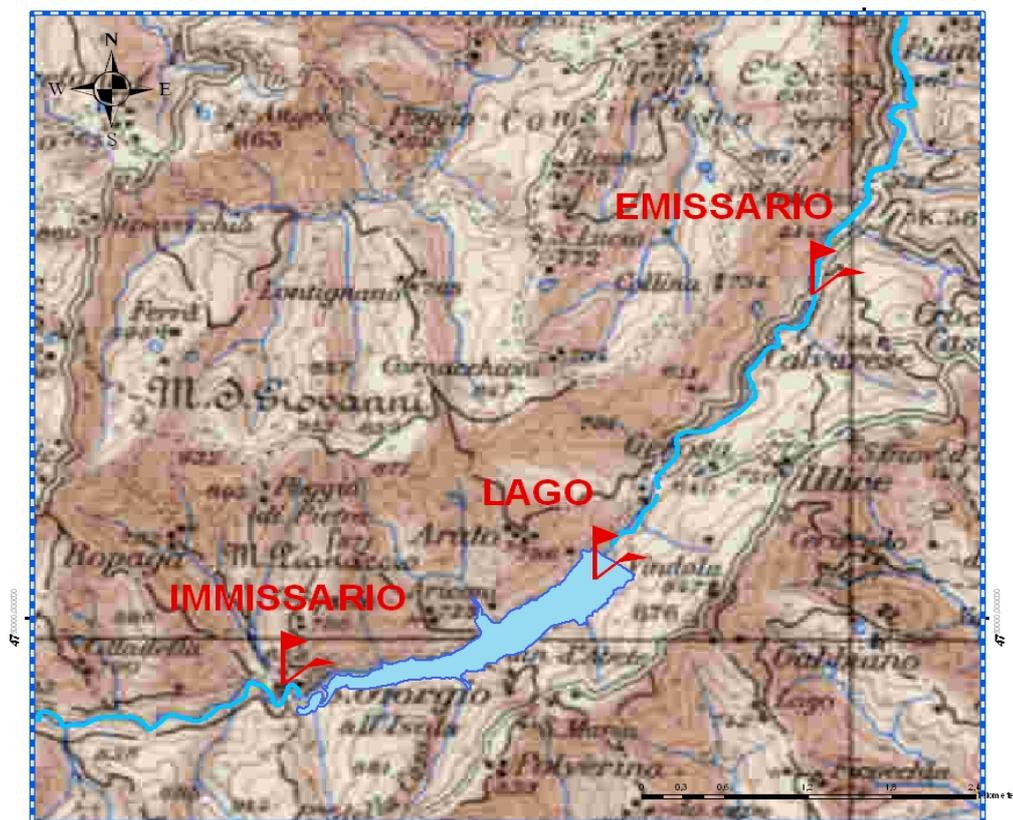


Fig. 1); lago di Gerosa e punti di prelievo delle acque e dei sedimenti del lago.

:

Coordinate punti di prelievo	latitudine	longitudine
immissario	42°53'07''	13°21'26''
lago	42°53'48''	13°22'58''
emissario	42°54'52''	13°24'11''

I campionamenti sono stati effettuati dall'ARPAM utilizzando una barca attrezzata messa a disposizione dal Consorzio di Bonifica dell'Aso.

Direttamente dalla barca sono stati misurati: trasparenza (disco Secchi), temperatura dell'aria, temperatura dell'acqua, ossigeno disciolto (tramite sonda) ed il pH (pHmetro portatile).

Le acque del lago in profondità sono state prelevate attraverso l'uso di campionatori Niskin mentre le acque di scorrimento dell'immissario e dell'emissario direttamente con bottiglie trasparenti di vetro o scure di plastica, a seconda delle determinazioni da fare.

I campioni di acqua analizzati da ARPAM in relazione ai parametri fisici e chimico-fisici, alle conte di *P. rubescens* e del fitoplacton, sono stati prelevati e trasportati in bottiglie di vetro e di plastica scura da 1 litro e in bottiglie di plastica da 500 mL a cui era stata aggiunta un'adeguata dose di soluzione fissativa di Lugol. I campioni da inviare all'UO dell'ISS per l'analisi delle cianotossine

sono stati prelevati e immediatamente trasferiti in contenitori di policarbonato da 5 e 10 litri, coibentati in custodie di polistirolo e fatti recapitare entro 24 ore, per mezzo del corriere, presso il laboratorio del Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria dell' ISS.

I sedimenti sono stati campionati manualmente con tubo di ghisa, chiuso ad una estremità, delle dimensioni di 50 cm di lunghezza per 8 cm di diametro, fissato ad una corda per il recupero.

I pesci (carpe e cavedani), destinati all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche, sez. di Fermo e all'Università "La Sapienza" di Roma per l'analisi delle ciano tossine, sono stati campionati nei pressi della diga, sponda sinistra del lago, utilizzando le reti degli agenti del Corpo Forestale dello Stato - Stazione di Comunanza.

Sono stati inoltre raccolti ed elaborati anche i dati microclimatici (temperatura dell'aria, temperatura dell'acqua, piovosità e quota della superficie del lago) puntualmente registrati dal custode del lago. La stazione microclimatica è situata in prossimità del lago nelle vicinanze della diga, sponda sinistra del lago.

Nel seguente prospetto sono riassunti tutti i prelievi dei campioni effettuati nel periodo che va dal 28 Settembre 2006 al 7 Agosto 2008.

data	colonna d'acqua del lago	immissario	emissario	sedimenti	pesci	schiume
28/09/2006	X	X	X			
25/10/2006	X	X	X			
27/11/2006	X	X	X			X
18/12/2006	X	X	X			
15/01/2007	X	X	X	X		
14/02/2007	X	X	X			
13/03/2007	X	X	X	X		
11/04/2007	X	X	X			
08/05/2007	X	X	X		X	
12/06/2007	X	X	X			
09/07/2007	X	X	X			
27/08/2007	X	X	X			
11/09/2007	X	X	X			
09/10/2007	X	X	X			
27/11/2007	X	X	X	X		
18/03/2008	X					
07/08/2008	X					

RISULTATI

Tutti i dati analitici ottenuti dall'indagine sulle diverse componenti ambientali (acqua, sedimenti e pesci, compresi i dati microclimatici rilevati dal custode del lago) sono raccolti in tabelle allegate alla presente relazione.

Acque superficiali di scorrimento e di lago raccolti per campione ,	allegato n. 1)
Acque superficiali di scorrimento e di lago raccolti per parametro ,	allegato n. 2)
Sedimenti,	allegato n. 3)
Dati microclimatici.	allegato n. 4)

PARAMETRI MICROCLIMATICI

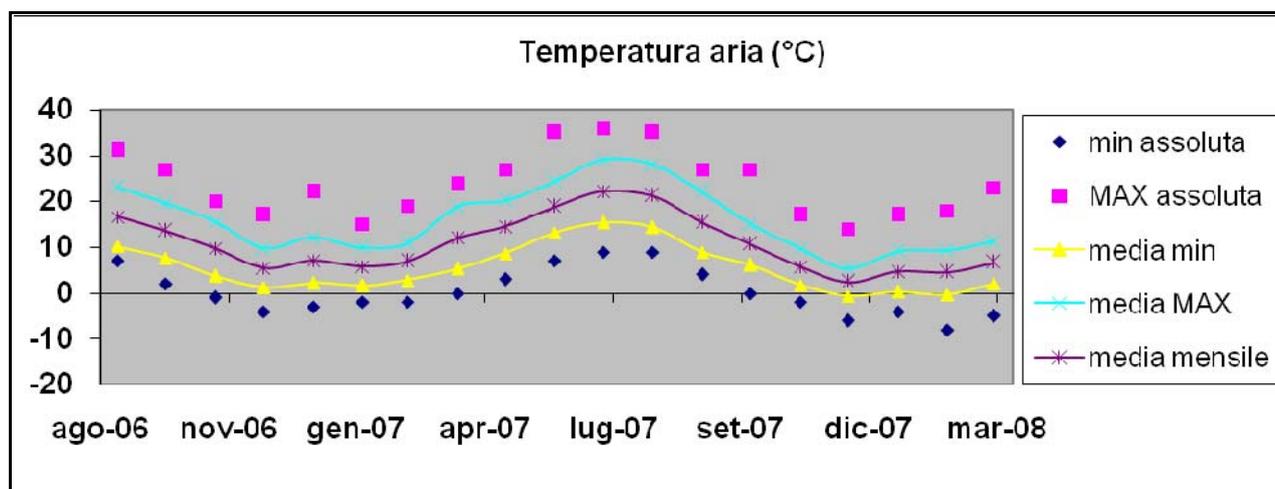
Sono stati monitorati giornalmente dal custode del lago i seguenti parametri microclimatici:

- temperature minime, massime e medie mensili dell'aria, temperature giornaliere rilevate tramite la stazione microclimatica posizionata nei pressi della diga;
- millimetri di pioggia, tramite la stazione microclimatica;
- centimetri di neve, misura sul posto;
- quota della superficie del lago, misura sul posto;
- temperatura minima e massima dell'acqua del lago, misura sul posto;

I dati di ciascun parametro sono riportati nella tabella all'allegato 5).

Temperatura aria

Nel grafico seguente è riportato l'andamento della temperatura dell'aria

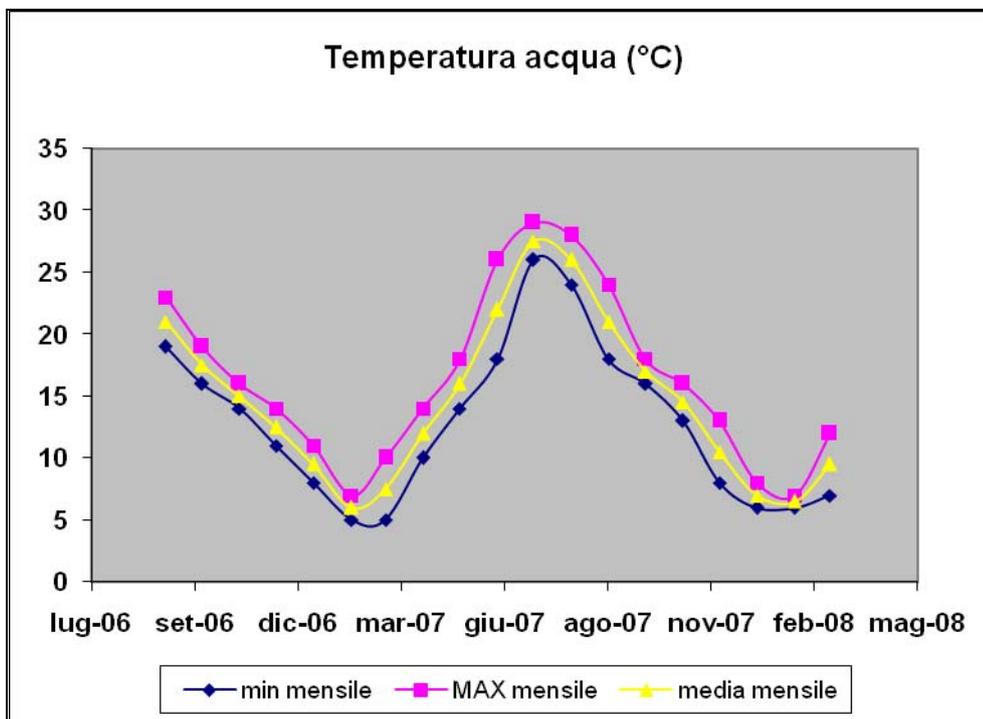


Ovviamente si registra un andamento temporale delle temperature medie mensili dell'aria di tipo sinusoidale con valori minimi che cadono nel mese di febbraio. Le escursioni di temperatura

nell'arco del mese sono più ampie nei mesi più caldi piuttosto che in quelli più freddi. È interessante notare che nei due mesi di gennaio consecutivi (2007 e 2008) la temperatura media mensile risulta superiore sia a quella del mese di dicembre che a quella del mese di febbraio, e ciò è insolito.

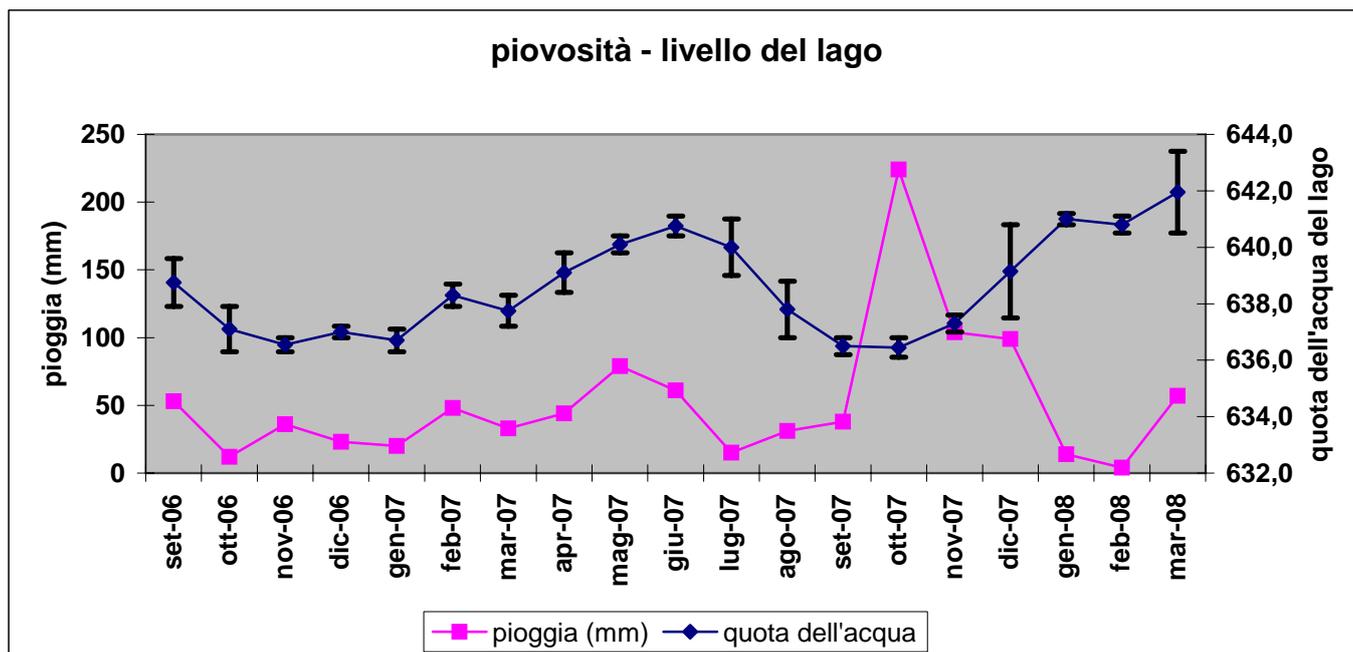
Nel mese di luglio 2007 la temperatura media mensile è stata di 22 °C, quella massima di 36 °C e quella minima di 9 °C, con fluttuazione media di 14 °C. Nel mese di gennaio 2007, invece la temperatura media mensile è stata di 7 °C, quella massima di 22 °C e quella minima di -3 °C. Rispetto allo stesso mese di gennaio degli anni passati, quello del 2007 è stato particolarmente caldo.

Temperatura acqua del lago



L'andamento temporale della temperatura dell'acqua presenta, ovviamente, lo stesso profilo di quello dell'aria, ma con fluttuazione mensili molto contenute a causa della maggiore capacità termica dell'acqua. La temperatura media dell'acqua del lago in superficie, per esempio, è stata nel mese di Agosto 2007 di 26 °C, quella minima di 24 °C e quella massima di 28 °C. Nel mese di Gennaio 2007 la temperatura media dell'acqua in superficie è stata di 9 °C, quella minima di 8°C e quella massima di 11°C. anche per l'acqua le escursioni termiche sono più contenute nei mesi invernali che in quelli estivi.

Piovosità e quota della superficie del lago



La superficie del lago alla sua massima capacità, ossia quando si verifica lo stramazzo delle acque dalle finestrate della diga, ha la quota di 645 metri sul livello del mare (m slm).

La quota della superficie è in funzione degli utilizzi dell'acqua per scopi irrigui ed energetici e della piovosità.

Nel grafico viene riportato l'andamento temporale della quota della superficie del lago registrato nel 2007 in funzione della piovosità registrata nello stesso anno. È evidente l'abbassamento del livello del lago, nei mesi di luglio e agosto, quando sono più consistenti gli utilizzi dell'acqua per fini irrigui ed è altrettanto evidente il rapido innalzamento del livello a seguito delle abbondanti precipitazioni piovose nel mese di Ottobre 2007.

Fino a Giugno 2007 si registra un lento innalzamento di quota della superficie del lago a fronte di modeste piogge mensili. Il livello del lago diminuisce sensibilmente nei mesi di Luglio e Agosto, a seguito di maggiori prelievi di acqua per usi irrigui nella valle sottesa al lago e anche per le scarse piogge nei tre mesi di Luglio, Agosto e Settembre. Il livello del lago, dopo aver raggiunto il minimo storico, subisce un netto incremento nei tre mesi di fine anno 2007.

PARAMETRI FISICI E CHIMICO FISICI

Tutti i dati inerenti i parametri fisici e chimico-fisici sono stati prodotti ed elaborati dal Servizio Acque del Dipartimento ARPAM di Ascoli Piceno.

Al fine di agevolare la lettura dei dati sulle acque, i relativi andamenti spaziali e temporali, nonché il loro raffronto, essi vengono restituiti tramite istogrammi che riguardano i 5 punti di campionamento (acque di scorrimento e acque del lago) e tramite grafici per quanto riguarda i campionamenti sulla sezione verticale del lago.

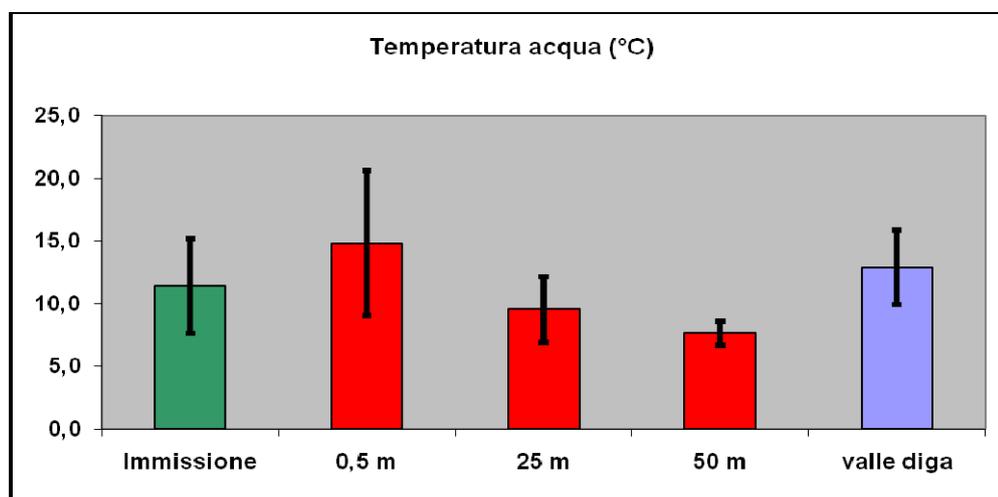
Infine, per ogni parametro, viene riportato graficamente l'andamento spaziale nelle acque del lago in condizioni di massimo rimescolamento (gennaio – febbraio 2007) e massima stratificazione (luglio – agosto 2007).

Si fa presente che i dati della temperatura e dell'ossigeno disciolto sono stati rilevati nelle acque del lago senza ancorare la barca fino al mese di giugno 2007, pertanto i dati relativi a tale periodo dell'indagine potrebbero essere non rappresentativi della massima profondità del lago, in quanto la barca in deriva, soprattutto nelle giornate ventose, si spostava continuamente andando su punti sensibilmente meno profondi.

Anche i rilievi della temperatura sul fondo del lago potrebbero essere non affidabili fino al mese di febbraio 2007 in quanto non era stato ancora applicato un peso di 2 kg alla sonda in modo da percepirne esattamente l'arrivo sul fondo del lago. Pertanto si ha il sospetto che i dati dell'ossigeno disciolto sul fondo del lago, relativamente ai mesi di novembre, dicembre 2006 e gennaio 2007, siano stati largamente sottostimati rispetto a quelli reali. I rilievi di gennaio 2008 e quelli che saranno effettuati routinariamente in gennaio 2009 sicuramente derimeranno tale dubbio e conferiranno supporto statistico al dato finale

Tuttavia ciò non va ad inficiare le valutazioni e i risultati finali dell'indagine, ma soltanto la precisione circa l'inizio dei fenomeni anossici negli strati d'acqua a contatto con il fondo.

Temperatura dell'acqua

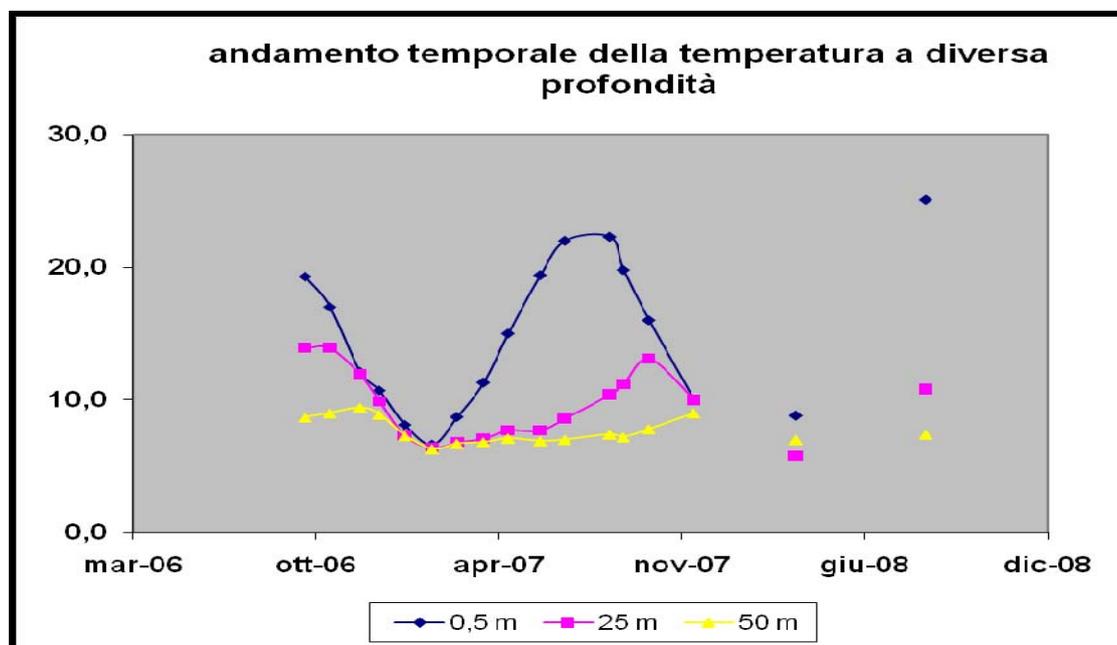


Dall'esame dell'andamento temporale della temperatura dell'acqua nei diversi punti monitorati, si osserva che le acque dell'immissario presentano una temperatura media annuale di 11,3 °C con escursioni annuali di appena 8 °C, da 7,2 °C a 14,9 °C.

Le acque dell'emissario, invece, presentano una temperatura media annuale superiore di qualche grado (12,9 °C) a quelle dell'immissario, benché le prime prendano origine dal lago alla quota di circa - 35 metri dove la temperatura dell'acqua è mediamente di 9,4 °C. Una spiegazione a quanto ora evidenziato la possiamo trovare nel fatto che il rilascio di acqua del lago è modesto, mediamente di 850 litri/sec. e nel percorso a valle fino al punto di campionamento (circa 2 km) l'acqua ha tutto il tempo di scaldarsi di qualche grado.

Nella colonna verticale del lago, la temperatura dell'acqua varia sensibilmente passando dal valore medio annuale di 14,5 °C in superficie a quella di 7,8 °C sul fondo. Dall'esame del grafico è evidente che la temperatura dell'acqua sul fondo del lago presenta delle escursioni termiche molto contenute, rispetto alla temperatura dell'acqua in superficie che è a diretto contatto con l'aria e sottoposta all'irraggiamento.

L'andamento temporale e spaziale della temperatura alle tre profondità studiate è riportato nel grafico di seguito riportato.



La temperatura dell'acqua in superficie presenta un andamento sinusoidale marcato con fluttuazioni che vanno mediamente da 6,0 °C (Febbraio) a 22,1 °C (Luglio – Agosto). A 25 metri di profondità

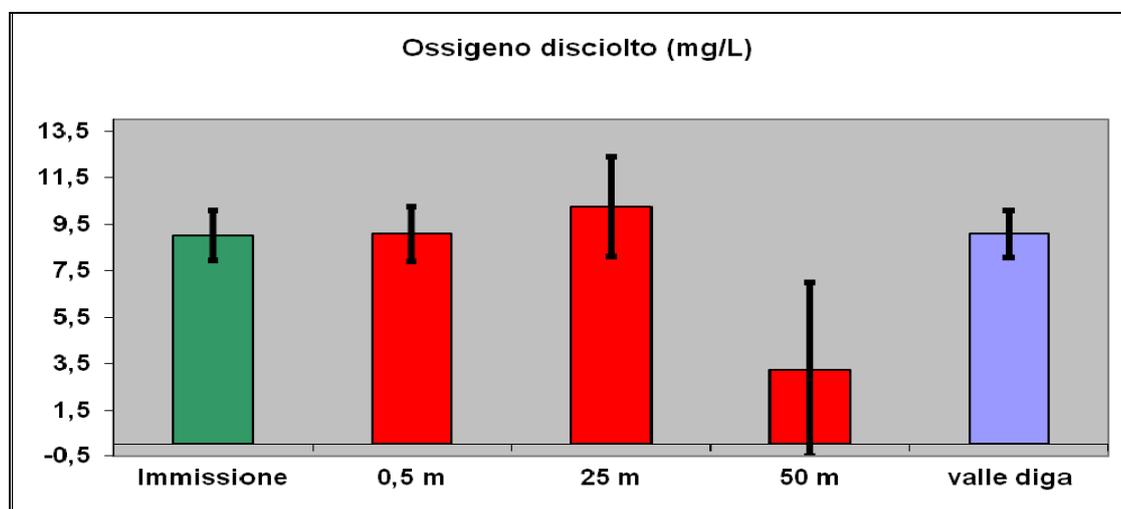
l'andamento temporale della temperatura è sempre sinusoidale ma con fluttuazione temporale meno marcata; si registra infatti una temperatura massima dell'acqua nell'arco dell'anno di 12,0 °C e ciò si verifica nel mese di Settembre – Ottobre. Sul fondo la temperatura dell'acqua è praticamente costante (valore medio 7,6 °C) registrando una fluttuazione tra valore minimo e massimo di appena 3 °C.

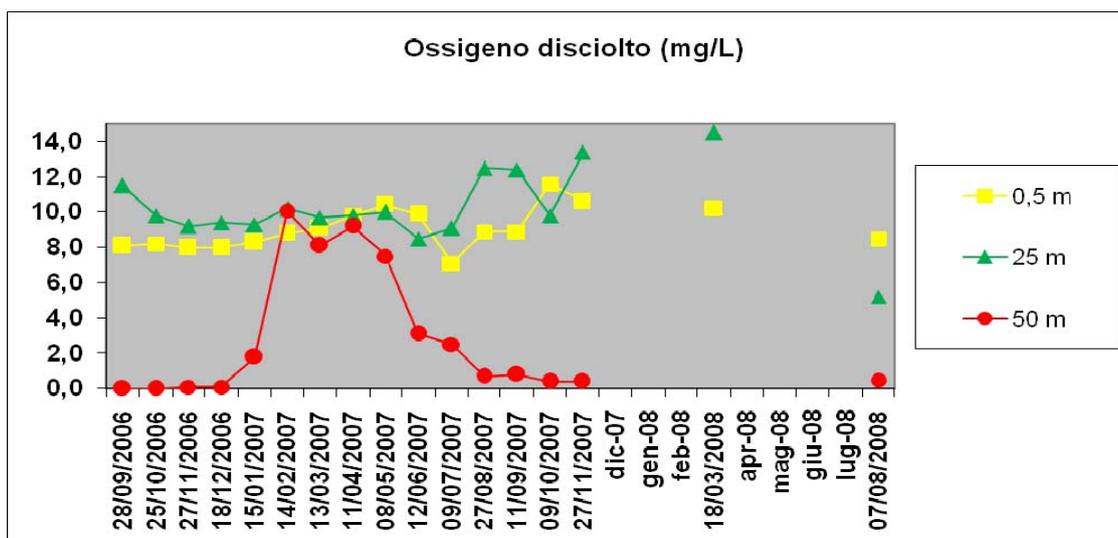
Interessante rimarcare che il valore massimo della temperatura si registra in superficie nel mese di Agosto, a metà colonna nel mese di Settembre e sul fondo nel mese di Novembre, quando diviene marcato il rimescolamento nella colonna verticale.

Le temperature minime dell'acqua coincidono sull'intera colonna nel mese di Febbraio (condizioni di massimo rimescolamento verticale delle acque), mentre in corrispondenza della temperatura massima in superficie (Agosto) si hanno condizioni di massima stratificazione in cui la differenza di temperatura nella colonna verticale è massima (circa 16 °C). E' interessante ancora constatare che la differenza di temperatura nella colonna è minima fin dal mese di Novembre, quando diventa consistente il rimescolamento ed è al suo valore massimo la temperatura sul fondo. Nei mesi successivi fino a Febbraio si ha un ulteriore abbassamento delle acque del lago, dopodiché inizia un nuovo ciclo di riscaldamento delle acque secondo il meccanismo appena descritto.

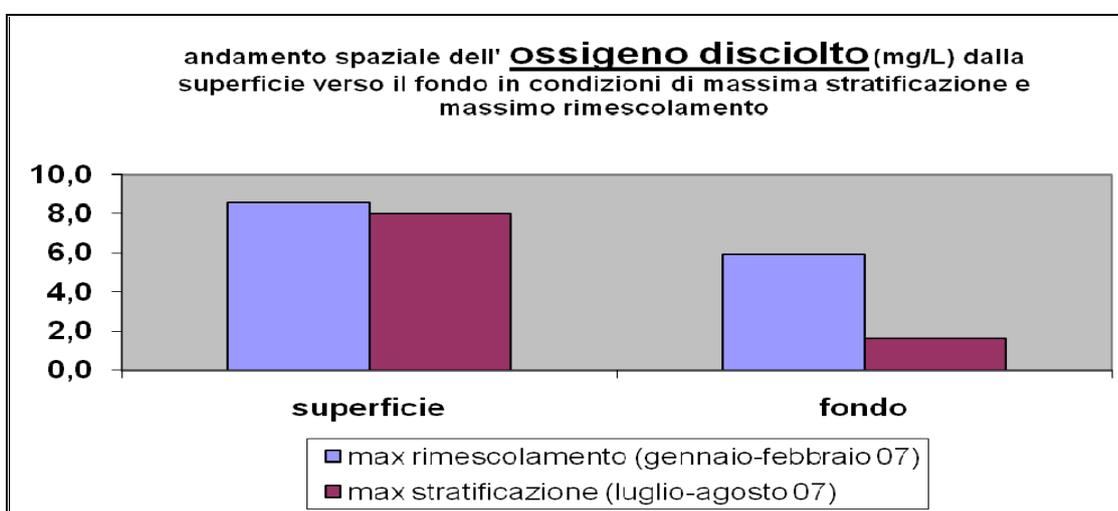
Ossigeno disciolto

La percentuale di saturazione dell'ossigeno nelle acque monitorate è del tutto normale nelle acque dell'immissario, in quelle dell'emissario e in quelle del lago in superficie. La situazione cambia sensibilmente per le acque del lago in profondità a seconda della stagione. A metà colonna, per esempio, si ha una sovrasaturazione di ossigeno nelle condizioni di massima stratificazione, mentre nelle acque di fondo si registra un abbassamento del tenore di ossigeno a livelli di 0,5 – 3,0 mg/L.





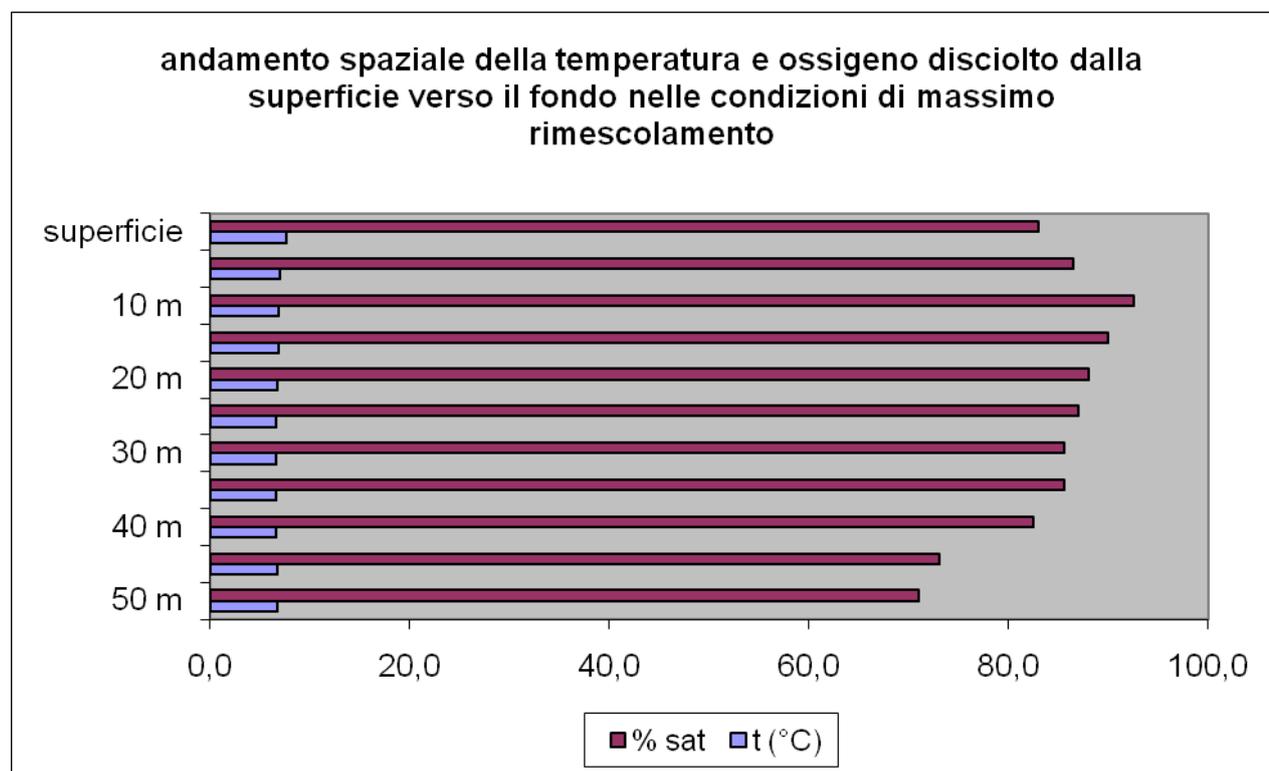
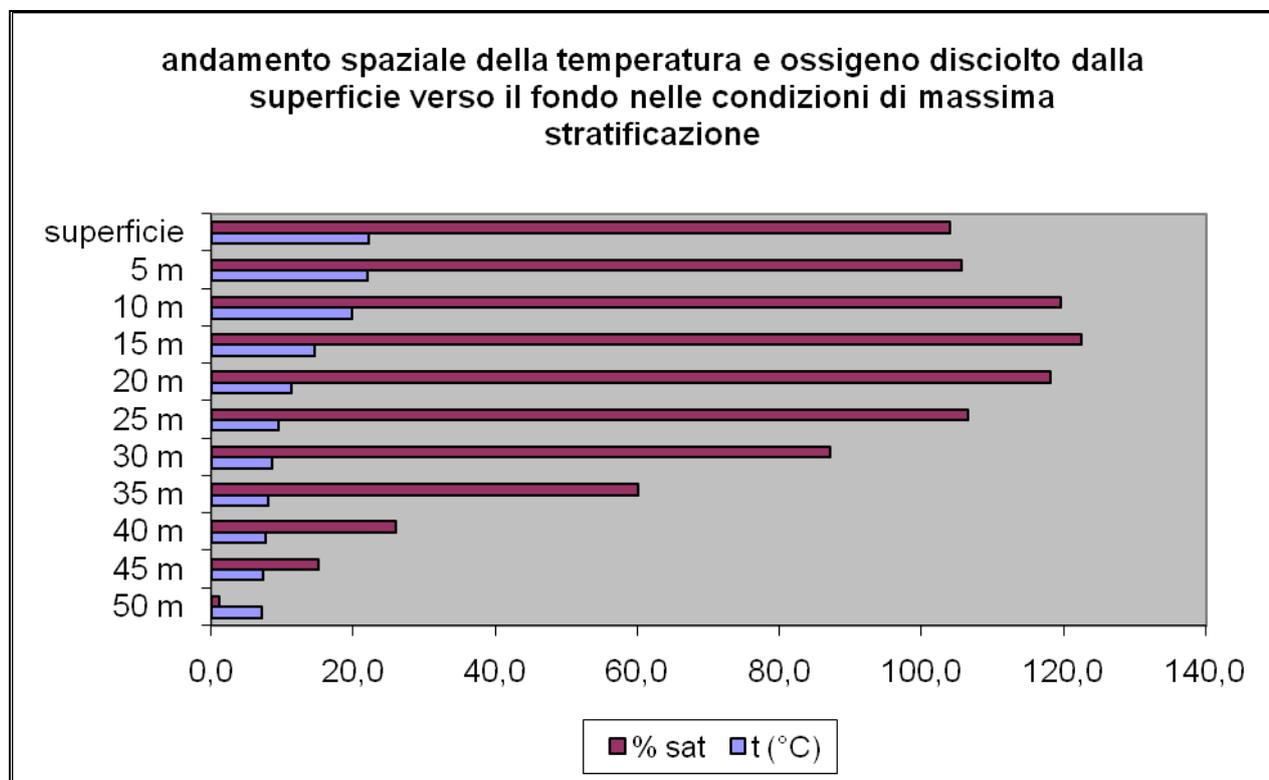
Dall'elaborazione dei dati, infatti, risulta che nelle condizioni di massimo rimescolamento esiste un abbassamento del tenore di ossigeno sul fondo rispetto alla superficie, quando invece, non dovrebbero esistere differenze di concentrazione in base alle attese. Nelle condizioni di massima stratificazione si registra giustamente un sensibile abbassamento del contenuto di ossigeno disciolto nelle acque di fondo rispetto a quelle di superficie.



Andamento spaziale della temperatura e dell'ossigeno disciolto, dalla superficie verso il fondo, nelle condizioni di massimo rimescolamento e massima stratificazione

Una valutazione più dettagliata degli andamenti temporali e spaziali della temperatura e dell'ossigeno disciolto nella colonna può essere fatta leggendo i dati di temperatura e ossigeno

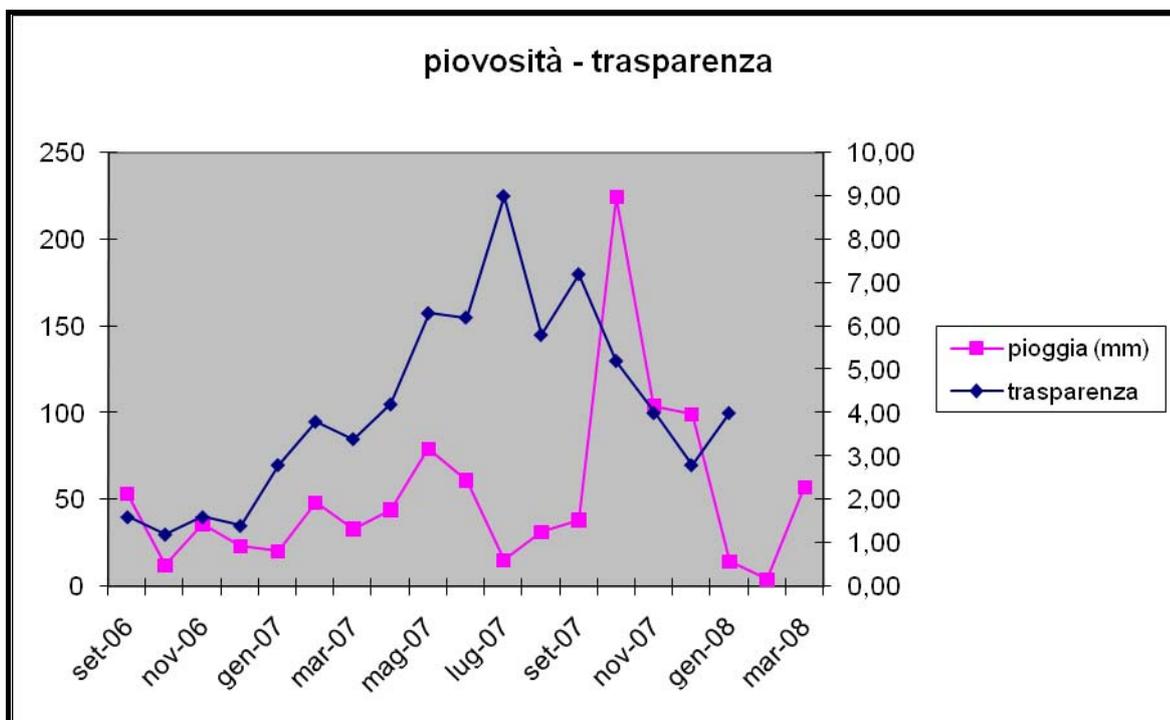
disciolto registrati nelle acque del lago a partire dalla superficie fino al fondo, effettuando misure ogni 5 metri.



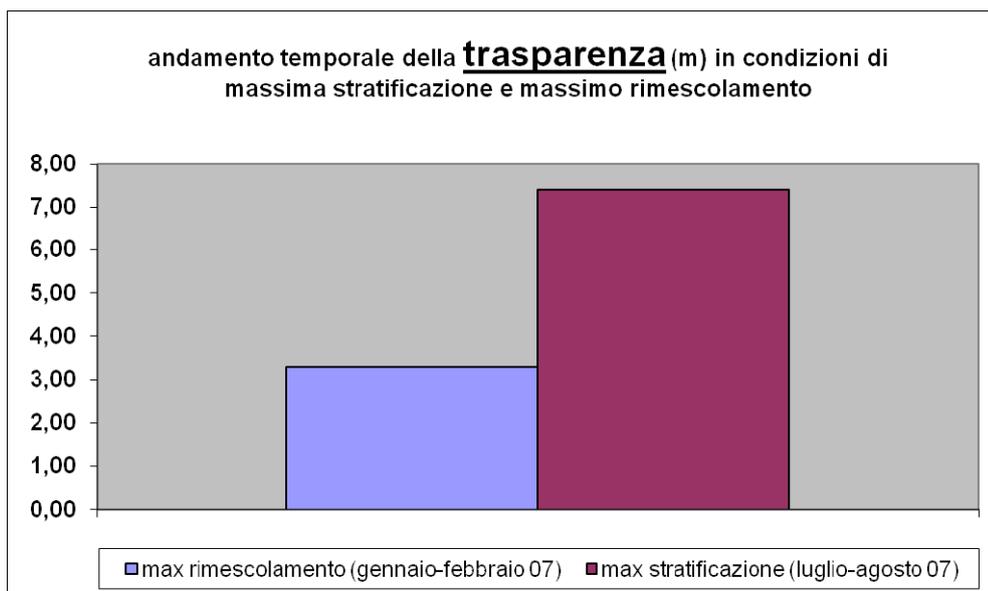
Nelle condizioni di massimo rimescolamento si osserva che la temperatura non subisce variazioni, né le subisce in modo significativo l'ossigeno disciolto. In condizioni di massima stratificazione, invece, la temperatura passa dal valore di 22 °C in superficie a quello di circa 7 °C sul fondo, con massimo decremento nel tratto compreso tra i 10 m e i 20 m di profondità. L'ossigeno disciolto mostra, proprio in questo tratto (10 – 20 m di profondità) un massimo di percentuale, per tornare alla normalità alla profondità di 30 35 metri e abbassarsi sensibilmente, fino a valori percentuali prossimi allo zero, alla profondità di 45 -50 metri.

Trasparenza

La trasparenza delle acque del lago varia da 1 metro a circa 8 metri e, tendenzialmente, si registrano valori più alti nei mesi più caldi dell'anno. Infatti nelle condizioni di massimo rimescolamento la trasparenza è nettamente inferiore che nelle condizioni di massima stratificazione. La trasparenza del lago sembra risentire delle precipitazioni piovose, come mostrato dal grafico, in cui ad ogni aumento di precipitazioni piovose corrisponde un abbassamento della trasparenza delle acque e viceversa. Nel mese di Ottobre 2007 a seguito della precipitazione di 200 mm di pioggia si è registrato un sensibile abbassamento della trasparenza delle acque.



Nei mesi più caldi dell'anno, in condizioni di bel tempo, le acque dell'immissario sono limpide e calde e, stratificando su quelle più fredde del lago agli strati inferiori, contribuiscono ad aumentare la trasparenza delle acque in superficie. Inoltre, essendo il lago lungo 2,5 chilometri e il punto di monitoraggio in prossimità della diga, ossia nel punto più lontano dalla confluenza dell'immissario, si ha ragione di credere che il rimescolamento verticale delle acque durante i mesi più freddi possa rispendere nella colonna d'acqua il materiale fine depositato sul fondo del lago.



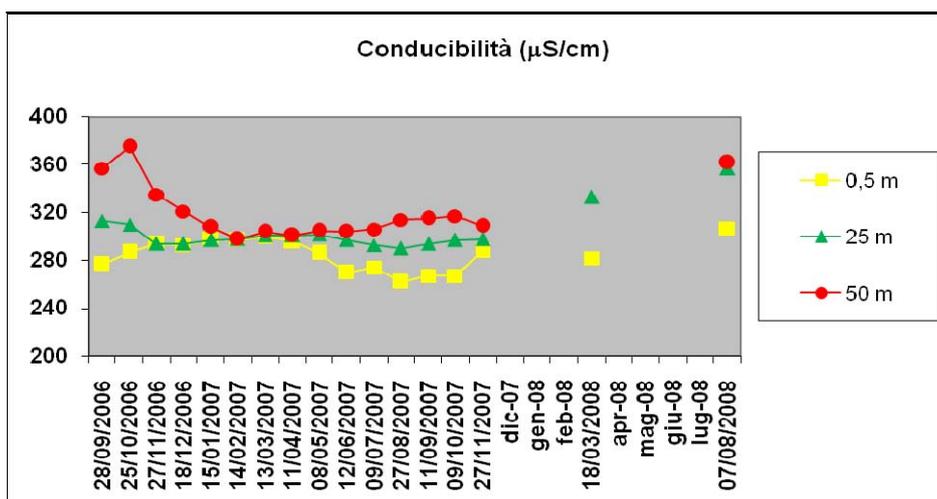
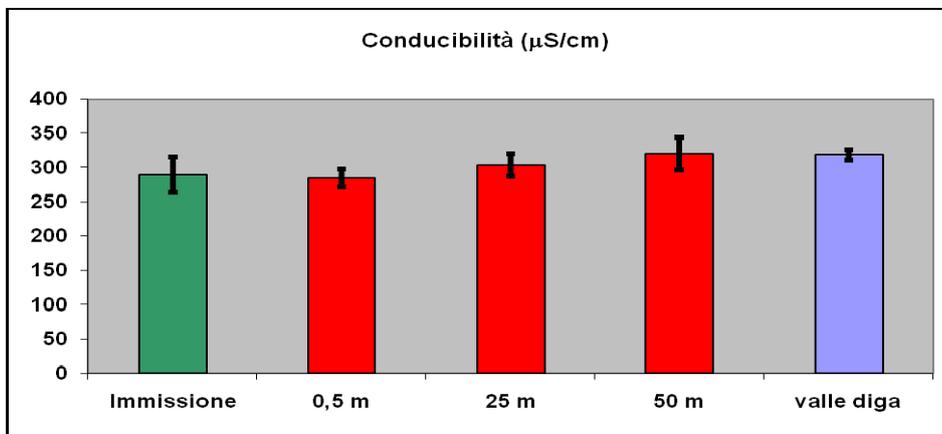
Conducibilità, pH e alcalinità

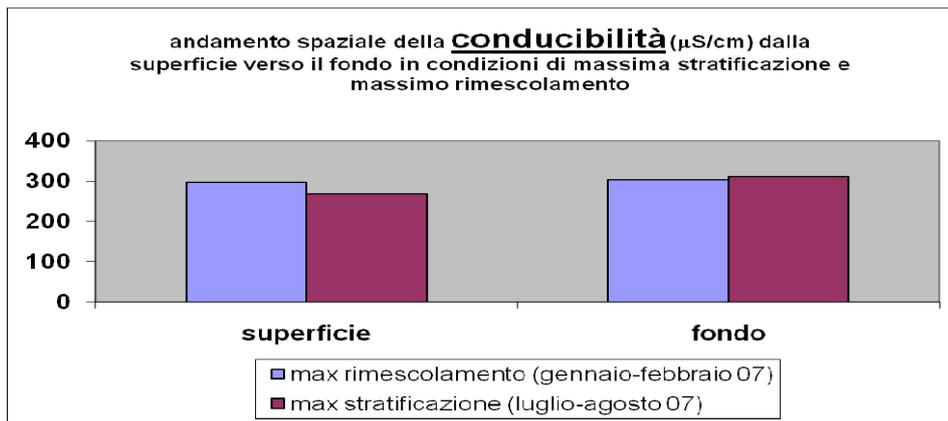
La conducibilità è la misura della salinità dell'acqua. L'andamento temporale della conducibilità sulle acque dell'immissario sembra risentire delle precipitazioni nevose e del conseguente scioglimento. Sembra che lo scioglimento delle nevi porti ad un aumento della conducibilità nelle acque dell'immissario, viceversa durante le precipitazioni nevose l'acqua dell'immissario presenta valori minimi di conducibilità, contrariamente alle attese.

L'andamento spaziale della conducibilità nella colonna d'acqua fa registrare aumenti significativi negli strati più profondi del lago. I valori della conducibilità, del pH e dell'alcalinità si completano a vicenda nella spiegazione d'insieme del fenomeno e ciò rappresenta una conferma dell'affidabilità dei dati ottenuti.

All'aumento della conducibilità sul fondo del lago corrisponde un aumento dell'alcalinità, ossia degli ioni bicarbonato (HCO_3^-), e un aumento della concentrazione idrogenionica (abbassamento del pH di mezza unità).

Il tutto può trovare una spiegazione plausibile nell'attività microbiologica nei sedimenti del lago che avviene, come visto precedentemente, a temperatura pressoché costante durante tutto l'anno, in condizioni anche anaerobiche, con produzione di diverse specie chimiche tra cui metano, acido solfidrico, ammoniacca e anidride carbonica. Quest'ultima specie chimica si solubilizza nell'acqua dando acido carbonico che cede uno ione H^+ e si trasforma in ione bicarbonato in equilibrio con il pH dell'acqua. Lo ione bicarbonato che prende origine dalle fermentazioni presenti sul fondo del lago contribuisce, quindi, ad incrementare l'alcalinità e la conducibilità e contemporaneamente ad abbassare il pH (aumentare la concentrazione idrogenionica). Tali incrementi sono misurabili soprattutto nelle condizioni di massima stratificazione, quando le specie chimiche che si producono sul fondo risalgono lentamente verso l'alto soltanto per diffusione.

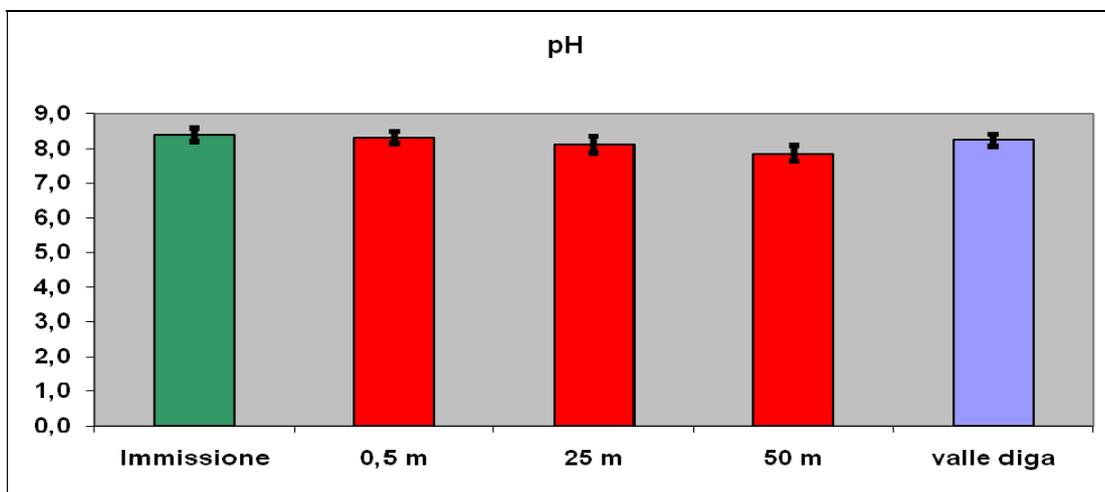


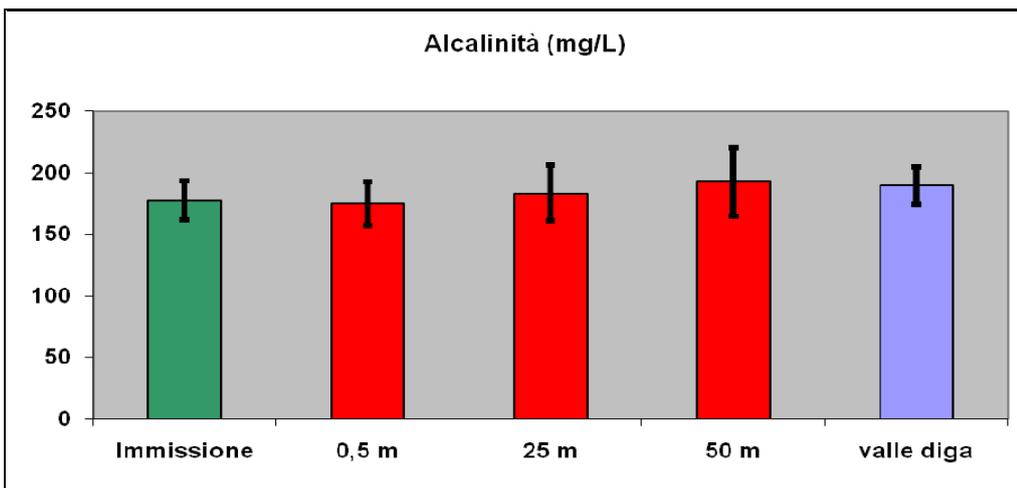
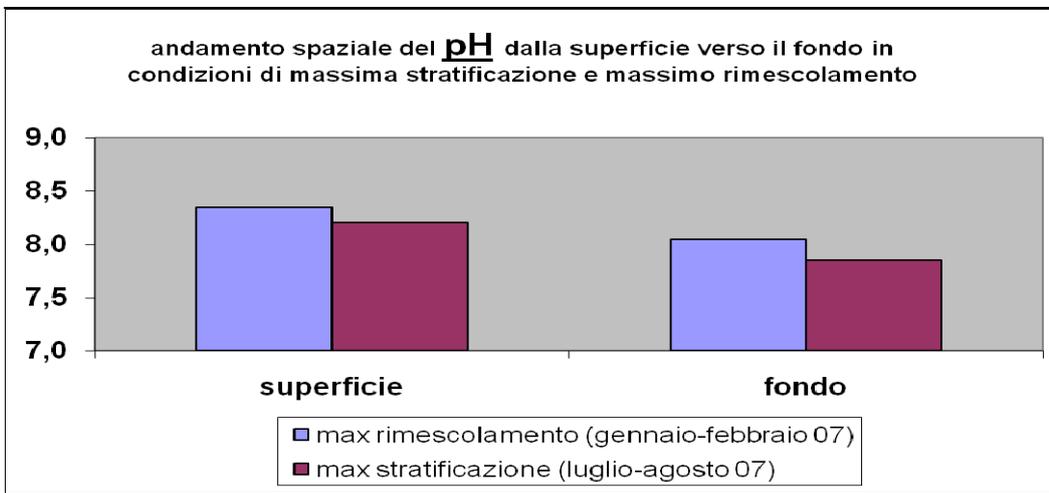
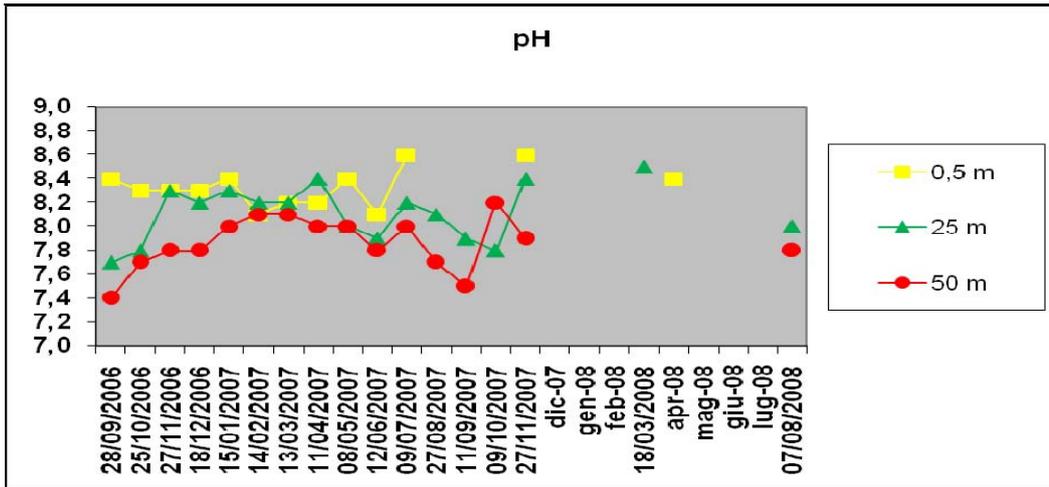


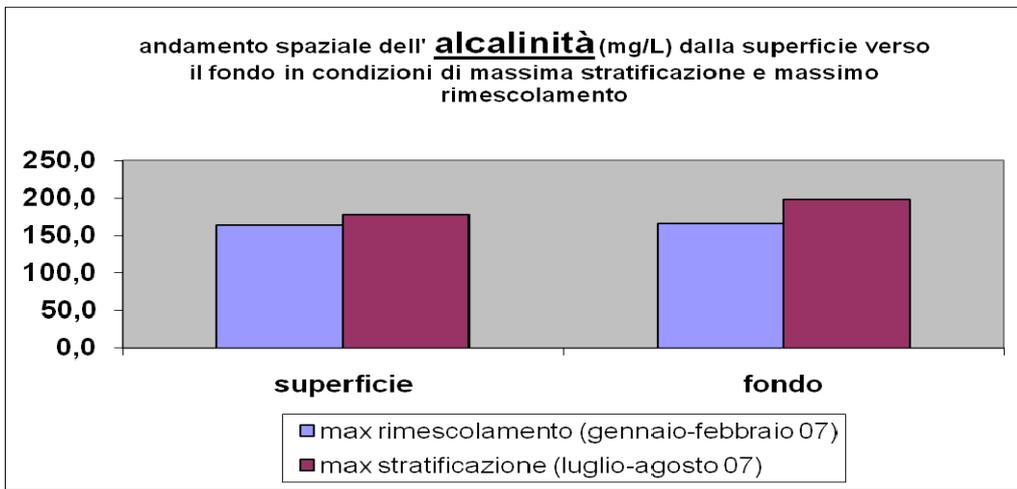
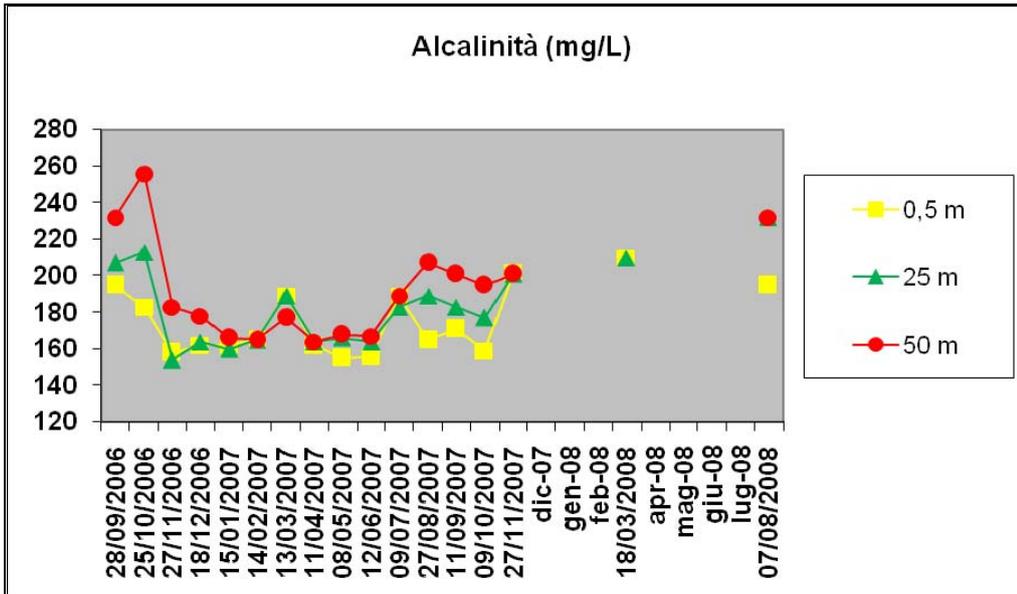
Per quanto concerne il pH, non si notano variazioni significative temporali mentre si notano quelle spaziali nella sezione verticale del lago.

L'acqua che alimenta il lago ha un pH di 8,4, quella del lago mediamente di 8,1 a causa del lento ricambio (138 giorni) e delle fermentazioni anaerobiche negli strati più profondi e nei sedimenti, soprattutto nei mesi più caldi.

L'anidride carbonica dell'aria che si scioglie nell'acqua sommata a quella che deriva dalle fermentazioni anaerobiche sul fondo del lago, abbassa di qualche decimo il pH dell'acqua.





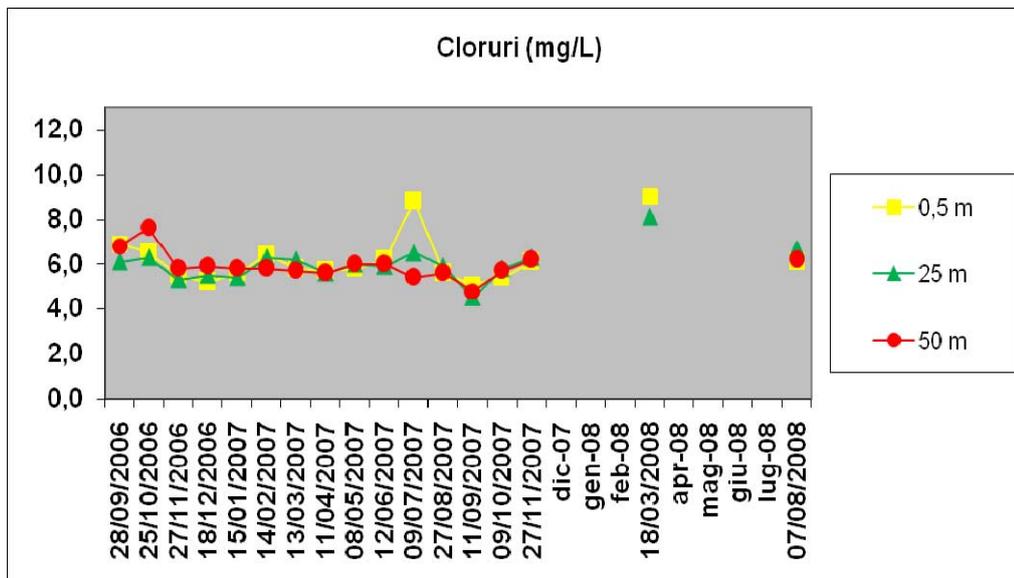
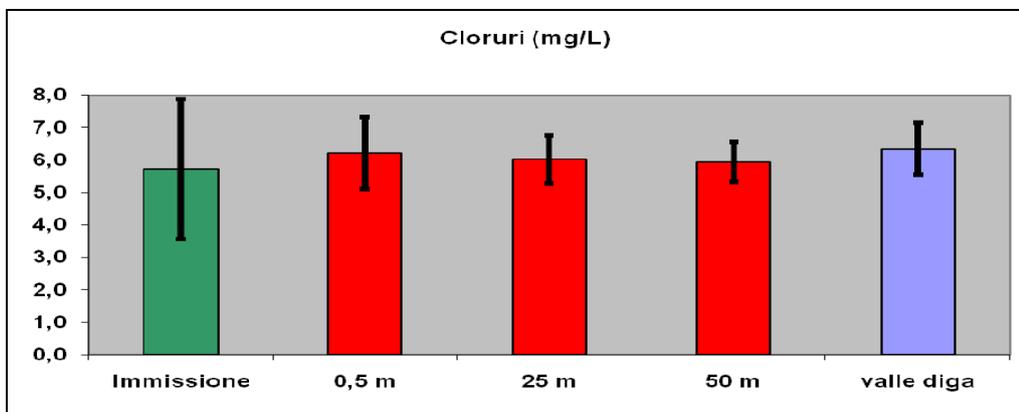


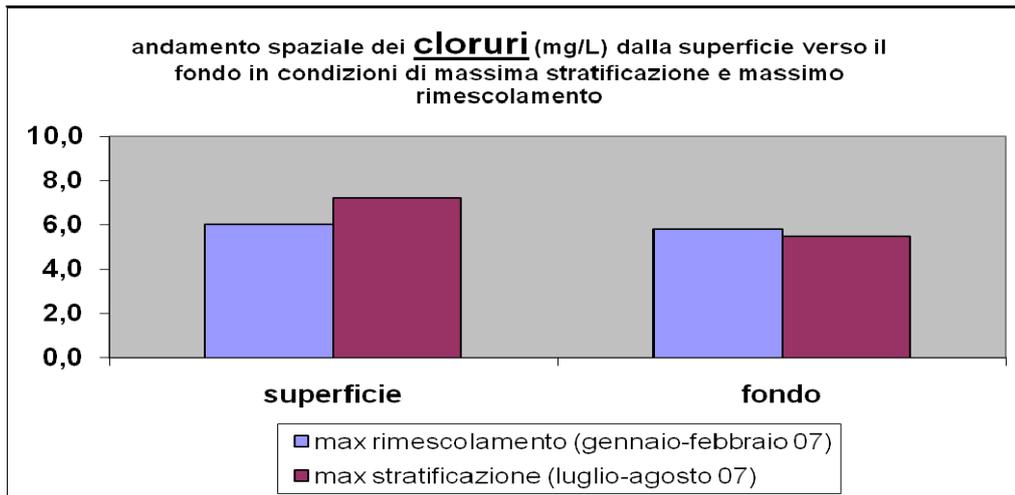
Cloruri

La concentrazione dei cloruri nel sistema acquatico in esame è molto bassa e presenta un andamento temporale e spaziale sostanzialmente piatto. Si registra una sola fluttuazione di concentrazione nel mese di agosto 2007 nell'acqua dell'immissario, probabilmente dovuta alla pressione antropica del lago nel periodo estivo.

Non si apprezzano differenze significative della concentrazione di cloruri in superficie e sul fondo in condizioni di massimo rimescolamento e massima stratificazione.

Il riscontro dei cloruri a bassa concentrazione conferma l'esigua pressione antropica della zona.

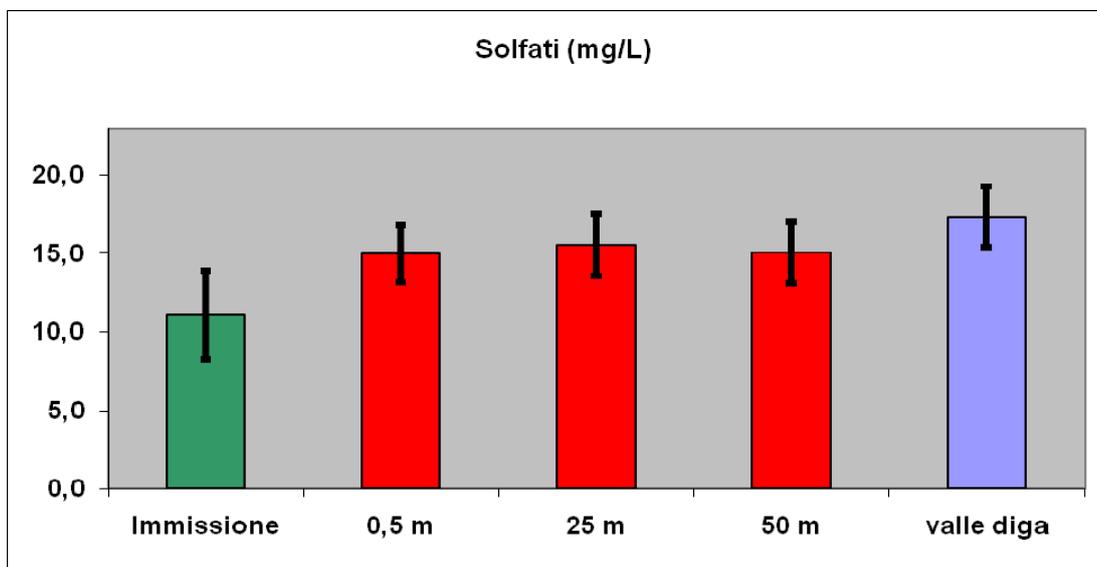


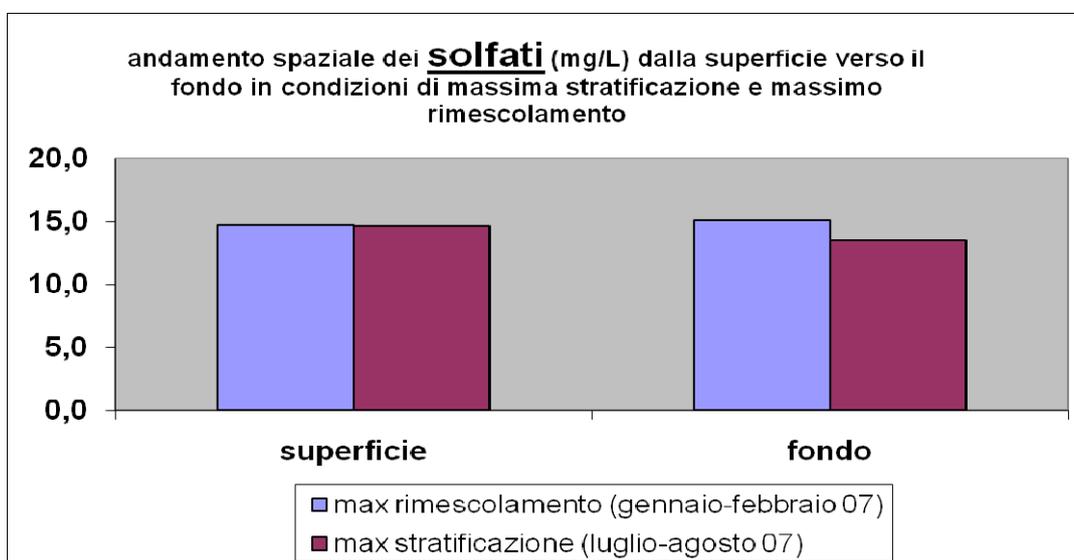
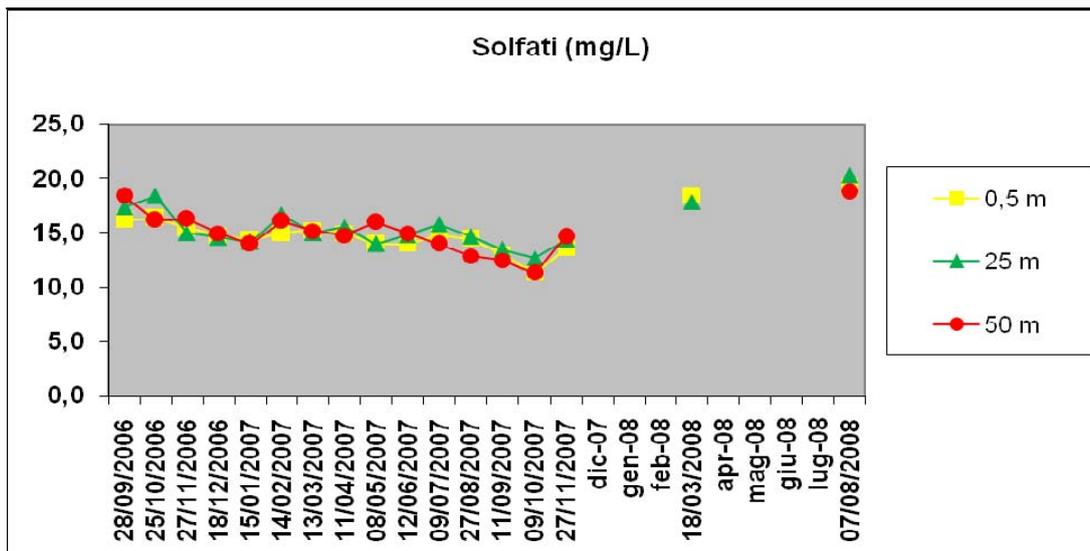


Specie chimiche dello zolfo

Solfati e acido solfidrico

La concentrazione dei solfati nelle acque dell'immissario è mediamente inferiore a quella riscontrata nelle acque del lago, dove non si apprezzano andamenti temporali e spaziali meritevoli di attenzione. Non si trova una spiegazione plausibile alla maggiore concentrazione di solfati nelle acque del lago rispetto alle acque dell'immissario





L'acido solfidrico determinato nelle acque sul fondo del lago non è stato mai rivelato. Tuttavia è bene precisare che tale specie chimica potrebbe essere presente nell'acqua in concentrazioni inferiori al limite di quantificazione di 100 µg/L che è quello del kit specifico adottato.

I contributi di zolfo nella colonna d'acqua, derivanti dalla demolizione della sostanza organica nei sedimenti, sono così modesti da non essere apprezzati analiticamente come solfati su una concentrazione di fondo troppo alta (14 mg/L)

In una sola occasione, sia pure fuori dai termini temporali dell'indagine svolta, è stata evidenziata, tramite il caratteristico odore pungente, la presenza nelle acque a 50 metri di profondità di anidride solforosa, ma si ignora, per ora, il meccanismo di formazione di tale specie chimica, ovvero se derivi dalla riduzione dei solfati o dall'ossidazione dello zolfo presente nei sedimenti.

Da un semplice bilancio di massa delle specie chimiche solforate risulta evidente che il quantitativo di zolfo presente nel sistema acquatico del lago, ossia quello dei solfuri e dello zolfo elementare presenti nei sedimenti, sommato a quello dei solfati sciolti nell'acqua, è largamente superiore allo zolfo che recapita nel lago tramite i solfati contenuti nelle acque dell'immissario.

C'è da supporre una fonte costante di zolfo che va ad alimentare il lago e per adesso l'attenzione è rivolta al notevole materiale organico di natura vegetale che annualmente arriva allo stesso.

Non può escludersi, tuttavia, la presenza sul fondo del lago di una sorgente di acqua solfurea posizionata in un punto così distante da quello monitorato da non coglierne gli effetti sulla composizione quali-quantitativa dell'acqua, ovvero non sono stati rilevati gradienti di concentrazione dei solfati o riscontrate altre specie chimiche solforate.

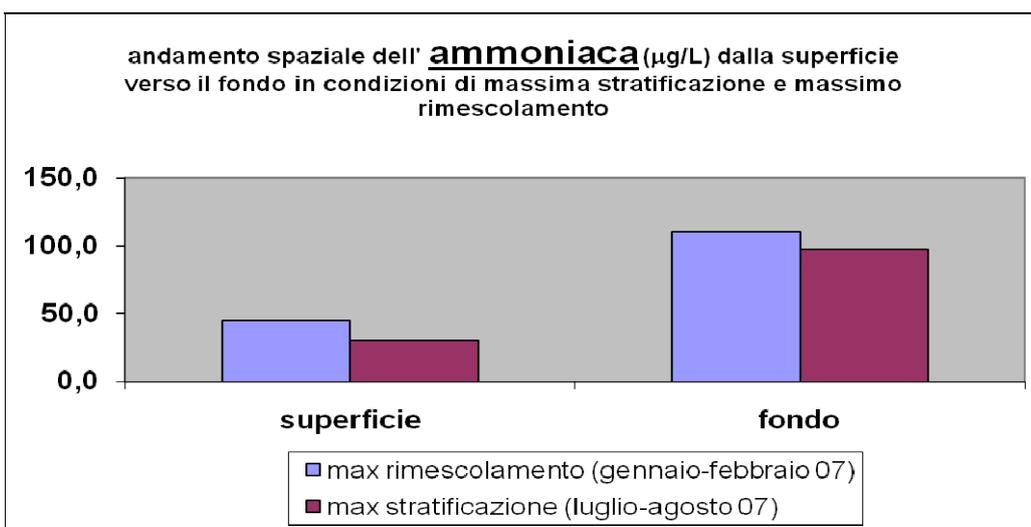
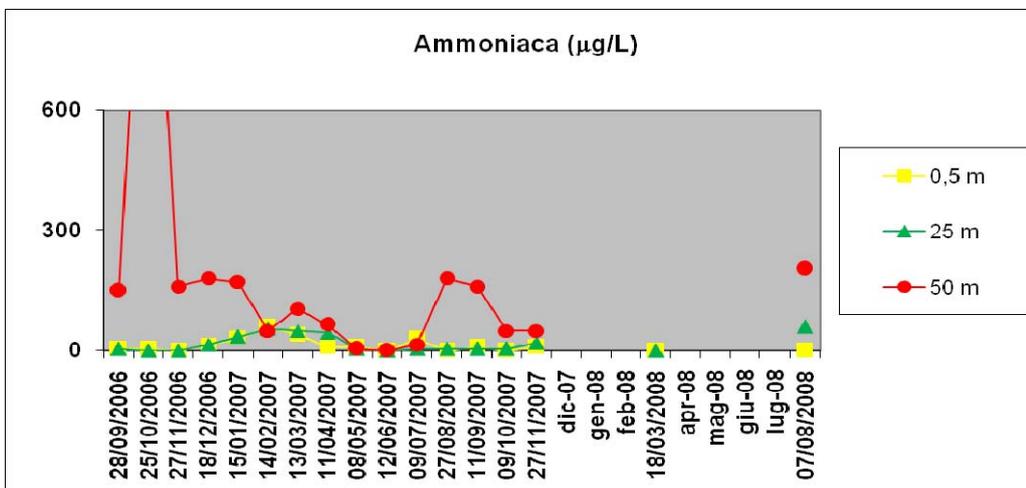
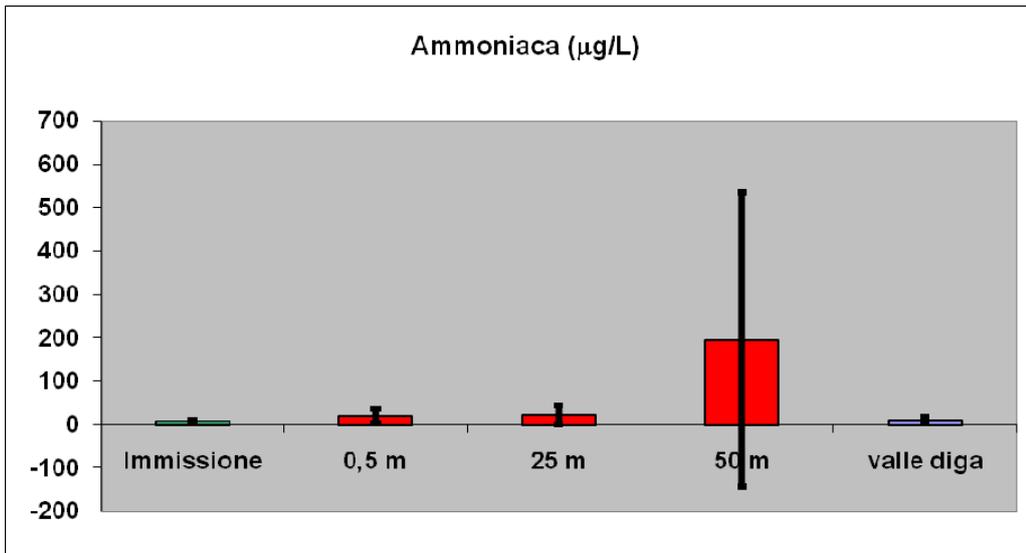
Specie chimiche dell'azoto

Azoto ammoniacale- azoto nitroso- azoto nitrico e azoto totale

Nelle acque del lago è rilevabile l'azoto nei suoi diversi stati di ossidazione.

L'azoto ammoniacale si riscontra a valori di concentrazioni veramente bassi, al livello di pochi $\mu\text{g/L}$ nelle acque di scorrimento dell'immissario e dell'emissario. Nelle acque superficiali del lago e in quelle di metà colonna il livello medio di concentrazione è di $22 \mu\text{g/L}$ ed è significativamente inferiore a quello registrato negli strati più profondi.

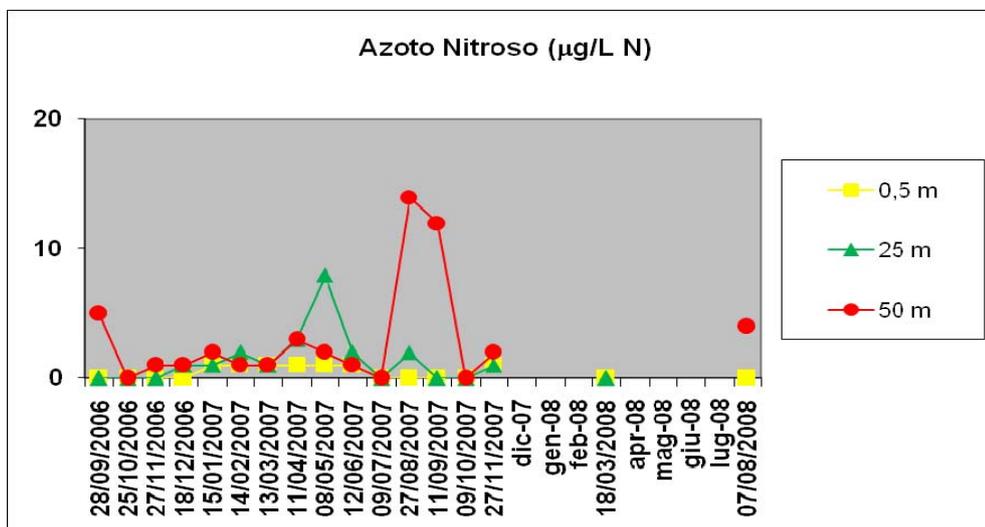
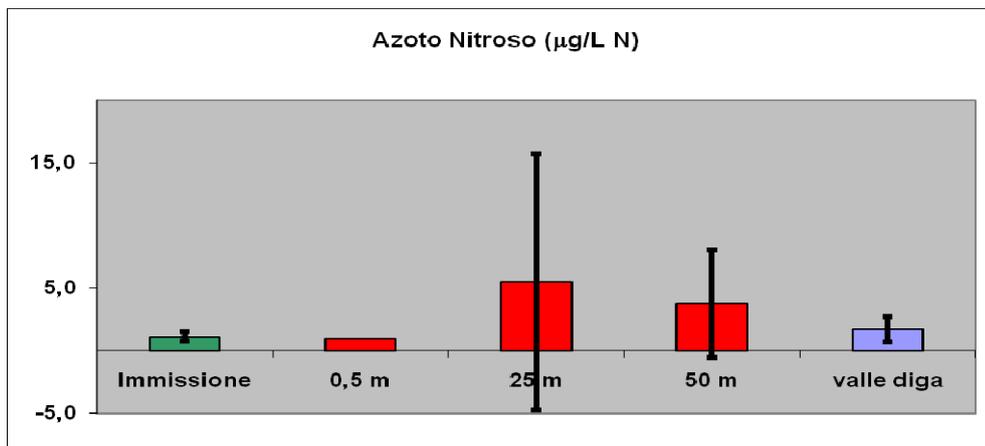
Infatti l'andamento spaziale della concentrazione di ammoniaca nella colonna verticale indica un netto aumento sul fondo del lago sia in condizioni di massimo rimescolamento che di massima stratificazione, come era anche logico attendersi per le spiegazioni date prima sulle attività microbiche nei sedimenti. I dati ottenuti evidenziano l'esistenza di una fonte di azoto nei sedimenti del lago costituita da materiale organico in lenta digestione in specie chimiche più semplici. Gli apporti di azoto ammoniacale e di azoto totale riconducibili ai residenti locali e alle attività agricole sono da considerarsi veramente esigui in raffronto alla capacità idraulica del lago e al materiale organico di origine naturale che vi arriva ogni anno al termine dei cicli vegetativi.

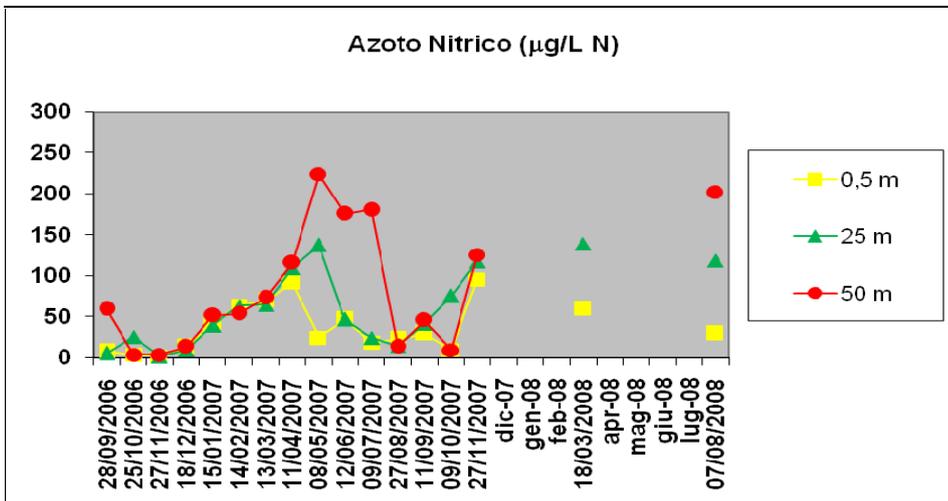
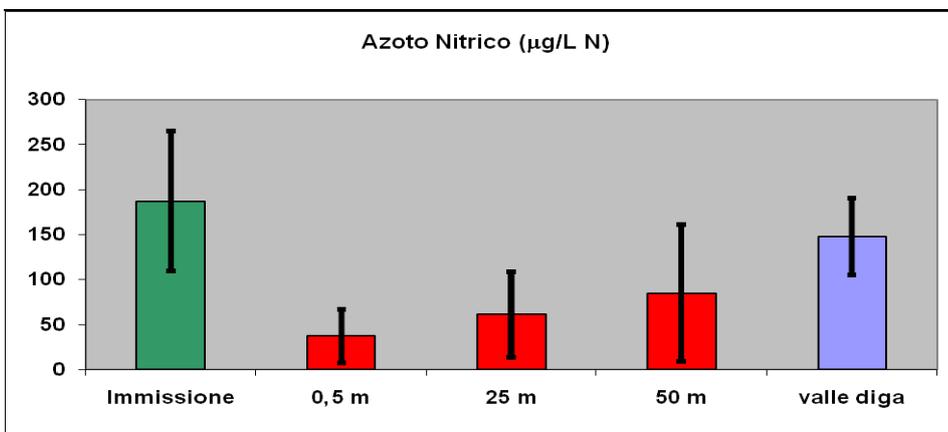
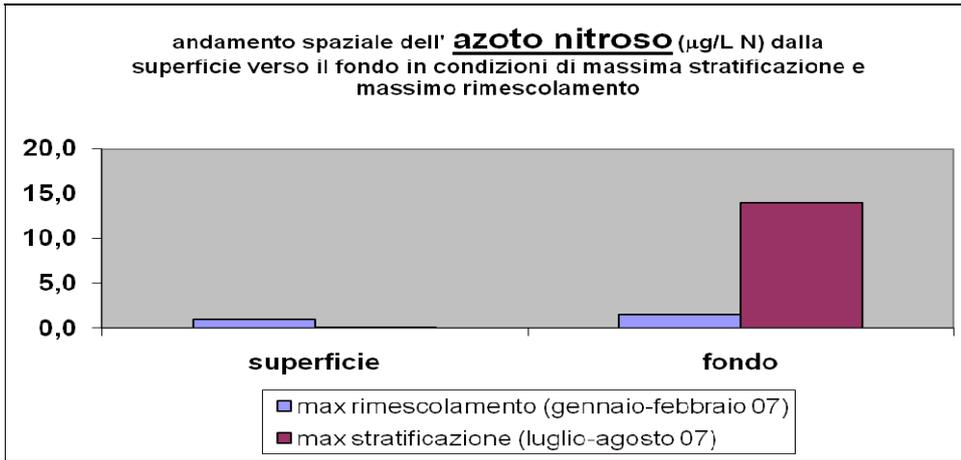


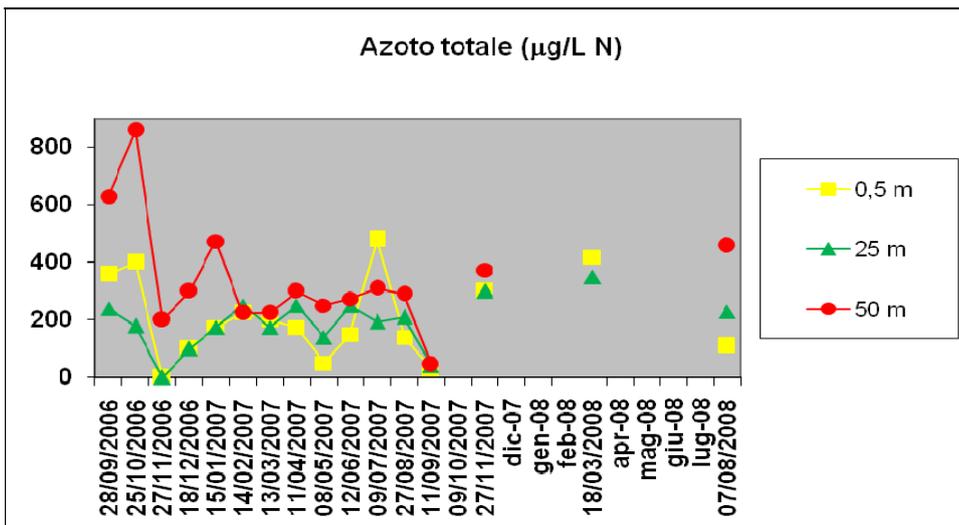
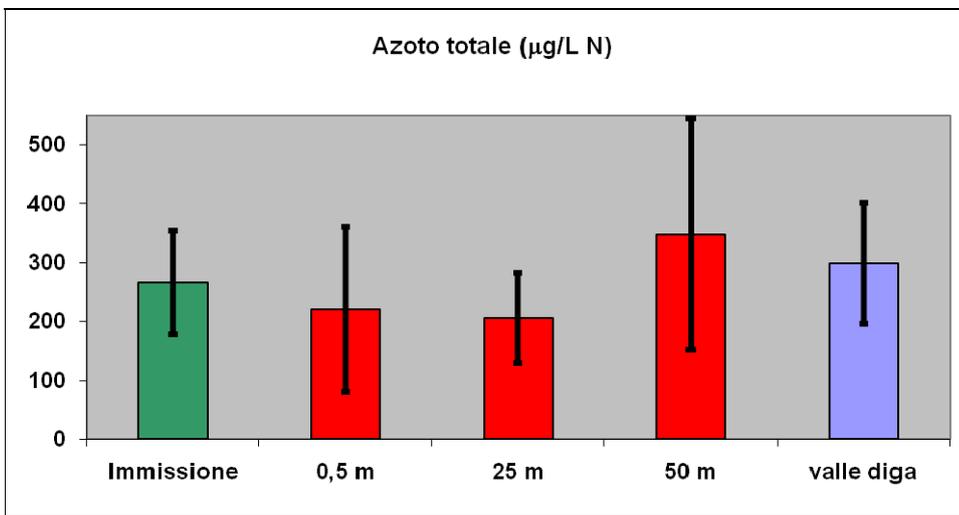
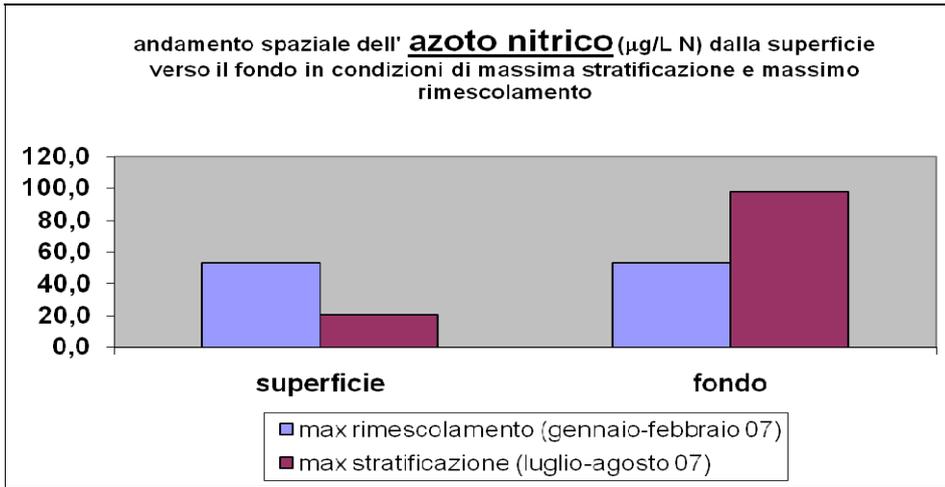
L'apporto medio di azoto nitrico tramite le immissioni è di 180 $\mu\text{g/L}$ (apporto totale pari a 4,5 tonnellate/anno), nell'acqua del lago tale concentrazione scende a qualche decina di $\mu\text{g/L}$ in

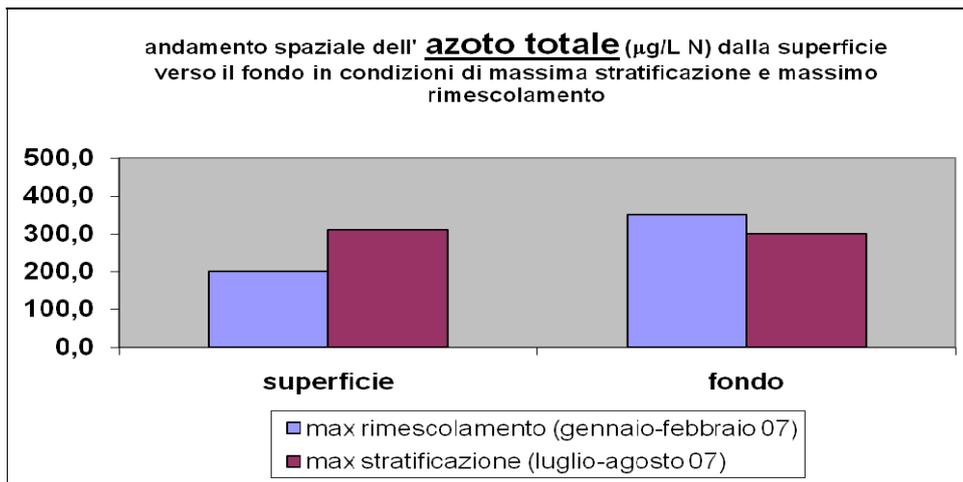
superficie e a circa 80 $\mu\text{g/L}$ sul fondo, ma dall'andamento spaziale nella colonna verticale, nelle condizioni di massima stratificazione delle acque, sul fondo si osserva, rispetto alla superficie, un netto aumento delle concentrazioni di azoto nitroso e nitrico di origine sicuramente endogena, ossia riconducibile alle trasformazioni biologiche dell'azoto totale e di quello ammoniacale negli strati più profondi del lago dove le zone anossiche si interfacciano e si mescolano con quelle dove è presente ossigeno.

Nelle condizioni di massimo rimescolamento le due specie chimiche sono presenti in modo uniforme su tutta la colonna verticale.









Specie chimiche del fosforo

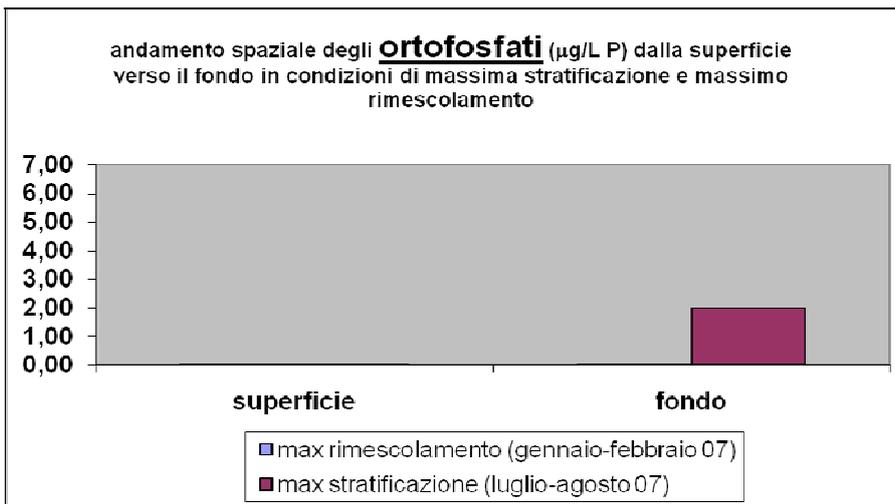
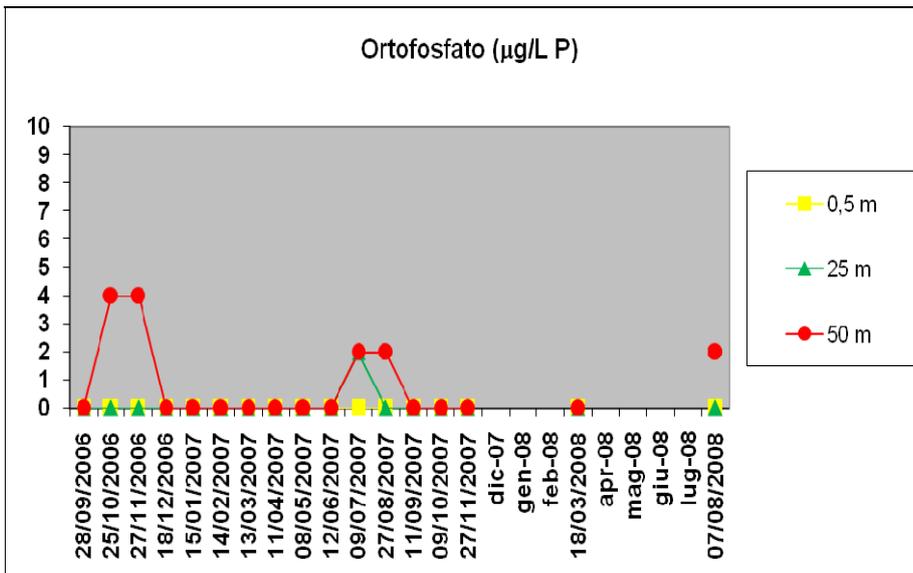
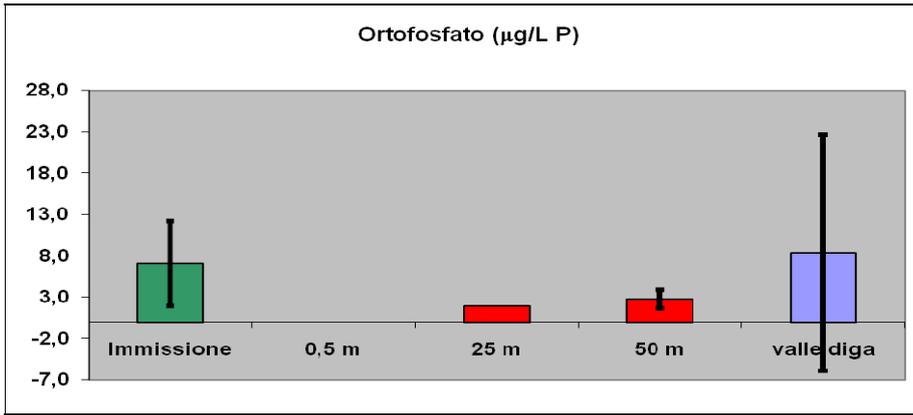
Ortofosfati e fosforo totale

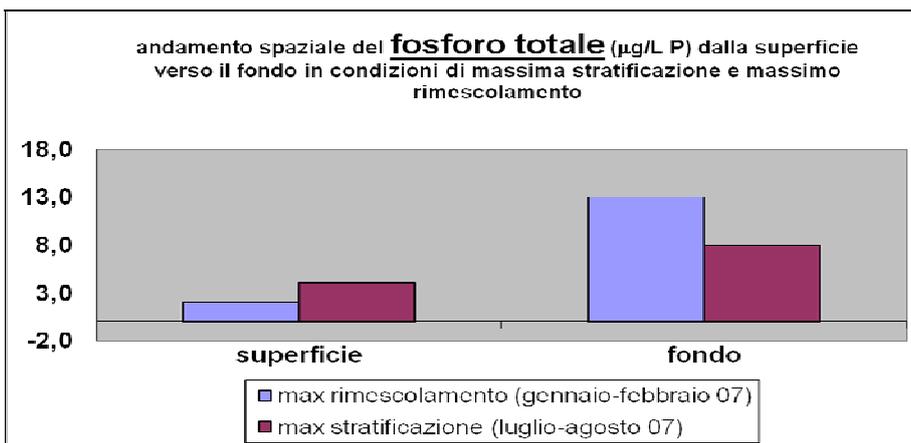
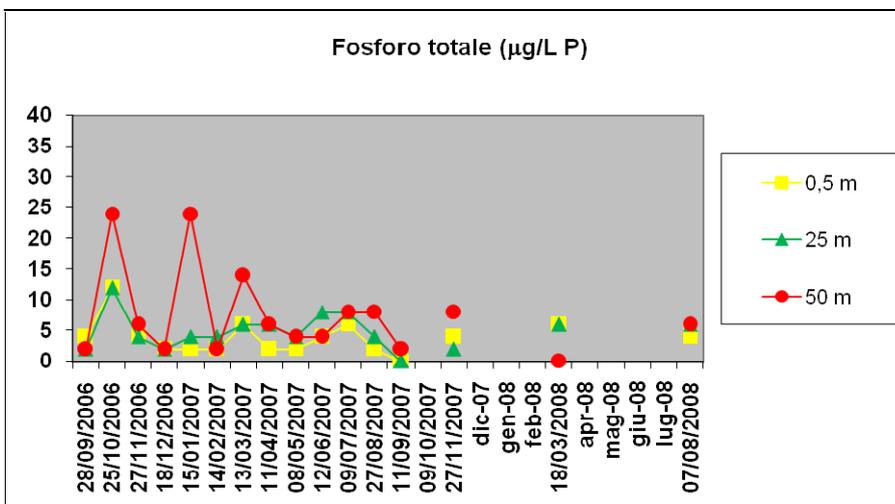
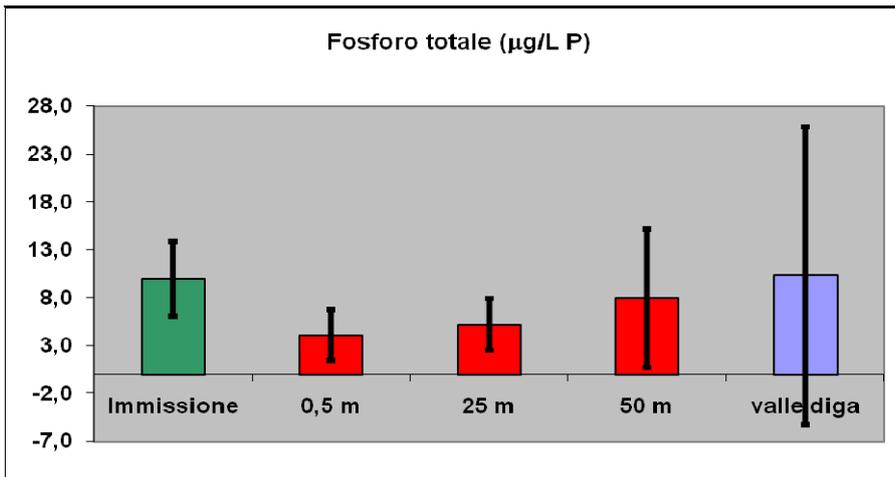
La concentrazione dell'ortofosfato nelle acque dell'immissario è mediamente di $6 \mu\text{g/L}$ ed è stato sempre rilevabile, tranne una volta. Nelle acque del lago si riscontrano sul fondo e soltanto nelle condizioni di massima stratificazione.

Il rapporto azoto-fosforo, quali nutrienti immediatamente utilizzabili, è spostato nettamente verso l'azoto ed è uguale a circa 100 sul fondo, nelle condizioni di massima stratificazione.

Il fosforo totale è rilevabile nelle acque dell'immissario e in quelle dell'emissario alla concentrazione media di $10 \mu\text{g/L}$, nelle acque del lago il livello di concentrazione riscontrato è più basso e l'andamento spaziale nella colonna verticale indica un aumento di concentrazione sul fondo. Tale dato, tuttavia, è da prendere in considerazione con le dovute cautele, in quanto non può escludersi con certezza l'interferenza dei sedimenti sollevati dal fondo del lago, sia pure solo in due occasioni, durante le operazioni di prelievo.

In ogni caso il rapporto azoto totale –fosforo totale presente nelle acque del lago è anche questo spostato nettamente verso l'azoto, essendo uguale a 44 ($220 \mu\text{g/L}$ di azoto tot. contro $5 \mu\text{g/L}$ di fosforo totale)

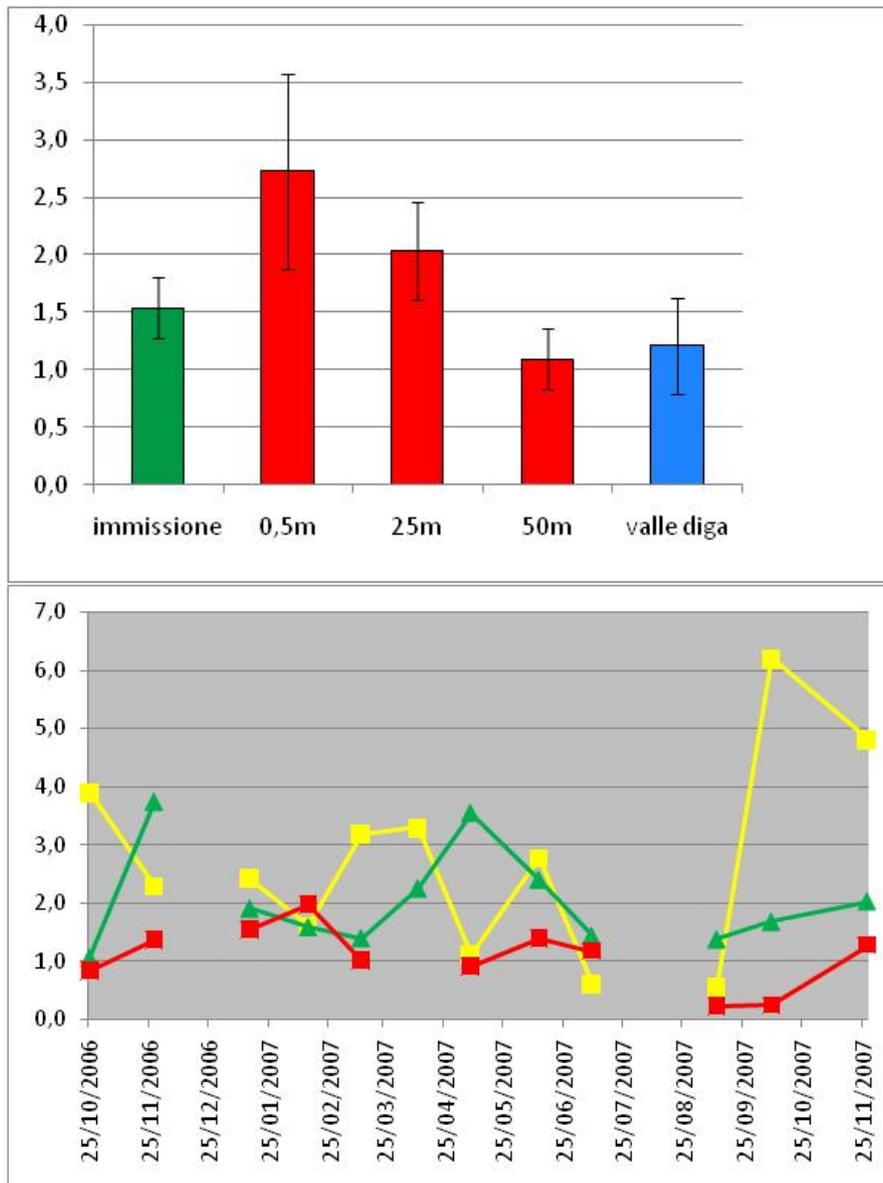




Clorofilla

La clorofilla “a” nei campioni di superficie ed in quelli a 25 m di profondità risulta a concentrazioni maggiori che in qualsiasi altro sito e varia tra 0,3 e 3,9 $\mu\text{g L}^{-1}$. Le concentrazioni maggiori, rilevate

in primavera ed in autunno hanno una scarsa corrispondenza con le fioriture di *P. rubescens*, tali valori sono quindi da attribuirsi alle diverse comunità fitoplanctoniche presenti nei campioni.



SEDIMENTI

Sono stati effettuati quattro campionamenti di sedimenti di cui, il primo nelle condizioni di massimo rimescolamento, gennaio 2007, il secondo a fine inverno, il terzo in autunno contestualmente all'ultimo effettuato sul letto dell'immissario coloratosi di rosso appariscente per un tratto di circa 300 metri. A novembre 2007 il livello del lago si era abbassato di circa 10 metri e aveva scoperto nella parte della confluenza dell'immissario, dove le sponde sono meno acclivi, una vasta area ricoperta di uno spesso strato di sedimenti.

Al momento del prelievo l'immissario scorreva tra sponde erose, alte da pochi decimetri fino a qualche metro, su alveo di colore rosso costituito da ghiaia e ciottoli eterogenei. Da indagini eseguite si è concluso che la colorazione rossa era dovuta alla precipitazione di idrossido di ferro riconducibile all'azione di ferrobatteri presenti sottoforma di ammassi mucilluginosi nei punti dell'immissario dove si verificavano ristagni di acqua.

Nei sedimenti del lago sono presenti sostanze organiche ossidabili chimicamente (COD) in considerevole quantità e ciò rappresenta una fonte importante di carbonio. L'azoto e il fosforo totale sono agli stessi livelli di concentrazione, intorno ai 1100 mg/Kg_{ss}. Lo zolfo è riscontrabile alla concentrazione di 15 -18 mg/Kg, mentre il ferro e il manganese alle concentrazioni rispettivamente di 25.000 e 550 mg/Kg_{ss}. Il ferro rappresenta quindi il 2,5 % in peso della composizione chimica dei sedimenti. I sedimenti del lago di Gerosa rappresentano quindi una consistente riserva di nutrienti che vengono liberati e distribuiti nella colonna d'acqua in modo diverso e in funzione degli andamenti temporali della temperatura, dell'ossigeno disciolto, del rimescolamento e della stratificazione delle acque, ovvero in funzione della stagionalità.

Per contro, i metalli pesanti, ovvero pericolosi, quali il mercurio, il cadmio, il piombo, il nichel e l'arsenico sono presenti in concentrazione che possiamo considerare di fondo per un ecosistema ritenuto non contaminato, come il lago di Gerosa.

Infatti, il mercurio non è rivelabile dalla procedura analitica adottata, il cadmio è presente alla concentrazione media di 0,4 mg/Kg_{ss}, l'arsenico a 4 mg/Kg_{ss}, il piombo sui 20 mg/Kg_{ss}, il rame e il nichel alla concentrazione di 40 mg/Kg_{ss}, lo zinco a quella di 80 mg/Kg_{ss} e tali valori sono sovrapponibili a quelli riscontrabili nei sedimenti e nei terreni di zone a scarsissima pressione antropica.

Gli idrocarburi totali sono rivelabili alla concentrazione media di 55 mg/Kg_{ss}, ma il tracciato gas cromatografico non presenta il caratteristico profilo degli I.T. o oli minerali impiegati come lubrificanti nei motori delle vetture, pur essendo il lago circondato da strade e recapito delle acque meteoriche di dilavamento.

Il tracciato gas cromatografico relativo agli I.T. presenta i picchi caratteristici di sostanze idrocarburiche naturali quali i terpeni, le cere ecc. Pertanto, il dato di 55 mg/Kg_{ss} risulta largamente sovrastimato.

Le sostanze organiche persistenti nell'ambiente e bioaccumulabili come gli IPA, i PCB e i pesticidi organo clorurati non sono praticamente rilevabili con la procedura analitica adottata. Quindi, alcuni

congeneri di IPA sono presenti al livello di concentrazione di 5 µg/Kg_{ss}, qualche congenere di PCB al livello di 0,2 µg/Kg_{ss} e i pesticidi organo clorurati, se presenti, lo sono in concentrazione inferiore a 0,1 µg/Kg_{ss}.

Quanto sopra conferma che il lago di Gerosa può essere considerato come sistema tipo di riferimento sottoposto a scarsa pressione antropica, nella valutazione di inquinamento ambientale di sistemi acquatici simili.

POPOLAZIONI FITOPLANCTONICHE E ZOOPLANCTONICHE

Nell'ambito del monitoraggio del lago di Gerosa, come risulta dai dati prodotti dall'UO dell'ARPAM, (a partire da novembre 2006, eseguito mensilmente per tutto il 2007, e due campionamenti di marzo ed agosto 2008) è stata osservata la presenza di altro fitoplancton (oltre alla Cianoficea *P. rubescens*) appartenente principalmente alle classi di Dinoficee e delle Diatomee.

In generale si può dire che nelle acque fresche primaverili, quando le acque sono ancora mosse, dominano le Diatomee, specie unicellulari, planctoniche, che non hanno flagelli ed il loro galleggiamento è passivo. Verso la stagione estiva esse tendono a precipitare sul fondo e cominciano a prevalere le Dinoficee, specie unicellulari, planctoniche, che prediligono le acque calde estive ed hanno meccanismi di galleggiamento attivo.

In autunno le acque superficiali si raffreddano e scendono al fondo e le acque leggere risalgono favorendo la fertilizzazione della massa d'acqua con i meccanismi detti sopra e la conseguente produzione di fitoplancton. Le acque fresche favoriscono il ritorno delle Diatomee non riescono a sostenere lo sviluppo massiccio delle Dinoficee che hanno bisogno di acque più calde. In inverno la temperatura è uniforme su tutta la massa d'acqua e su tutta la colonna ma le condizioni di luce e temperatura in genere non sono sufficienti per lo sviluppo di fitoplancton che rimane in numero abbastanza contenuto.

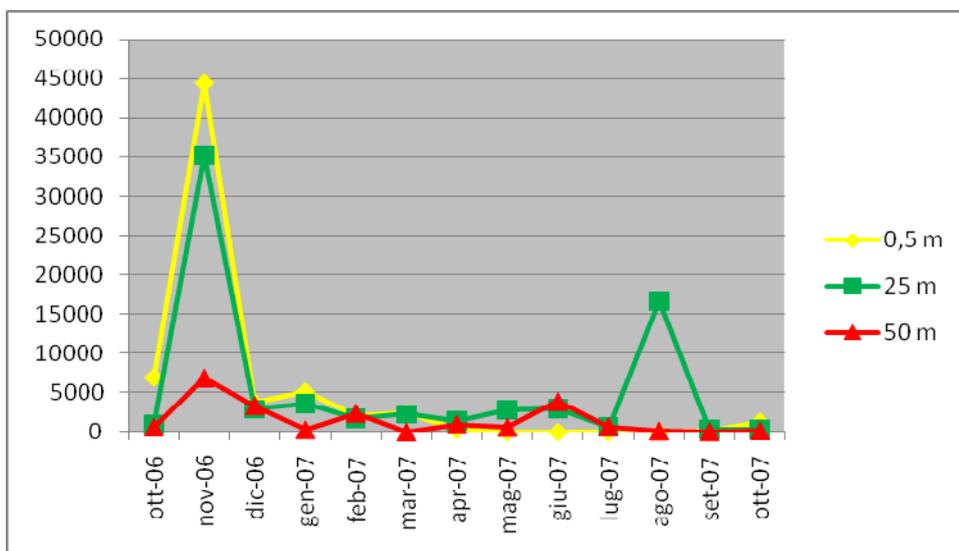
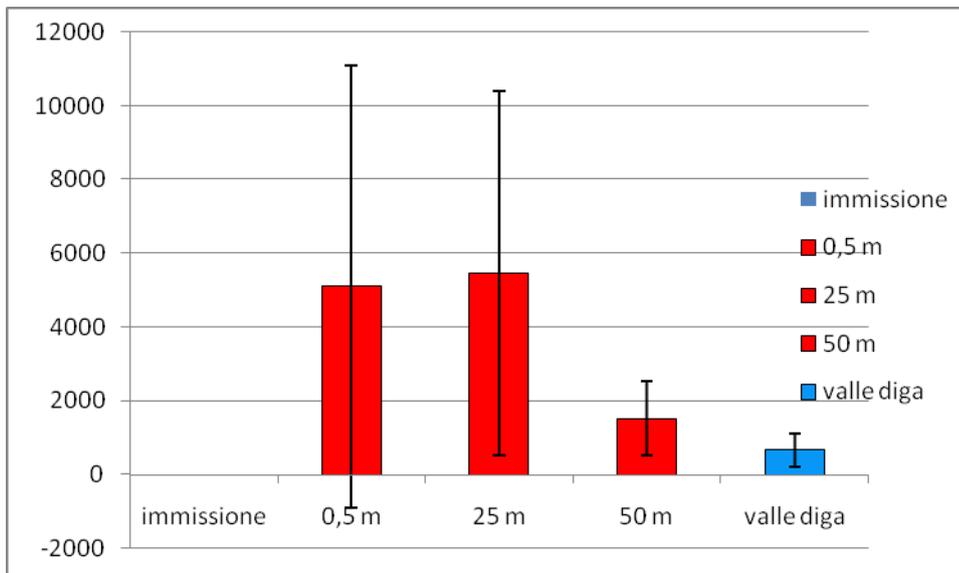
In genere più comunemente rinvenuto per quanto riguarda le Dinoficee è *Ceratium*, che possiede appendici per il galleggiamento passivo e due flagelli per il galleggiamento attivo e si sposta in relazione all'intensità luminosa. E' sempre predominante nei mesi estivi.

Per quanto riguarda le Diatomee i generi più rappresentativi sono: *Navicula*, *Asterionella*, *Amphora*, *Diatoma* *Cymbella*, *Cocconeis* e *Rhoicosphenia*, con differenze quantitative in base alla stagione ed alla profondità del prelievo.

DENSITÀ DI *PLANKTOTHRIX RUBESCENS*

Le conte di *P. rubescens* sono state effettuate da ARPAM e dall'U.O. dell'ISS. Si è preferito riportare le conte ottenute dall'U.O. dell'ISS in quanto in questo modo è reso più agevole il riferimento ai contenuti di cianotossine, analizzate appunto dall'U.O. dell'ISS. Dai dati ottenuti risulta che non è stata mai riscontrata la presenza di cellule della specie *P. rubescens* nelle acque dell'immissario. Le densità nell'emissario (valle diga) sono state sempre inferiori a quelle rilevate nel lago. Nei campioni di superficie invece *P. rubescens* è risultata presente dal mese di Ottobre 2006 fino al mese di Maggio 2007, con densità comprese tra le $6,55 \cdot 10^3$ cell L^{-1} a maggio 2007 e le $4,44 \cdot 10^7$ cell L^{-1} a novembre 2007.

A 25 m e densità di *P. rubescens* hanno oscillato tra le $2,84 \cdot 10^6$ cell L^{-1} di Aprile e le $3,52 \cdot 10^7$ cell L^{-1} di novembre. A 50 m invece le densità di *P. rubescens* hanno oscillato tra le $1,20 \cdot 10^6$ cell L^{-1} nel mese di Marzo 2006 e le $7,51 \cdot 10^6$ cell L^{-1} di Ottobre 2006.



ANALISI DEI CONTENUTI DELLE TOSSINE PRODOTTE DALLA *P. RUBESCENS*

Per la determinazione delle Microcistine (MC) sono stati impiegati metodi che prevedono l'utilizzo della cromatografia liquida accoppiata ad uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo (LC-MS/MS) utilizzato nella modalità di acquisizione Multiple Reaction Monitoring (MRM) che garantisce alte prestazioni sia in termini di sensibilità che di selettività. Tale analisi sono state effettuate dall'UO dell'ISS in collaborazione con il Prof. Antonio di Corcia e la Dr.ssa Sara Bogialli del Dipartimento di Chimica dell'Università di Roma "La Sapienza".

Si fa presente che al fine di predisporre un metodo di controllo rapido ed efficace per stabilire la tossicità delle fioriture dominate da *P. rubescens*, sugli stessi campioni analizzati in LC-MS/MS è stata effettuata, sempre dall'UO dell'ISS, la determinazione delle MC anche per mezzo di metodi immunoenzimatici (ELISA) la cui semplicità e rapidità di svolgimento consentono di fornire indicazioni tempestive per l'adozione di provvedimenti a tutela della salute umana.

Analisi delle MC mediante cromatografia liquida accoppiata ad un rivelatore di massa

I campioni sono stati congelati/scongelati (-20 °C) due volte con lo scopo di causare la lisi cellulare ed il conseguente rilascio in acqua delle cianotossine contenute nelle cellule, sono stati quindi filtrati su filtri in microfibra di vetro (Whatman GF/C) per rimuovere i detriti cellulari ed il particolato sospeso. Il campione filtrato (1L), è stato acidificato e quindi purificato e concentrato utilizzando un sistema automatizzato di estrazione in fase solida (Aspec XL, Gilson). Dopo aver aggiunto lo standard interno, l'eluato è stato portato a secco con flusso di N₂ e ripreso con 450 µL di una soluzione di H₂O/ CH₃CN (70:30, v/v), 50 µL dell'estratto finale è stato quindi iniettato in colonna.

Le condizioni strumentali sono state quindi ottimizzate iniettando in infusione soluzioni standard delle MC-LR, -RR, -YR, MC-LA e MC-LW, sono state inoltre ottimizzate le condizioni per la rilevazione delle MC-RR e MC-LR demetilate, per le quali attualmente non sono disponibili in commercio gli standard.

Per il metodo applicato è stato calcolato un limite di quantificazione (LOQ) compreso tra 2 ng/L (MC-RR) e 9 ng/L (MC-LW).

I risultati ottenuti sono riportati in tabella 1. Tra le varianti di MC testate la MC-LW, MC-LR and MC-LA non sono mai state rilevate al di sopra del limite di rilevabilità del metodo.

Le varianti rilevate con maggiore frequenza sono quelle demetilate (Dem-RR and Dem-LR), con una chiara predominanza della Dem-RR.

I campioni dell'immissario sono risultati tutti negativi al controllo per le MC (tali dati non sono stati quindi riportati in tabella).

La maggior parte dei campioni ha mostrato basse concentrazioni di MC, specialmente nei campioni prelevati a 50 m di profondità e nell'emissario.

Tabella 1. Concentrazioni espresse in ug/L

Superficie	<i>Ott-06</i>	<i>Nov-06</i>	<i>Dic-06</i>	<i>Gen-07</i>	<i>Feb-07</i>	<i>Mar-07</i>	<i>Apr-07</i>	<i>Mag-07</i>	<i>Giu-07</i>	<i>Lug-07</i>	<i>Sett-07</i>	<i>Ott-07</i>	<i>Nov-07</i>	<i>Mar-07</i>
<i>Dem-RR</i>	1.024	0.056	0.4	0.032	0.026	0.019	0.123	0.013	0.007	<LOQ	0.06		0.242	0.036
<i>RR</i>	nd*	0.002	nd	<LOQ	nd	nd	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ		nd	nd
<i>YR</i>	0.010	0.003	nd	0.003	0.002	0.002	nd	nd	nd	nd	nd		0.018	0.091
<i>Dem-LR</i>	0.005	0.003	nd	0.008	0.007	0.014	0.015	nd	<LOQ	nd	<LOQ		0.120	0.031
<i>LR</i>	nd	nd		nd	nd									
Totale	1.039	0.064	0.4	0.043	0.035	0.035	0.138	0.013	0.007	<LOQ	0.06	Non analiz.	0.38	0.158

25 m	<i>Ott-06</i>	<i>Nov-06</i>	<i>Dic-06</i>	<i>Gen-07</i>	<i>Feb-07</i>	<i>Mar-07</i>	<i>Apr-07</i>	<i>Mag-07</i>	<i>Giu-07</i>	<i>Lug-07</i>	<i>Sett-07</i>	<i>Ott-07</i>	<i>Nov-07</i>	<i>Mar-07</i>
<i>Dem-RR</i>	0.698	0.021	0.56	0.006	0.007	0.015	0.475	0.191	0.148	0.010	nd	<LOQ	0.16	0.050
<i>RR</i>	0.010	<LOQ	nd	<LOQ	nd	nd	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	nd	nd	nd
<i>YR</i>	0.003	Nd	nd	0.002	0.001	0.005	0.019	0.009	0.020	nd	nd	nd	0.011	nd
<i>Dem-LR</i>	0.003	<LOQ	nd	0.007	0.007	0.027	0.092	0.038	0.054	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.148	0.042
<i>LR</i>	nd	nd	nd	nd										
Totale	0.714	0.021	0.56	0.015	0.015	0.047	0.586	0.238	0.188	0.010	<LOQ	<LOQ	0.319	0.092

50 m	<i>Ott-06</i>	<i>Nov-06</i>	<i>Dic-06</i>	<i>Gen-07</i>	<i>Feb-07</i>	<i>Mar-07</i>	<i>Apr-07</i>	<i>Mag-07</i>	<i>Giu-07</i>	<i>Lug-07</i>	<i>Sett-07</i>	<i>Ott-07</i>	<i>Nov-07</i>	<i>Mar-07</i>
<i>Dem-RR</i>	0.001	0.022	0.066	0.001	0.018	0.012		0.049	0.309	0.028	0.039	<LOQ	0.03	
<i>RR</i>	nd	nd	nd	<LOQ	nd	<LOQ		<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	nd	nd	
<i>YR</i>	nd	nd	nd	nd	0.001	<LOQ		nd	0.018	nd	0.008	<LOQ	0.016	
<i>Dem-LR</i>	nd	nd	nd	nd	0.006	0.008		<LOQ	0.073	0.013	<LOQ	nd	0.025	
<i>LR</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Totale	0.001	0.022	0.066	0.001	0.025	0.02	Non analiz.	0.049	0.400	0.041	0.047	<LOQ	0.071	Non analiz.

Emiss.	<i>Ott-06</i>	<i>Nov-06</i>	<i>Dic-06</i>	<i>Gen-07</i>	<i>Feb-07</i>	<i>Mar-07</i>	<i>Apr-07</i>	<i>Mag-07</i>	<i>Giu-07</i>	<i>Lug-07</i>	<i>Sett-07</i>	<i>Ott-07</i>	<i>Nov-07</i>	<i>Mar-07</i>
<i>Dem-RR</i>		0.011	0.082	0.004	0.014	0.009	0.126	0.020	0.175	0.032	0.014			
<i>RR</i>		nd	nd	0.001	nd	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	nd			
<i>YR</i>		nd	nd	0.001	<LOQ	0.003	nd	nd	<LOQ	nd	nd			
<i>Dem-LR</i>		nd	nd	0.004	0.004	0.014	nd	<LOQ	0.037	0.013	nd			
<i>LR</i>		nd												
Totale	Non analiz.	0.011	0.082	0.010	0.018	0.026	0.126	0.020	0.212	0.045	0.014	Non analiz.	Non analiz.	Non analiz.

Analisi delle MC mediante Test ELISA

Per il test ELISA i campioni sono stati conservati a -20 °C per favorire il rilascio delle MC dalle cellule algali. Al momento delle analisi sono stati scongelati a temperatura ambiente e filtrati su filtri Sterivex da 0,2 µm. Il filtrato rispecchiante il contenuto totale di MC è stato analizzato con test ELISA (ENVIROLOGIX) seguendo le istruzioni del kit. Il kit utilizzato presenta 3 soluzioni standard le cui concentrazioni vanno da 0,16 a 2,5 ppb; il kit mostra un LOD di 0,147 ppb.

I risultati espressi come MC-LR equivalenti sono riportati in Tabella 2. Nel mese di dicembre, nei siti di superficie e 25 m sono stati riscontrati i valori più elevati di MC: 1,63 e 1,94 µg/L, rispettivamente. Tali valori risultano essere circa 4 volte superiori rispetto ai valori riscontrati negli stessi siti con i metodi chimici (vedi Tabella 1). E' interessante notare come questi valori non coincidano con la massima densità cellulare, che viene invece raggiunta nel mese di novembre ($4,4 \cdot 10^7$ e $3,5 \cdot 10^7$ cell/L per la superficie e 25 m, rispettivamente).

Tabella 2. Risultati ELISA espressi in µg/L

	nov-06	dic-06	gen-07	feb-07	mar-07	apr-07	mag-07	giu-07	lug-07
Immissario	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
Superficie	0,73	1,63	0,64	0,30	0,18	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
25 m	0,47	1,94	0,59	0,35	0,23	0,29	0,23	0,18	< 0,16
50 m	0,21	0,44	0,27	0,32	0,19	nd	< 0,16	0,28	< 0,16
Emissario	< 0,16	0,21	0,27	0,19	0,23	< 0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16

ANALISI DEI PESCI

Le analisi del contenuto di MC nei pesci (carpe e cavedani) pescati nelle acque del lago di Gerosa sono state effettuate presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Roma "La Sapienza" dal Prof. Antonio di Corcia e dalla Dr.ssa Sara Bogialli.

Le 8 diverse varianti di Microcistine (MC) ricercate sono state estratte dai tessuti muscolari di pesce di acqua dolce con la tecnica della Matrix Solid Phase Dispersion (MSPD). Per la identificazione e quantificazione delle tossine è stata utilizzata la cromatografia liquida ad alte prestazioni (HPLC) accoppiata ad uno spettrometro di massa (MS) tandem. Le condizioni sperimentali adottate seguono un protocollo pubblicato su rivista scientifica internazionale ("A simple assay for analyzing five Microcystins and Nodularin in fish muscle tissue: hot water extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry". S. Bogialli et al.. *J. Agric. Food Chem.* **2005**, 53, 6586-6592.)

I campioni sono stati sezionati ed è stato prelevato il tessuto muscolare. $1\pm 0,001$ g di tessuto muscolare di ogni campione è stato posto in un mortaio di porcellana e contaminato con 200 ng di Nodularina (NOD), utilizzata come analita surrogato (AS). Dopo 5 minuti sono stati aggiunti 5 g di cristobalite. Il campione è stato omogeneizzato fino ad ottenere una polvere secca. Per la preparazione di un bianco si è seguita la stessa procedura.

La cella è stata messa all'interno dell'apparato estrattivo a 80° C, per 10 minuti. Gli analiti sono stati estratti con 4 mL di soluzione acquosa a pH 2 per HCl al flusso di 1 mL. Sono stati aggiunti 50 ng di Trimethacarb (insetticida della classe dei carbammati) utilizzato come standard interno (IS) volumetrico. L'estratto è stato acidificato a pH 3,1 con 10 μ L di acido formico 10 M e filtrato su filtro in cellulosa rigenerata, di diametro pari a 25 mm e porosità pari a 0,2 mm (Alltech, Sedriano, Italia). 200 μ L dell'estratto sono stati iniettati al sistema cromatografo liquido/spettrometro di massa tandem.

Per assicurare le prestazioni del protocollo sono stati utilizzati due standard di qualità: l'AS, la NOD, è stata utilizzata come controllo di qualità (QC) per il processo estrattivo, in quanto strutturalmente simile alle tossine in esame e non prodotta dalle alghe presenti nel corpo idrico di Gerosa. Lo IS volumetrico è stato utilizzato come QC per il rivelatore mass-spettrometrico. In tutti i campioni analizzati i due QC hanno assicurato le prestazioni previste con una variazione totale relativa pari al 20%.

Le analisi effettuate sono state considerate affidabili se la concentrazione di AS riscontrata era pari al 75 ± 20 % di quella corrispondente alla contaminazione artificiale del campione. Tutti i valori dei segnali ionici sono stati normalizzati rispetto a quello dello IS. In tutti i 12 campioni analizzati, non sono state riscontrate tracce di alcuna delle 8 tossine oggetto di analisi. Di seguito vengono riportati i limiti di rivelazione del metodo:

microcistina-RR e 2 isomeri demetilati	2 ng/g
microcistina-YR	4 ng/g
microcistina-LR ed isomero demetilato	4 ng/g
microcistina-LA	4 ng/g
microcistina-LF	4 ng/g

La concentrazione delle MC nei campioni analizzati è inferiore ai rispettivi limiti di rivelazione.

DENSITÀ DELLE CELLULE BATTERICHE E MISURE DI ATTIVITÀ ECTOENZIMATICHE

Al di fuori delle attività previste dalla convenzione l'UO dell'ISS, durante l'anno di campionamento, su ogni stazione, ha effettuato le conte delle cellule batteriche e le misure di attività ectoenzimatiche, che forniscono indicazioni sul tasso di riciclo dei nutrienti, sulle interazioni fra gli organismi e la sostanza organica disciolta, sulle caratteristiche della sostanza organica disciolta stessa e sugli eventuali parametri che possono rappresentare fattori limitanti per la comunità.

I batteri sono stati contati in epifluorescenza, dopo fissazione con formaldeide (concentrazione finale 4%) e colorazione con DAPI (4'6'-diamidino-2-fenilindolo, concentrazione finale 1 g/mL) (Porter and Feig, 1980). Il DAPI si lega unicamente alla doppia elica di DNA ed è fluorescente in luce ultravioletta. 5 mL di campione fissati e colorati sono filtrati su filtro da 0,22 μm nero in policarbonato (diametro 25 mm) (Whatmann). Sono stati contati un minimo di 30 campi, per un numero minimo di 300 cellule, ad un ingrandimento di 1000x, con microscopio ad epifluorescenza (Olympus, BX51).

Per la misura delle diverse attività ectoenzimatiche potenziali (Leucina-Aminopeptidasi, α -Glucosidasi, β -Glucosidasi, N-Acetyl- β -Glucosidasi, Lipasi e Fosfatasi alcalina) è stata utilizzata una tecnica fluorimetrica (Hoppe, 1983). Sono stati utilizzati substrati legati covalentemente ad un fluorocromo (7-amino-4-metilcumarine o AMC e metilumbelliferone o MUF), che diventa fluorescente dopo la divisione enzimatica del complesso molecolare. La misura dell'incremento di fluorescenza nel tempo è una misura indiretta dell'attività enzimatica. I substrati sono stati aggiunti in concentrazioni saturanti variabili tra 100 e 250 μM e le incubazioni duravano fra 1 e 2 ore. I risultati sono espressi in $\text{nmol AMC/MUF L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ dopo lettura di una curva di calibrazione con MUF e AMC. I saggi sono stati effettuati in piastre sterili da 96 pozzetti (Costar, USA), con un fluorimetro modello Wallac Victor², PerkinElmer, alla lunghezza d'onda di 355/460 (ex/em).

Per la determinazione della clorofilla-“a” è stato utilizzato il metodo di estrazione con etanolo e successiva determinazione in fluorescenza (Jespersen & Christoffersen, 1987). I campioni d'acqua prelevati nei diversi siti sono stati filtrati su filtri GF/F (porosità nominale 0,7 μm) (Whatman). I filtri vengono posti in provette di vetro per fluorimetro, e lasciati al buio per 24 ore in 6ml di etanolo al 96%; le letture sono state effettuate con un fluorimetro TURNER 10-AU-005, alla lunghezza d'onda di 450/570 (exc/em).

L'abbondanza batterica, durante l'anno di campionamento, varia nel lago e nell'emissario tra un minimo di $4 \cdot 10^8$ cell L⁻¹ ed un massimo di $20 \cdot 10^8$ cell L⁻¹, in superficie in Luglio, abbondanze confrontabili con altri laghi mesotrofici ed oligotrofici.

La clorofilla-a è risultata più alta in superficie e a 25m rispetto agli altri siti, e la sua concentrazione varia da un minimo di 0,30 (Settembre'07) ad un massimo di 6,20 µg/L (Ottobre'07). I valori più alti di clorofilla corrispondono ad una ricca comunità fitoplanctonica costituita da una popolazione mista di diatomee, cianobatteri, alghe verdi e criptofite.

L'attività Aminopeptidasica, sempre alta durante tutto l'anno, sembra dipendere da *P. rubescens*, in quanto sono positivamente correlate e il massimo di attività ($3039,90 \text{ nmol C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) coincide con il periodo della sua massima fioritura, in novembre L'attività Fosfatasica alcalina raggiunge il massimo in Aprile ($680,43 \text{ nmol P} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), e una correlazione positiva con la clorofilla suggerisce un importante ruolo della comunità fitoplanctonica, oltre alla comunità batterica, nel riciclo di fosforo in condizioni di limitazioni. D'altra parte la concentrazione di ortofosfato nel lago è quasi sempre al di sotto del livello di rilevabilità, mentre i valori di fosforo totale oscillano fra 2 µgL^{-1} e 58 µgL^{-1} ed indicano una componente organica importante e disponibile per essere utilizzata dopo mineralizzazione. Le altre attività enzimatiche sembrano essere più legate alla comunità batterica eterotrofa e presentano lo stesso andamento in tutti i siti di campionamento. Per quanto riguarda le attività Glucosidasiche si ha un picco nel periodo di Giugno in tutti i siti, con valori più alti nell'emissario; l'attività Lipasica è l'unica attività significativa nell'immissario, dove raggiunge il massimo in Luglio ($9807,97 \text{ C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), anche se i valori nel lago e nell'emissario sono comunque elevati in estate ($3306,67$ e $4364,99 \text{ C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ rispettivamente) e rimangono importanti durante il resto dell'anno con valori medi di $539,37$ e $1605,825 \text{ C} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ rispettivamente.

I valori di attività enzimatica misurati evidenziano un elevato tasso di riciclo da parte delle comunità residenti; questo implica che anche se i valori dei nutrienti nelle forme utilizzabili dagli organismi (fosfati, nitrati, nitriti e ammoniaca) a volte sono risultati al di sotto delle soglie di rilevabilità, la comunità planctonica è in grado di sopperire a queste carenze con un'intensa attività di rimineralizzazione.

INDAGINI MOLECOLARI

Al di fuori delle attività previste dalla convenzione l'UO dell'ISS ha inoltre effettuato l'identificazione di *Planktothrix* come specie dominante attraverso amplificazione della regione dello spaziatore intergenico dell'operone della ficocianina (PC-IGS) utilizzato per la classificazione tassonomica del genere. Con lo stesso tipo di tecnica è stato possibile escludere la presenza di

Microcystis, anche in quantità minime, difficilmente rilevabili con la semplice analisi morfologica al microscopio.

Attraverso l'applicazione di tecniche di Real-time PCR, amplificando geni specifici nel cluster della biosintesi delle microcistine (*mcyA*, *mcyB* e *mcyE*), è stato possibile quantificare la percentuale degli individui in grado di produrre tossina all'interno della popolazione di *Planktothrix* presente nel lago.

Sulla base dei campioni analizzati (Tab.3 e 4) è possibile rilevare come, in corrispondenza della maggiore densità cellulare (Novembre) la percentuale di individui del ceppo 'tossico' nella popolazione in superficie è significativamente più bassa ($\approx 30\%$) se confrontata con i mesi successivi ($\approx 60-70\%$). Questa caratteristica potrebbe essere responsabile, almeno in parte, dello sfasamento di circa un mese tra la massima densità cellulare (Novembre) e il picco del contenuto totale di microcistine (Dicembre). I risultati indicano chiaramente che il solo parametro della densità cellulare non è sufficiente per poter identificare le situazione a maggior rischio espositivo.

Tab.3 Risultati dei campioni di superficie sottoposti ad indagini molecolari

	Ottobre		Novembre		Dicembre		Gennaio		Febbraio	
Microcistine ($\mu\text{g/L}$)	ELISA	-	ELISA	1.28	ELISA	2.04	ELISA	1.15	ELISA	0.48
	LC/MS/MS	1.04	LC/MS/MS	0.064	LC/MS/MS	0.40	LC/MS/MS	0.043	LC/MS/MS	0.040
Cell/l (10^6)	6.8		44		12		8.0		3.7	
qPCR <i>mcyB</i> vs <i>Pc</i>	0.79		0.31		0.64		0.55		0.62	
<i>mcyB</i> -cell/L (10^6)	5.4		14		7.7		4.4		2.3	

Tab.4 Risultati dei campioni di profondità sottoposti ad indagini molecolari

		qPCR <i>mcyB</i> vs <i>Pc</i>	Cell/l	<i>mcyB</i> -cell/L
Ottobre	Superficie	0.79	6.8×10^6	5.4×10^6
	- 25 m	1	1.8×10^7	1.8×10^7
	- 50 m	1	7.5×10^6	7.5×10^6
Novembre	Superficie	0.31	4.4×10^7	1.4×10^7
	- 25 m	0.92	3.5×10^7	3.2×10^7
	- 50 m	0.65	6.8×10^6	4.4×10^6

IMPLEMENTAZIONE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO NEL LABORATORIO ARPAM DIPARTIMENTO DI ASCOLI PICENO.

Al fine di avere informazioni utili e dirette sul rischio per la salute connesso alla presenza dell'alga *P. rubescens* nelle acque del lago, è stato implementato il monitoraggio delle acque con la determinazione strumentale delle microcistine totali.

Il Dipartimento ARPAM di Ascoli Piceno si è dotato di uno spettrofotometro VICTOR³ della Perkin Elmer in grado di effettuare tale determinazione e in futuro, pertanto, le risposte analitiche relative alle acque del lago di Gerosa saranno complete del numero di cellule di *P. Rubescens* e del quantitativo della eventuale tossina (microcistina) riscontrata.

CONCLUSIONI

Nel mese di Ottobre del 2006 si è verificata una fioritura di *P.rubescens* riconoscibile anche dall'ispezione visiva. Sfortunatamente non è stato possibile analizzare il campione prelevato da questa fioritura per un disguido organizzativo, mentre la fioritura campionata nel mese di Ottobre 2007 ha mostrato livelli di tossine modesti (0,121 µg/L).

Le analisi dei contenuti delle tossine nei campioni d'acqua effettuate attraverso LC-MS/MS sono risultate, con un'unica eccezione nel mese di Ottobre 2006 (1,039 µg/L), sempre al di sotto del valore di linea guida di 1 µg/L proposto dall'OMS per l'acqua potabile. Le analisi effettuate con il kit ELISA da Novembre 2006 fino a Settembre 2007 hanno mostrato superamenti dei limiti proposti dall'OMS nel mese di Novembre in superficie (1,28 µg/L) e nei mesi di Dicembre 2006 e Gennaio 2007 sia nei campioni di superficie (2,04 e 1,15 µg/L rispettivamente) che a 25 m di profondità (2,18 e 1,07 µg/L rispettivamente). I livelli superiori di microcistine rilevati con il kit Elisa rispetto alla LC-MS/MS potrebbero essere dovuti alla presenza di congeneri non rilevati con il metodo LC-MS/MS oppure di coniugati, probabilmente non tossici, che comunque contengono il gruppo adda (un amminoacido specifico delle microcistine), che viene rilevato con il kit.

I dati analitici ottenuti nel corso di questa indagine mostrano che i livelli delle tossine prodotte da *P. rubescens* nel periodo d'interesse per le attività di balneazione non rappresentano un rischio sanitario apprezzabile. La fioritura superficiale di questo cianobatterio verificatasi in ottobre non ha rilevanza da un punto di vista sanitario in relazione alle attività di balneazione.

Per ciò che concerne i livelli di microcistine nei pesci, i dati analitici disponibili mostrano che il consumo delle parti eduli dei pesci analizzati non rappresenta un rischio apprezzabile per la popolazione. Tuttavia, il numero dei campioni analizzati è esiguo e poco rappresentativo delle variazioni stagionali in riferimento alle dinamiche delle popolazioni di *P.rubescens* e della produzione di microcistine. Pertanto è raccomandabile che queste indagini vengano ulteriormente

sviluppate in particolare riferimento alle situazioni nelle quali le densità di questo cianobatterio sono particolarmente elevate.

I livelli di cianotossine riscontrati nelle acque dell'emissario sono risultati molto bassi pertanto il loro utilizzo per l'irrigazione di colture vegetali non rappresenta motivo di preoccupazione. Anche per questi dati è opportuno far presente che si riferiscono ad un solo anno e che sarebbe auspicabile la loro conferma con ulteriori indagini.

Per quanto riguarda i meccanismi con cui le specie *chimiche nutrienti* arrivano al lago o si formano e distribuiscono nella massa d'acqua, alla luce dei risultati ottenuti e dalla loro elaborazione è emerso che:

- La temperatura dell'acqua sul fondo rimane pressoché costante durante l'anno e il suo valore massimo viene raggiunto, a differenza degli strati superiori, nel mese di novembre, dopo circa quattro mesi che la temperatura dell'acqua in superficie ha raggiunto il valore massimo annuale;
- Sul fondo del lago, nonostante la bassa temperatura, sono presenti attività biologiche ad opera di batteri che trasformano la sostanza organica presente in considerevole quantità in specie chimiche più semplici (nutrienti) immediatamente utilizzabili dalla microflora e microfauna del lago;
- Le acque del lago di Gerosa sono oligotrofiche con rapporto azoto/fosforo nettamente spostato verso il primo elemento;

Nelle condizioni in cui le acque del lago sono stratificate, dai sedimenti ricchi di sostanze organiche si liberano nutrienti che rimangono confinati negli strati d'acqua a contatto con il fondo e possono spostarsi molto lentamente verso gli strati superiori soltanto per diffusione. Al primo rimescolamento delle acque nella sezione verticale, che di solito si verifica a fine ottobre o novembre, i nutrienti accumulatisi sul fondo vengono trasferiti in superficie dove in condizioni ottimali di temperatura e luce possono sostenere fenomeni di bloom algale. Sulla base di quanto sopra si può ipotizzare che per il lago di Gerosa il periodo più a rischio di appariscenti sviluppi algali cade nei mesi di ottobre e novembre.

PROPOSTE OPERATIVE

Nel corso di questo progetto sul Lago di Gerosa sono stati ottenuti importanti risultati che hanno permesso di progredire notevolmente verso la conoscenza degli aspetti ecologici e sanitari, come previsto negli obiettivi del progetto. Tuttavia, le acque del lago sono soggette a considerevole variabilità da un anno ad un altro e i risultati acquisiti nel corso di un solo anno possono risultare non del tutto esaurienti e non adeguatamente consolidati. Indagini di questo tipo richiedono in genere un'estensione temporale superiore di alcuni anni.

Si propone pertanto di dare seguito agli importanti risultati ottenuti in questo progetto estendendo le attività ad almeno un altro anno. Si ritiene infatti che in questo modo sarebbe possibile approfondire le conoscenze degli aspetti ecologici, in particolare in relazione alla provenienza del materiale organico presente nei sedimenti e alla distribuzione delle specie chimiche solforate nella massa d'acqua. Per quanto riguarda la valutazione del rischio per la popolazione associato alle diverse possibili modalità di esposizione alle cianotossine, si ritiene opportuno acquisire ulteriori dati sui livelli di microcistine nei prodotti ittici e nelle acque e sui profili dei ceppi tossici rispetto a quelli non tossici nelle diverse stagioni. Si ritiene infine di particolare interesse studiare parametri ambientali di preallerta delle fioriture.

Sulla base dei risultati ottenuti in questa prima indagine si ritiene che sia sufficiente controllare le acque del lago di Gerosa in modo mirato, con una frequenza nettamente inferiore rispetto alla prima fase, con cadenza stagionale, facendo rientrare un campionamento nelle condizioni di massima stratificazione e un altro nelle condizioni di massimo rimescolamento. Vista la conformazione del lago, per dare rappresentatività e supporto statistico ai dati ottenuti e a quelli che si otterranno con i futuri monitoraggi, si ritiene opportuno inserire un secondo punto di campionamento lungo l'asse longitudinale del lago, dove la profondità è di circa 20 metri.

Sulla base di questa esperienza particolarmente positiva, che ha permesso di applicare un approccio integrato grazie alla collaborazione dei diversi attori istituzionali a livello nazionale e locale, si propone di estendere l'indagine anche ad un altro sistema acquatico che presenta problematiche analoghe a quelle del lago di Gerosa, riguardo alle fioriture di *P. rubescens*, come il lago di Fiastra della provincia di Macerata.

Il Responsabile Servizio Acque Arpam AP

Dr. Ernesto Corradetti

Il Direttore del Reparto Qualità degli Ambienti
Acquatici e delle acque di Balneazione
dell'Istituto Superiore di Sanità

Dr. Enzo Funari

Allegati

ACQUA 28 settembre 2006

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	16				
temperatura acqua °C	11	19	14	9	14
pH unità	8,3	8,2	7,7	7,4	8,2
Conducibilità µS/cm	284	277	313	357	336
Trasparenza metri	-	1,60			-
Ossigeno Disciolto mg/l	8,5	8,1	11,5	0,1	8,9
Ossigeno ipolimnico % sat	100	95	120	1	93
Alcalinità mg/l	180	195	207	232	220
Cloruri mg/l	4,1	6,9	6,2	6,9	6,5
Solfati mg/l	8,4	16,2	17,5	18,4	19,5
Azoto ammon µg/l	15	5	5	150	15
Azoto nitros µg/l	1	< 1	< 1	5	1
Azoto nitrico µg/l	264	8	6	60	160
Azoto totale µg/l	410	360	240	630	330
Ortofosfati µg/l	4	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l	8	4	2	2	4
Clorofilla µg/l	2,0	2,5	1,5	7,5	1,0
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	12.950	1.050	1.050	650

ACQUA 25 ottobre 2006

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	22				
temperatura acqua °C	10	17	14	12	13
pH unità	8,5	8,5	7,8	7,7	8,3
Conducibilità µS/cm	276	287	310	375	327
Trasparenza metri	-	1,20			-
Ossigeno Disciolto mg/l	9,1	8,2	9,8	0,2	8,4
Ossigeno ipolimnico % sat	103	92	100	2	103
Alcalinità mg/l	189	183	213	256	207
Cloruri mg/l	5,0	6,5	6,3	7,6	8,1
Solfati mg/l	8,6	16,4	18,0	16,2	20,0
Azoto ammon µg/l	5	5	< 5	1.400	25
Azoto nitros µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Azoto nitrico µg/l	150	4	26	4	140
Azoto totale µg/l	230	400	180	860	360
Ortofosfati µg/l	4	< 2	< 2	4	2
Fosforo totale µg/l	12	12	12	24	10
Clorofilla µg/l	2,0	0,5	0,5	1,0	0,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	32.950	3.600	1.400	200

ACQUA 27 novembre 2006

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	10				
temperatura acqua °C	9	12	12	9	10
pH unità	8,6	8,3	8,3	7,8	8,5
Conducibilità µS/cm	275	294	294	335	320
Trasparenza metri	-	1,60			-
Ossigeno Disciolto mg/l	8,9	8,0	9,2	0,1	9,3
Ossigeno ipolimnico % sat	96	80	90	1	88
Alcalinità mg/l	152	158	154	183	178
Cloruri mg/l	4,2	5,5	5,3	5,8	6,0
Solfati mg/l	9,2	15,5	15,0	16,3	17,2
Azoto ammon µg/l	1	< 5	< 5	160	15
Azoto nitros µg/l	1	< 1	< 1	1	2
Azoto nitrico µg/l	170	2	2	4	120
Azoto totale µg/l	150	< 25	< 25	200	175
Ortofosfati µg/l	6	< 2	< 2	4	2
Fosforo totale µg/l	6	4	4	6	4
Clorofilla µg/l	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	1.550	10.600	950	3.350

ACQUA 18 dicembre 2006

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	10				
temperatura acqua °C	7	11	10	9	9
pH unità	8,0	8,0	8,2	7,8	8,4
Conducibilità µS/cm	270	293	294	321	317
Trasparenza metri	-	1,40			-
Ossigeno Disciolto mg/l	9,9	8,0	9,4	0,1	9,8
Ossigeno ipolimnico % sat	93	78	88	1	91
Alcalinità mg/l	154	162	164	178	176
Cloruri mg/l	4,0	5,2	5,5	5,9	6,3
Solfati mg/l	8,9	14,8	14,6	15,0	18,6
Azoto ammon µg/l	5	15	15	180	15
Azoto nitros µg/l	2	< 1	1	1	3
Azoto nitrico µg/l	216	14	10	14	160
Azoto totale µg/l	250	100	100	300	300
Ortofosfati µg/l	6	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l	8	2	2	2	2
Clorofilla µg/l	4,0	2,0	1,5	2,0	1,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	600	3.050	300	1.550

ACQUA 15 gennaio 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	10				
temperatura acqua °C	7	8	7	7	12
pH unità	8,7	8,4	8,3	8,0	8,4
Conducibilità µS/cm	272	297	297	308	308
Trasparenza metri	-	2,80			-
Ossigeno Disciolto mg/l	10,2	8,3	9,3	1,8	9,5
Ossigeno ipolimnico % sat	91	76	81	8	95
Alcalinità mg/l	156	162	160	166	168
Cloruri mg/l	6,0	5,6	5,4	5,8	5,8
Solfati mg/l	4,4	7,2	7,1	6,9	7,7
Azoto ammon µg/l	< 5	30	35	170	20
Azoto nitros µg/l	2	1	1	2	4
Azoto nitrico µg/l	282	42	40	52	132
Azoto totale µg/l	325	175	175	475	300
Ortofosfati µg/l	2	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l	8	2	4	24	6
Clorofilla µg/l	2,5	1,0	1,5	2,0	1,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	1.250	1.200	950	1.350

ACQUA 14 febbraio 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	12				
temperatura acqua °C	6	7	6	6	7
pH unità	8,5	8,3	8,2	8,1	8,3
Conducibilità µS/cm	307	297	298	298	318
Trasparenza metri	-	3,80			-
Ossigeno Disciolto mg/l	9,9	8,8	10,2	10,1	9,9
Ossigeno ipolimnico % sat	90	80	89	87	90
Alcalinità mg/l	174	165	165	165	177
Cloruri mg/l	6,0	6,4	6,3	5,8	6,9
Solfati mg/l	14,5	15,0	16,7	16,1	19,9
Azoto ammon µg/l	5	60	55	50	5
Azoto nitros µg/l	1	1	2	1	1
Azoto nitrico µg/l	250	64	64	54	130
Azoto totale µg/l	400	225	250	225	225
Ortofosfati µg/l	8	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l	12	2	4	2	2
Clorofilla µg/l	2,0	1,5	1,5	1,0	2,0
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	1.750	1.900	2.400	750

ACQUA 13 marzo 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	12				
temperatura acqua °C	9	9	7	7	13
pH unità	8,5	8,3	8,2	8,1	8,4
Conducibilità µS/cm	271	300	301	304	317
Trasparenza metri	-	3,40			-
Ossigeno Disciolto mg/l	10,3	9,1	9,7	8,1	9,4
Ossigeno ipolimnico % sat	96	86	85	71	98
Alcalinità mg/l	179	189	189	177	201
Cloruri mg/l	7,1	5,8	6,2	5,7	6,9
Solfati mg/l	10,9	15,3	15,0	15,2	18,7
Azoto ammon µg/l	5	40	50	105	5
Azoto nitros µg/l	1	1	1	1	1
Azoto nitrico µg/l	160	70	65	74	110
Azoto totale µg/l	150	200	175	225	250
Ortofosfati µg/l	4	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l	12	6	6	14	10
Clorofilla µg/l	2,0	2,0	1,0	1,5	2,0
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	2.850	1.150	300	350

ACQUA 11 aprile 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	24				
temperatura acqua °C	11	11	7	7	18
pH unità	8,4	8,3	8,4	8,0	8,5
Conducibilità µS/cm	326	296	301	301	321
Trasparenza metri	-	4,20			-
Ossigeno Disciolto mg/l	7,1	9,8	9,8	9,2	7,3
Ossigeno ipolimnico % sat	70	97	86	72	83
Alcalinità mg/l	182	162	164	164	176
Cloruri mg/l	5,7	5,7	5,6	5,6	6,3
Solfati mg/l	14,8	15,0	15,6	14,8	18,3
Azoto ammon µg/l	< 5	10	45	65	5
Azoto nitros µg/l	1	1	3	3	2
Azoto nitrico µg/l	174	92	110	116	170
Azoto totale µg/l	275	175	250	300	275
Ortofosfati µg/l	2	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l	8	2	6	6	6
Clorofilla µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	300	1.050	650	150

ACQUA 8 maggio 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	22				
temperatura acqua °C	10	15	8	7	11
pH unità	8,4	8,4	8,0	8,0	8,2
Conducibilità µS/cm	321	286	302	305	323
Trasparenza metri	-	6,30			-
Ossigeno Disciolto mg/l	10,4	10,4	10,0	7,5	10,8
Ossigeno ipolimnico % sat	114	104	114	77	113
Alcalinità mg/l	180	155	166	168	185
Cloruri mg/l	6,3	5,8	6,0	6,0	6,0
Solfati mg/l	14,0	14,0	14,0	16,0	17,0
Azoto ammon µg/l	10	10	5	5	10
Azoto nitros µg/l	1	1	8	2	1
Azoto nitrico µg/l	155	25	138	225	226
Azoto totale µg/l	175	50	140	250	400
Ortofosfati µg/l	8	< 2	< 2	< 2	2
Fosforo totale µg/l	12	2	4	4	12
Clorofilla µg/l	1,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	< 50	1700	500	50

ACQUA 12 giugno 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	20				
temperatura acqua °C	18	19	8	7	15
pH unità	8,3	8,1	7,9	8	8,0
Conducibilità µS/cm	344	270	297	304	320
Trasparenza metri	-	6,20			-
Ossigeno Disciolto mg/l	8,6	9,9	8,5	0,3	9,0
Ossigeno ipolimnico % sat	97	116	74	0,2	98
Alcalinità mg/l	194	156	164	167	178
Cloruri mg/l	5,6	6,2	5,9	6,0	6,5
Solfati mg/l	13,0	14,0	14,8	15,0	17,5
Azoto ammon µg/l	5	< 5	< 5	< 5	5
Azoto nitros µg/l	1	1	2	1	1
Azoto nitrico µg/l	167	47	47	176	212
Azoto totale µg/l	375	150	250	275	525
Ortofosfati µg/l	10	< 2	< 2	< 2	34
Fosforo totale µg/l	20	4	8	4	58
Clorofilla µg/l	1,0	0,5	0,5	0,5	1,0
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	50	2.450	2.100	800

ACQUA 9 luglio 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	30				
temperatura acqua °C	15	22	9	7	17
pH unità	8,4	8,2	8,2	8,0	8,1
Conducibilità µS/cm	279	274	293	306	308
Trasparenza metri	-	9,00			-
Ossigeno Disciolto mg/l	7,2	7,1	9,1	2,5	7,0
Ossigeno ipolimnico % sat	83	100	95	24	95
Alcalinità mg/l	207	189	183	189	195
Cloruri mg/l	4,5	8,8	6,5	5,4	5,8
Solfati mg/l	10,3	14,8	15,8	14,0	15,0
Azoto ammon µg/l	15	30	5	15	10
Azoto nitros µg/l	1	< 1	< 1	< 1	< 1
Azoto nitrico µg/l	143	19	25	181	182
Azoto totale µg/l	239	481	194	310	380
Ortofosfati µg/l	8	< 2	2	2	2
Fosforo totale µg/l	12	6	8	8	12
Clorofilla µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	< 50	400	1.700	1.050

ACQUA 27 agosto 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	26				
temperatura acqua °C	15	22	10	7	15
pH unità	8,0	8,2	8,1	7,7	8,0
Conducibilità µS/cm	273	262	290	314	308
Trasparenza metri	-	5,80			-
Ossigeno Disciolto mg/l	8,3	8,9	12,5	0,7	9,0
Ossigeno ipolimnico % sat	103	108	118	6	100
Alcalinità mg/l	189	165	189	207	195
Cloruri mg/l	12,0	5,6	5,9	5,6	5,7
Solfati mg/l	9,2	14,5	14,7	12,9	15,0
Azoto ammon µg/l	10	< 5	5	180	5
Azoto nitros µg/l	1	< 1	2	14	1
Azoto nitrico µg/l	104	23	15	14	55
Azoto totale µg/l	235	140	210	290	225
Ortofosfati µg/l	< 2	< 2	< 2	2	< 2
Fosforo totale µg/l	6	2	4	8	2
Clorofilla µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	< 50	1.450	100	100

ACQUA 11 settembre 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	24				
temperatura acqua °C	13	20	11	7	15
pH unità	8,3	8,4	7,9	7,5	8,1
Conducibilità µS/cm	249	267	294	315	313
Trasparenza metri	-	7,20			-
Ossigeno Disciolto mg/l	8,6	8,9	12,4	0,8	9,0
Ossigeno ipolimnico % sat	94	103	120	6	95
Alcalinità mg/l	165	171	183	201	201
Cloruri mg/l	2,9	5,1	4,5	4,8	5,0
Solfati mg/l	7,6	13,1	13,5	12,5	14,2
Azoto ammon µg/l	10	10	5	160	5
Azoto nitros µg/l	1	< 1	< 1	12	< 1
Azoto nitrico µg/l	246	30	42	46	138
Azoto totale µg/l	350	250	150	300	250
Ortofosfati µg/l	8	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l	6	< 2	< 2	2	2
Clorofilla µg/l	7,5	0,5	1,5	0,5	0,5
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	< 50	300	50	250

ACQUA 9 ottobre 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C	23				
temperatura acqua °C	13	16	13	8	13
pH unità	8,5	8,1	7,8	8,2	8,1
Conducibilità µS/cm	298	267	297	317	328
Trasparenza metri	-	5,20			-
Ossigeno Disciolto mg/l	9,2	11,6	9,8	0,4	9,7
Ossigeno ipolimnico % sat	97	119	98	3	97
Alcalinità mg/l	183	159	177	195	201
Cloruri mg/l	5,2	5,4	5,8	5,7	6,8
Solfati mg/l	9,8	11,3	12,7	11,3	16,9
Azoto ammon µg/l	5	< 5	5	50	25
Azoto nitros µg/l	1	< 1	< 1	< 1	2
Azoto nitrico µg/l	290	10	76	10	136
Azoto totale µg/l					
Ortofosfati µg/l	22	< 2	< 2	< 2	< 2
Fosforo totale µg/l					
Clorofilla µg/l	1,0	3,5	297	1,0	1,0
Acido Solfidrico mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
P. rubescens cell/ml	< 50	400	200	300	150

ACQUA 27 novembre 2007

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C		15			
temperatura acqua °C		10	10	9	
pH unità		8,6	8,4	7,9	
Conducibilità µS/cm		288	298	309	
Trasparenza metri		4,00			
Ossigeno Disciolto mg/l		10,6	13,4	0,4	
Ossigeno ipolimnico % sat		95	118	35	
Alcalinità mg/l		201	201	201	
Cloruri mg/l		6,1	6,3	6,2	
Solfati mg/l		13,6	14,4	14,7	
Azoto ammon µg/l		10	20	50	
Azoto nitros µg/l		1	1	2	
Azoto nitrico µg/l		96	118	126	
Azoto totale µg/l		300	300	375	
Ortofosfati µg/l		< 2	< 2	< 2	
Fosforo totale µg/l		4	2	8	
Clorofilla µg/l		3,0	2,0	1,0	
Acido Solfidrico mg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	
P. rubescens cell/ml		9.000	3.000	2.400	

ACQUA 18 marzo 2008

parametro	immissione	lago			emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -25 m metà colonna	a quota - 50 m - fondo	
temperatura aria °C		13			
temperatura acqua °C		9	6		
pH unità		8,6	8,5		
Conducibilità µS/cm		282	333		
Trasparenza metri		2,80			
Ossigeno Disciolto mg/l		10,2	14,5		
Ossigeno ipolimnico % sat		94	123		
Alcalinità mg/l		210	210		
Cloruri mg/l		9,0	8,1		
Solfati mg/l		18,4	17,9		
Azoto ammon µg/l		< 5	< 5		
Azoto nitros µg/l		< 1	< 1		
Azoto nitrico µg/l		60	140		
Azoto totale µg/l		420	350		
Ortofosfati µg/l		< 2	< 2		
Fosforo totale µg/l		6	6		
Clorofilla µg/l		< 0,5	< 0,5		
Acido Solfidrico mg/l		< 0,1	< 0,1		
P. rubescens cell/ml		12.850	7.600		

ACQUA 7 agosto 2008

parametro	immissione	lago				emissario
		a quota -0,5 m Superficie	a quota -12 m	a quota -25 m metà colonna	a quota -50 m – fondo	
temperatura aria °C		28				
temperatura acqua °C		25	18	11	7	
pH unità		8,4	8,2	8,0	7,8	
Conducibilità µS/cm		307	329	357	362	
Trasparenza metri		4,00				
Ossigeno Disciolto mg/l		8,5	14,5	5,2	0,5	
Ossigeno ipolimnico % sat		109	165	49	4	
Alcalinità mg/l		195	207	232	232	
Cloruri mg/l		6,1	5,9	6,7	6,2	
Solfati mg/l		19,2	18,9	20,3	18,8	
Azoto ammon µg/l		< 5	20	60	205	
Azoto nitros µg/l		< 1	1	34	4	
Azoto nitrico µg/l		30	20	119	203	
Azoto totale µg/l		110	70	230	460	
Ortofosfati µg/l		< 2	< 2	< 2	2	
Fosforo totale µg/l		4	4	6	6	
Clorofilla µg/l		1,5	3,0	1,0	0,5	
Acido Solfidrico mg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
P. rubescens cell/ml		< 50	1.600	3.400	450	

TEMPERATURA ARIA (°C)

Data prelievo	Lago di Gerosa
28/09/2006	16
25/10/2006	22
27/11/2006	10
18/12/2006	10
15/01/2007	10
14/02/2007	12
13/03/2007	12
11/04/2007	24
08/05/2007	22
12/06/2007	20
09/07/2007	30
27/08/2007	26
11/09/2007	24
09/10/2007	23
27/11/2007	15
dic-07	
gen-08	
feb-08	
18/03/2008	13
apr-08	
mag-08	
giu-08	
lug-08	
07/08/2008	28
Media	19
D.S.	7

TEMPERATURA ACQUA (°C)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	11,0	19,3	13,9	8,7	14,0	
25/10/2006	17,0	17,0	13,9	9,0	13,0	
27/11/2006	8,5	12,1	11,9	9,4	10,0	
18/12/2006	7,3	10,7	9,9	8,9	9,0	
15/01/2007	7,2	8,1	7,3	7,3	11,7	
14/02/2007	6,0	6,6	6,4	6,3	7,0	
13/03/2007	8,8	8,7	6,8	6,7	12,7	
11/04/2007	10,5	11,3	7,1	6,8	17,8	
08/05/2007	10,0	15,0	7,7	7,1	11,4	
12/06/2007	17,7	19,4	7,7	6,9	14,7	
09/07/2007	14,8	22,0	8,6	7,0	16,7	
27/08/2007	14,9	22,3	10,4	7,4	15,0	
11/09/2007	13,0	19,8	11,2	7,2	14,6	
09/10/2007	13,4	16,0	13,1	7,8	13,2	
27/11/2007	-	10,0	10,0	9,0	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	8,8	5,8	7,0	-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	25,1	10,8	7,4	-	18,0
Media	11,4	14,8	9,6	7,6	12,9	
D.S.	3,8	5,8	2,6	1,0	2,9	

TRASPARENZA (m)

Data prelievo	Lago di Gerosa
28/09/2006	1,60
25/10/2006	1,20
27/11/2006	1,60
18/12/2006	1,40
15/01/2007	2,80
14/02/2007	3,80
13/03/2007	3,40
11/04/2007	4,20
08/05/2007	6,30
12/06/2007	6,20
09/07/2007	9,00
27/08/2007	5,80
11/09/2007	7,20
09/10/2007	5,20
27/11/2007	4,00
dic-07	
gen-08	
feb-08	
18/03/2008	2,80
apr-08	
mag-08	
giu-08	
lug-08	
07/08/2008	4,00
Media	4,26
D.S.	2,43

CONDUCIBILITA' ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	284	277	313	357	336	
25/10/2006	287	287	310	375	327	
27/11/2006	275	294	294	335	320	
18/12/2006	270	293	294	321	317	
15/01/2007	272	297	297	308	308	
14/02/2007	307	297	298	298	318	
13/03/2007	271	300	301	304	317	
11/04/2007	326	296	301	301	321	
08/05/2007	321	286	302	305	323	
12/06/2007	344	270	297	304	320	
09/07/2007	279	274	293	306	308	
27/08/2007	273	262	290	314	308	
11/09/2007	249	267	294	315	313	
09/10/2007	298	267	297	317	328	
27/11/2007	-	288	298	309	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	282	333		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	307	357	362	-	329
Media	290	285	304	321	319	
D.S.	26	13	17	24	8	

ALCALINITA' (mg/L)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	180	195	207	232	220	
25/10/2006	189	183	213	256	207	
27/11/2006	152	158	154	183	178	
18/12/2006	154	162	164	178	176	
15/01/2007	156	162	160	166	168	
14/02/2007	174	165	165	165	177	
13/03/2007	179	189	189	177	201	
11/04/2007	182	162	164	164	176	
08/05/2007	180	155	166	168	185	
12/06/2007	194	156	164	167	178	
09/07/2007	207	189	183	189	195	
27/08/2007	189	165	189	207	195	
11/09/2007	165	171	183	201	201	
09/10/2007	183	159	177	195	201	
27/11/2007	-	201	201	201	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	210	210		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	195	232	232	-	207
Media	177	175	184	193	190	
D.S.	16	18	22	28	15	

OSSIGENO DISCIOLTO (mg/L)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	8,5	8,1	11,5	ILD	8,9	
25/10/2006	8,2	8,2	9,8	ILD	8,4	
27/11/2006	8,9	8,0	9,2	0,1	9,3	
18/12/2006	9,9	8,0	9,4	0,1	9,8	
15/01/2007	10,2	8,3	9,3	1,8	9,5	
14/02/2007	9,9	8,8	10,2	10,1	9,9	
13/03/2007	10,3	9,1	9,7	8,1	9,4	
11/04/2007	7,1	9,8	9,8	9,2	7,3	
08/05/2007	10,4	10,4	10,0	7,5	10,8	
12/06/2007	8,6	9,9	8,5	3,1	9,0	
09/07/2007	7,2	7,1	9,1	2,5	7,0	
27/08/2007	8,9	8,9	12,5	0,7	9,0	
11/09/2007	8,6	8,9	12,4	0,8	9,0	
09/10/2007	9,2	11,6	9,8	0,4	9,7	
27/11/2007	-	10,6	13,4	0,4	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	10,2	14,5		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	8,5	5,2	0,5	-	14,5
Media	9,0	9,1	10,3	3,2	9,1	
D.S.	1,1	1,2	2,1	3,7	1,0	

AMMONIACA (µg/L)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	15	5	5	150	15	
25/10/2006	5	5	< 5	1400	25	
27/11/2006	1	< 5	< 5	160	15	
18/12/2006	5	15	15	180	15	
15/01/2007	< 5	30	35	170	20	
14/02/2007	5	60	55	50	5	
13/03/2007	5	40	50	105	5	
11/04/2007	< 5	10	45	65	5	
08/05/2007	10	10	5	5	10	
12/06/2007	5	< 5	< 5	< 5	5	
09/07/2007	15	30	5	15	10	
27/08/2007	10	< 5	5	180	5	
11/09/2007	10	10	5	160	5	
09/10/2007	5	< 5	5	50	25	
27/11/2007	-	10	20	50	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	< 5	< 5		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	< 5	60	205	-	20
Media	8	20	24	196	12	
D.S.	4	18	22	340	7	

AZOTO NITROSO ($\mu\text{g/L N}$)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	1	< 1	< 1	5	1	
25/10/2006	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
27/11/2006	1	< 1	< 1	1	2	
18/12/2006	2	< 1	1	1	3	
15/01/2007	2	1	1	2	4	
14/02/2007	1	1	2	1	1	
13/03/2007	1	1	1	1	1	
11/04/2007	1	1	3	3	2	
08/05/2007	1	1	8	2	1	
12/06/2007	1	1	2	1	1	
09/07/2007	1	< 1	< 1	< 1	< 1	
27/08/2007	1	< 1	2	14	1	
11/09/2007	1	< 1	< 1	12	< 1	
09/10/2007	1	< 1	< 1	< 1	2	
27/11/2007	-	1	1	2	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	< 1	< 1		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	< 1	34	4	-	1
Media	1,2	1,0	5,5	3,8	1,7	
D.S.	0,4	0,0	10,2	4,3	1,0	

AZOTO NITRICO ($\mu\text{g/L N}$)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	264	8	6	60	160	
25/10/2006	4	4	26	4	140	
27/11/2006	170	2	2	4	120	
18/12/2006	216	14	10	14	160	
15/01/2007	282	42	40	52	132	
14/02/2007	250	64	64	54	130	
13/03/2007	160	70	65	74	110	
11/04/2007	174	92	110	116	170	
08/05/2007	155	25	138	225	226	
12/06/2007	167	47	47	176	212	
09/07/2007	143	19	25	181	182	
27/08/2007	104	23	15	14	55	
11/09/2007	246	30	42	46	138	
09/10/2007	290	10	76	10	136	
27/11/2007	-	96	118	126	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	60	140		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	30	119	203	-	20
Media	188	37	61	85	148	
D.S.	78	30	48	76	43	

AZOTO TOTALE ($\mu\text{g/L N}$)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	410	360	240	630	330	
25/10/2006	230	400	180	860	360	
27/11/2006	150	< 25	< 25	200	175	
18/12/2006	250	100	100	300	300	
15/01/2007	325	175	175	475	300	
14/02/2007	400	225	250	225	225	
13/03/2007	150	200	175	225	250	
11/04/2007	275	175	250	300	275	
08/05/2007	175	50	140	250	400	
12/06/2007	375	150	250	275	525	
09/07/2007	239	481	194	310	380	
27/08/2007	235	140	210	290	225	
11/09/2007	246	30	42	46	138	
09/10/2007						
27/11/2007	-	300	300	375	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	420	350		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	110	230	460	-	70
Media	266	221	206	348	299	
D.S.	88	140	77	196	103	

CLORURI (mg/L)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	4,1	6,9	6,1	6,8	6,5	
25/10/2006	6,5	6,5	6,3	7,6	8,4	
27/11/2006	4,2	5,5	5,3	5,8	6,0	
18/12/2006	4,0	5,2	5,5	5,9	6,3	
15/01/2007	6,0	5,6	5,4	5,8	5,8	
14/02/2007	6,0	6,4	6,3	5,8	6,9	
13/03/2007	7,1	5,8	6,2	5,7	6,9	
11/04/2007	5,7	5,7	5,6	5,6	6,3	
08/05/2007	6,3	5,8	6,0	6,0	6,0	
12/06/2007	5,6	6,2	5,9	6,0	6,5	
09/07/2007	4,5	8,8	6,5	5,4	5,8	
27/08/2007	12,0	5,6	5,9	5,6	5,7	
11/09/2007	2,9	5,1	4,5	4,8	5,0	
09/10/2007	5,2	5,4	5,8	5,7	6,8	
27/11/2007	-	6,1	6,3	6,2	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	9,0	8,1		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	6,1	6,7	6,2	-	5,9
Media	5,7	6,2	6,0	5,9	6,4	
D.S.	2,1	1,1	0,8	0,6	0,8	

SOLFATI (mg/L)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	8,4	16,2	17,4	18,4	19,5	
25/10/2006	16,4	16,4	18,4	16,2	20,0	
27/11/2006	9,2	15,5	15,0	16,3	17,2	
18/12/2006	8,9	14,8	14,6	15,0	18,6	
15/01/2007	8,8	14,4	14,2	14,0	15,4	
14/02/2007	14,5	15,0	16,7	16,1	19,9	
13/03/2007	10,9	15,3	15,0	15,2	18,7	
11/04/2007	14,8	15,0	15,6	14,8	18,3	
08/05/2007	14,0	14,0	14,0	16,0	17,0	
12/06/2007	13,0	14,0	14,8	15,0	17,5	
09/07/2007	10,3	14,8	15,8	14,0	15,0	
27/08/2007	9,2	14,5	14,7	12,9	15,0	
11/09/2007	7,6	13,1	13,5	12,5	14,2	
09/10/2007	9,8	11,3	12,7	11,3	16,9	
27/11/2007	-	13,6	14,4	14,7	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	18,4	17,9		-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	19,2	20,3	18,8	-	18,9
Media	11,1	15,0	15,6	15,1	17,4	
D.S.	2,8	1,9	2,0	2,0	1,9	

ORTOFOSFATO ($\mu\text{g/L P}$)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	4	< 2	< 2	< 2	< 2	
25/10/2006	4	< 2	< 2	4	2	
27/11/2006	6	< 2	< 2	4	2	
18/12/2006	6	< 2	< 2	< 2	< 2	
15/01/2007	2	< 2	< 2	< 2	< 2	
14/02/2007	8	< 2	< 2	< 2	< 2	
13/03/2007	4	< 2	< 2	< 2	< 2	
11/04/2007	2	< 2	< 2	< 2	< 2	
08/05/2007	8	< 2	< 2	< 2	2	
12/06/2007	10	< 2	< 2	< 2	34	
09/07/2007	8	< 2	2	2	2	
27/08/2007	< 2	< 2	< 2	2	< 2	
11/09/2007	8	< 2	< 2	< 2	< 2	
09/10/2007	22	< 2	< 2	< 2	< 2	
27/11/2007	-	< 2	< 2	< 2	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	< 2	< 2	-	-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	< 2	< 2	2	-	< 2
Media	7,1	< 2	2,0	2,8	8,4	
D.S.	5,1	-	-	1,1	14,3	

FOSFORO TOTALE ($\mu\text{g/L P}$)

Data prelievo	Immissione	0,5 m	25 m	50 m	valle diga	a 12 m
28/09/2006	8	4	2	2	4	
25/10/2006	12	12	12	24	10	
27/11/2006	6	4	4	6	4	
18/12/2006	8	2	2	2	2	
15/01/2007	8	2	4	24	6	
14/02/2007	12	2	4	2	2	
13/03/2007	12	6	6	14	10	
11/04/2007	8	2	6	6	< 2	
08/05/2007	12	2	4	4	12	
12/06/2007	20	4	8	4	58	
09/07/2007	12	6	8	8	12	
27/08/2007	6	2	4	8	2	
11/09/2007	6	< 2	< 2	2	2	
09/10/2007						
27/11/2007	-	4	2	8	-	
dic-07						
gen-08						
feb-08						
18/03/2008	-	6	6	-	-	
apr-08						
mag-08						
giu-08						
lug-08						
07/08/2008	-	4	6	6	-	4
Media	10,0	4,1	5,2	8,0	10,3	
D.S.	3,9	2,7	2,7	7,3	15,5	

SEDIMENTI

parametri	Data e punto di prelievo			
	15.01.2007 Lago di Gerosa	13.3.2007 Lago di Gerosa	27.11.2007	
			Monte Lago di Gerosa	Lago di Gerosa
Residuo a 105 °C (%)	36	42	54	44
COD mg/Kg _{ss} C	-	16.470	46.702	44.429
N totale mg/Kg _{ss}	-	1.170	1.866	2.830
P totale mg/Kg _{ss}	1.146	1.142	1.941	2.241
Zolfo mg/Kg _{ss}	18	15	-	-
Hg mg/Kg _{ss}	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cd mg/Kg _{ss}	0,3	0,4	0,3	0,5
Cr mg/Kg _{ss}	60	42	22	31
Pb mg/Kg _{ss}	19	18	42	50
Zn mg/Kg _{ss}	79	84	54	93
Cu mg/Kg _{ss}	43	33	22	25
As mg/Kg _{ss}	5,0	4,0	2,0	3,8
Ni mg/Kg _{ss}	44	37	29	40
Fe mg/Kg _{ss}	27.930	21.800	18.145	29.545
Mn mg/Kg _{ss}	581	545	354	589
Se mg/Kg _{ss}	< 1	< 1	< 1	< 1
Al mg/Kg _{ss}	-	-	16.421	20.943
V mg/Kg _{ss}	-	-	90	177

PCB Cong 138-153 µg /Kg_{ss}	< 0,2	< 0,2	0,2	0,2
IPA µg /Kg_{ss}	< 5 (tranne B(bjk)Fluoranteni = 10 µg /Kg _{ss})	< 5 (tranne Fluorantene = 5 µg /Kg _{ss} ; Pirene = 5 µg /Kg _{ss} e B(bjk)Fluoranteni = 20 µg /Kg _{ss})	< 5	< 5
Pest. Clor. µg /Kg_{ss}	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi tot. mg/Kg_{ss}	49	50	81	64

DATI MICROCLIMATICI

	Temperatura aria (°C)					Temperatura acqua (°C)			pioggia (mm)	neve (cm)	quota superficie lago (m s.l.m.)			
	Min assoluta	MAX assoluta	Media min	Media MAX	Media mensile	Min mensile	MAX mensile	Media mensile			min	MAX	media	scostamento
set-06	7	31	10,2	23,1	16,7	19	23	21	53		637,9	639,6	638,8	0,9
ott-06	2	27	7,6	19,6	13,6	16	19	17,5	12		636,3	637,9	637,1	0,8
nov-06	-1	20	3,8	15,6	9,7	14	16	15	36		636,3	636,8	636,6	0,3
dic-06	-4	17	1,2	9,8	5,5	11	14	12,5	23		636,8	637,2	637,0	0,2
gen-07	-3	22	2,2	12,1	7,2	8	11	9,5	20	5	636,3	637,1	636,7	0,4
feb-07	-2	15	1,6	9,9	5,8	5	7	6	48		637,9	638,7	638,3	0,4
mar-07	-2	19	2,9	10,9	6,9	5	10	7,5	33	9	637,2	638,3	637,8	0,5
apr-07	0	24	5,3	18,8	12,1	10	14	12	44		638,4	639,8	639,1	0,7
mag-07	3	27	8,7	20,2	14,5	14	18	16	79		639,8	640,4	640,1	0,3
giu-07	7	35	13,2	24,5	18,9	18	26	22	61		640,4	641,1	640,8	0,4
lug-07	9	36	15,4	29,1	22,3	26	29	27,5	15		639,0	641,0	640,0	1,0
ago-07	9	35	14,4	28,0	21,2	24	28	26	31		636,8	638,8	637,8	1,0
set-07	4	27	8,9	22,0	15,5	18	24	21	38		636,2	636,8	636,5	0,3
ott-07	0	27	6,2	15,0	10,6	16	18	17	224		636,1	636,8	636,5	0,3
nov-07	-2	17	1,8	9,7	5,8	13	16	14,5	104	6	637,0	637,6	637,3	0,3
dic-07	-6	14	-0,6	5,4	2,4	8	13	10,5	99	71	637,5	640,8	639,2	1,6
gen-08	-4	17	0,3	9,1	4,7	6	8	7	14		640,8	641,2	641,0	0,2
feb-08	-8	18	-0,3	9,4	4,6	6	7	6,5	4	2	640,5	641,1	640,8	0,3
mar-08	-5	23	2,0	11,3	6,7	7	12	9,5	57	41	640,5	643,4	642,0	1,4