



Monitoraggio dei Laghi

Fiastrone, Borgiano, Le Grazie, Polverina e Castreccioni

Anno 2014

Fiastra

Polverina

Borgiano

Le Grazie

Castreccioni

INDICE

1	NORMATIVA NAZIONALE: CIANOBATTERI IN ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO.....	3
1.1	Acque potabili	4
1.2	Acque di balneazione.....	5
1.3	Valori di riferimento nazionali per le cianotossine.....	7
2	EUTROFIZZAZIONE.....	8
2.1	Fioriture algali tossiche d'acqua dolce.....	9
2.2	Cianobatteri.....	10
2.3	Cianobatteri e nutrienti.....	13
2.4	Caratteristiche della <i>Plankothrix rubescens</i>	14
2.5	Distribuzione dei cianobatteri tossici in Italia.....	15
3	LE TOSSINE D'ACQUA DOLCE.....	17
3.1	Cianobatteri sono anche produttori di metaboliti secondari.....	20
4	NUOVO PROTOCOLLO GESTIONALE.....	21
5	LA METODOLOGIA DELL'INDAGINE.....	31
5.1	Prelevamento dei campioni.....	31
5.2	Punti di campionamento.....	31
5.3	Parametri determinati.....	33
6	RISULTATI	34
6.1	Lago di Fiastrone.....	34
6.2	Lago di Borgiano.....	49
6.3	Lago Le Grazie.....	63
6.4	Lago di Polverina	69
6.5	Lago Castreccioni.....	75
7	RICERCA MICROCISTINE.....	96
8	SEDIMENTI.....	99
9	BIBLIOGRAFIA.....	101
10	ALLEGATI.....	101

1 NORMATIVA NAZIONALE : CIANOBATTERI IN ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Nell'attuale normativa nazionale ed europea non vengono attualmente indicati valori soglia per definire la qualità delle acque da destinare e destinate al consumo umano per quanto riguarda la densità per volume di cellule algali né valori limite per le tossine da esse derivanti.

Nel 2008, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*, WHO) ha definito un valore di linea guida provvisorio per l'acqua potabile per la microcistina-LR (MCLR) (uno dei circa 80 congeneri di microcistina) di 1,0 ug/L totale, da intendersi come tossina disciolta e contenuta all'interno delle cellule algali.

Le miscele di congeneri di microcistina sono state considerate come MC-LR equivalenti.

Il valore raccomandato dalla WHO per la microcistina (1,0 ug/L totale) rappresenta, ad oggi, un riferimento fondamentale che si applica ai requisiti normativi che prevedono che le acque potabili non debbano contenere sostanze in concentrazioni tali da rappresentare un rischio per la salute umana.

Il valore di linea guida WHO per la microcistina consente di affermare che il consumo giornaliero per l'intero arco di vita di acqua potabile che contiene una concentrazione di 1,0 ug/L di tale sostanza non rappresenta un rischio sanitario apprezzabile.

Per l'anatossina, i dati tossicologici disponibili non sono sufficienti per calcolare una dose giornaliera tollerabile (TDI) per l'acqua potabile da cui estrapolare un valore di linea guida specifico.

Tuttavia, in base agli studi disponibili, è stato valutato che il valore guida di 1,0 µg/L possa comunque fornire un margine di sicurezza per il consumo di acqua potabile di circa 3 ordini di grandezza.

Per quanto riguarda il monitoraggio, si possono definire i seguenti livelli di intervento, oltre ai normali controlli:

– *Livello di vigilanza*: il numero di cellule per mL è compreso tra 500 e 2.000 cellule/mL: si riferisce al momento iniziale in cui viene individuata la fioritura algale; finché non viene superato il livello di 2000 cellule/mL si mantiene il programma di monitoraggio;

– *Livello di azione 1*: il numero di cellule di cianobatteri supera le 2.000 cellule/mL e rimane costante o tende ad aumentare (questo valore deriva dalle indicazioni fornite dalla WHO per la MC-LR per la quale il limite nell'acqua grezza è di 1,0 ug /L).

Se è presente *Microcystis aeruginosa* a concentrazioni superiori a 2.000 cellule/mL oppure sono presenti altre specie che producono tossine a concentrazioni superiori a 15.000 cellule/mL, si attiva la determinazione quantitativa della tossina nell'acqua grezza e si valuta se il trattamento cui l'acqua è sottoposta nell'impianto di potabilizzazione è adeguato.

– *Livello di azione 2*: la concentrazione di cianobatteri supera le 100.000 cellule/ml. Si è in presenza di una ben accertata fioritura algale con la possibilità di formazione di "schiume" sulla superficie del corpo

idrico. Le condizioni che definiscono questo livello di azione sono indicative di un incremento significativo del rischio di effetti avversi per la salute derivanti dall'acqua grezza o da quella trattata in un impianto non adeguato così come dall'utilizzo dell'acqua per la balneazione.

1.1 Acque potabili

Il DL.vo 31/2001 non include direttamente i cianobatteri e le cianotossine tra i parametri di tipo microbiologico o chimico da ricercare nelle acque destinate al consumo umano.

Tuttavia, nell'Avvertenza dell'Allegato I sono inseriti 9 parametri accessori, tra cui un generale parametro "alghe", che possono essere ricercati a giudizio delle Autorità competenti.

Per i gruppi alghe, funghi, nematodi e protozoi non sono specificati taxa o famiglie e non sono definiti valori di parametro.

Diversamente, per i microrganismi enterovirus, batteriofagi anti-*E. coli*, enterobatteri patogeni e stafilococchi patogeni è imposto il criterio di costante assenza.

È importante specificare che il Decreto vincola comunque le Autorità sanitarie a considerare i cianobatteri e i loro derivati tossici nei piani di ricerca e controllo delle risorse idropotabili, qualora le condizioni degli approvvigionamenti siano tali da rendere plausibile una loro presenza.

Ciò, infatti, rientra nelle disposizioni dell'art. 4, comma 2, lettera a, dove è sancito che le acque destinate al consumo umano "non devono contenere microrganismi e parassiti, né altre sostanze, in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana".

Il concetto di prevenzione di rischi potenziali per la salute è ulteriormente ripreso nell'art. 8, comma 3 dove è specificato che le Autorità sanitarie competenti devono assicurare "una ricerca supplementare, caso per caso, delle sostanze e dei microrganismi per i quali non sono stati fissati valori di parametro a norma dell'Allegato I, qualora vi sia motivo di sospettare la presenza in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana".

Ciò pertanto si applica sia ai parametri accessori riportati, sia ad altri per microrganismi potenzialmente pericolosi che non sono specificati per taxa o generi, come nel caso dell'eterogeneo gruppo dei cianobatteri e delle loro tossine.

Riguardo ad eventuali parametri da intendere come supporto all'individuazione di situazioni locali critiche per la possibile presenza di cianobatteri, si citano principalmente i parametri Nitrato (come NO₃-), Ammonio, Conduttività, Concentrazione degli ioni idrogeno (pH) e altri. Anche se i valori di parametro, in qualche caso, sono elevati rispetto a quelli dei fattori limitanti per lo sviluppo di microalghe in genere, il gran numero di dati che provengono dai controlli possono, nell'insieme, essere di una certa utilità.

Occorre inoltre considerare che i valori di parametro specificati dal Decreto sono concepiti per la tutela sanitaria dell'uomo e non sono quindi strettamente adattabili come valori di riferimento per il biota né sono confrontabili con corrispettivi riportati in altre normative del settore acque.

1.2 Acque di balneazione

In attuazione della Direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione, è stato elaborato il DL.vo 30 maggio 2008, n. 116.

All'art. 12, in riferimento alle procedure di monitoraggio, viene stabilito che, qualora sia individuata, nell'area interessata alla balneazione, una tendenza alla proliferazione di macroalghe o di fitoplancton marino, le regioni e le province autonome devono provvedere allo svolgimento di indagini sui rischi per la salute e per la determinazione del livello di accettabilità. Individuati questi, devono adottare misure di gestione commisurate al problema.

I criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché le modalità e le specifiche tecniche per l'attuazione del DL.vo 116/2008 sono definiti nel Decreto 30 marzo 2010 che stabilisce anche, secondo quanto previsto dall'allegato B e s.m.i., le procedure per lo svolgimento di un monitoraggio che permetta l'individuazione dei rischi per la salute associati alla presenza di cianobatteri, oltre che una serie di criteri su *Ostreopsis ovata*, un dinoflagellato bentonico epifitico.

Per la sorveglianza delle fioriture di cianobatteri, l'Allegato B (previsto dall'art. 3) del Decreto 30 marzo 2010 raccomanda l'applicazione di un albero decisionale secondo le indicazioni della WHO, considerando la necessità di effettuare l'individuazione dei corpi idrici interessati dal problema.

A questo scopo l'indagine deve prevedere una valutazione dei dati storici, un'analisi dei nutrienti per definire la capacità del corpo idrico di sostenere le fioriture, un'ispezione visiva per osservare eventuali presenze/accumuli di cianobatteri e la valutazione della trasparenza come carattere di torbidità dell'acqua.

Trasparenza 1 m Fosforo totale <20 ug/l Clorofilla > 20 ug/l	Ispezione visiva : fioriture, schiume Variazione di colore
--	--

Dominanza ciano batteri
• conte • identificazione del genere e possibilmente della specie

• 20.000 cell/l • osservazione possibilmente giornaliera • conte settimanali	• 20.000-100.000 cell/l • osservazione giornaliera • conte-almeno settimanali • informazione al pubblico	• 100.000 cell/l • divieto di balneazione • informazione al pubblico • conte almeno settimanali
--	---	--

Analisi delle microcistine, concentrazione 25 ug/l divieto di balneazione

Schiume

• Divieto di balneazione • Informazione al pubblico • Osservazione dell'evoluzione della schiuma
--

Analisi delle microcistine
• Concentrazione 25 ug/l divieto di balneazione

Nel caso siano presenti cianobatteri produttori di cianotossine diverse dalle microcistine è necessario condurre una valutazione del rischio caso per caso.

1.3 Valori di riferimento nazionali per le cianotossine

Nella gestione del rischio per il controllo delle cianotossine nelle acque destinate al consumo umano deve basarsi:

- su un approccio preventivo di valutazione del rischio e controlli “a barriera multipla” secondo i principi dei *Water Safety Plan* della WHO (come descritto nel Rapporto ISTSAN 11/35 Pt. 2 sez. 1.1.);
- sul rispetto, nei punti di conformità stabiliti dal DL.vo 31/2001 (art. 6), del valore massimo ammissibile per le cianotossine.

Il valore massimo ammissibile provvisorio per la MC-LR in acque destinate al consumo umano è pari a 1,0 µg/L riferito al contenuto di tossina totale (intra ed extracellulare).

Sulla base di un approccio ampiamente conservativo nei confronti della protezione della salute, con sovrastima nella valutazione della tossicità, secondo l’approccio di stima di peggior caso, il valore di 1,0 µg/L deve essere riferito alla somma delle concentrazioni dei diversi congeneri di MC presenti nel campione, considerati come equivalenti di MC-LR.

2 EUTROFIZZAZIONE

Si definisce eutrofizzazione un aumento di concentrazione dei nutrienti nei corsi d'acqua.

E' un processo naturale irreversibile che avviene lentamente su lunghi periodi di tempo. L'eutrofizzazione definita "culturale", ovvero di origine antropica, è invece un fenomeno più rapido e generalmente reversibile.

Gli effetti prodotti in generale dall'eutrofizzazione nei corsi d'acqua sono molti:

- una smodata crescita di piante acquatiche superiori,
- formazione di schiume o tappeti di alghe flottanti,
- rilascio di cattivi odori da decomposizione della sostanza organica,
- diminuzione della trasparenza nelle acque,
- deossigenazione degli strati profondi,
- morie di pesci .

Generalmente si parla di fioriture eutrofiche, quando la massa di alghe microscopiche è costituita per l'80-90% da una o due specie algali.

Questo rileva una condizione patologica dell'ambiente.

Le fioriture fisiologiche non sono mai monospecifiche, ma presentano una grande varietà di generi nell'ambito di una classe o di una divisione.

Le acque lacustri naturalmente eutrofizzate, presentano un elevato indice di diversità biologica e sono ecosistemi definiti in buona salute.

Tuttavia ambienti chiusi, ristretti e a basso idrodinamismo come i laghi, risentono facilmente delle alterazioni provocate dall'uomo, come il fluire eccessivo di fertilizzanti agricoli, di rifiuti industriali e di rifiuti urbani contenenti nutrienti come fosforo e azoto, che sono i responsabili di un eccesso di produttività primaria, e di conseguenza di un abbondante riproduzione algale.

Una produzione primaria eccessiva comporta la formazione di una quantità di biomassa superiore a quella utilizzabile dai consumatori primari.

L'eccesso di produzione, non più controllato dalla catena del pascolo, fa sì che l'energia fissata venga trasferita alla catena del detrito, causando l'anossia delle acque.

Nel periodo estivo, la situazione peggiora, il numero maggiore di ore di luce favorisce l'attività fotosintetica e di conseguenza l'aumento della densità algale, con successiva diminuzione della trasparenza.

Il processo aerobico di decomposizione delle alghe morte consuma ossigeno e così i pesci muoiono progressivamente per asfissia, ma col graduale esaurimento di ossigeno, i normali processi ossidativi per il riciclaggio della materia morta vengono sostituiti da processi di putrefazione anaerobici, così i

corpi d'acqua che versano in tali condizioni presentano formazioni di schiume algali o tappeti di alghe flottanti, scarsa trasparenza e deossigenazione dell'ipolimnio con emissione di idrogeno solforato.

L'eutrofizzazione può quindi danneggiare la vita acquatica, sia in modo diretto come nel caso delle morie di pesci, sia in modo indiretto modificando la struttura della comunità acquatica.

In questo caso specie più bisognose di ossigeno e più sensibili a certe sostanze soccomberanno a favore di specie più resistenti che, grazie ad una ridotta competizione per lo spazio vitale, si accresceranno indisturbate.

Gli effetti negativi dell'eutrofizzazione non solo coinvolgono la vita acquatica, ma anche l'uso potabile e ricreativo della risorsa idrica.

L'OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ha stabilito nel 1985 dei valori ben precisi per valutare il grado di trofia di un corpo d'acqua.

parametro	oligotrofia	mesotrofia	eutrofia	ipertrofia
P tot ug/l	8	26,7	84,4	750-1200
N tot ug/l	661	753	1875	
Chl a ug/l	1,7	4,7	14,3	100-150
Trasparenza m	9,9	4,2	2,45	0,4-0,8

Tab.1 Schema di classificazione della trofia delle acque interne.

2.1 Fioriture algali tossiche d'acqua dolce

Quando la fioritura algale interessa specie tossiche, ovvero specie produttrici di sostanze dotate di attività tossica su altre specie viventi (tossine algali), le problematiche prima discusse passano in secondo piano rispetto al pericolo rappresentato dalla presenza nell'ambiente acquatico delle tossine, anzi generalmente il pericolo può essere presente, a seconda delle specie interessata dal fenomeno della fioritura, anche a concentrazioni algali, espresse in cellule/litro relativamente basse.

Nel mondo è stata notata un'aumentata frequenza di fioriture tossiche dal 1970 in poi, aumento dovuto alla maggiore attenzione scientifica per le specie tossiche, al maggior sfruttamento delle acque costiere per l'acquacoltura, all'impulso dell'eutrofizzazione culturale e di condizioni atmosferiche insolite, e anche al trasporto di cisti quiescenti nell'acqua di stiva delle navi, o negli stock di pesci per gli allevamenti.

Quando parliamo di fioriture tossiche nei bacini lacustri, le alghe che risultano maggiormente implicate nel fenomeno eutrofico appartengono al taxa delle Cianoficee (cianobatteri).

Le Cianoficee sono un gruppo di organismi procarioti comprendenti circa 150 generi e oltre 2000 specie, tra queste molte sono produttrici di tossine.

2.2 cianobatteri

I cianobatteri o alghe verdi-azzurre costituiscono uno dei principali gruppi di procarioti.

Inizialmente venivano trattati come alghe, grazie alla loro capacità di svolgere una fotosintesi ossigenica simile a quella delle piante.

In base all'analisi delle sequenze nucleotidiche del rRNA 16S e 5S, sono da considerare dei veri batteri che costituiscono una unità filogenetica ben delimitata nell'ambito del gruppo degli eubatteri Gram-negativi.

Questi organismi fototrofi presentano un'ampia variabilità morfologica, comprendendo forme unicellulari, coloniali e filamentose, cui si accompagna una notevole differenza nelle dimensioni delle cellule (il diametro cellulare può variare da 1 a 100 µm).

Oltre alle comuni cellule vegetative, in alcuni generi ad organizzazione filamentosa, possono differenziarsi due tipi di cellule specializzate: eterocisti ed acineti.

Le eterocisti sono disposte ad intervalli lungo i filamenti, possiedono un contenuto citoplasmatico meno denso di quello delle cellule vegetative, una parete cellulare ispessita e sono la sede di fissazione dell'azoto atmosferico.

Gli acineti o spore, invece sono cellule di resistenza che vengono prodotte in condizioni di stress (carenze nutrizionali, ecc.).

Esse consentono la sopravvivenza dell'organismo in condizioni avverse, possiedono una parete cellulare ispessita e contengono una notevole varietà di sostanze di riserva.

I cianobatteri sono organismi ubiquitari, sono presenti nell'atmosfera, in acque con la più varia salinità e temperatura (fino a 73-74 °C), nel suolo, sulle rocce, e nelle fessure.

Il principale modo di nutrizione dei cianobatteri è quello fotoautotrofo, grazie ad un apparato fotosintetico che è in grado di effettuare una fotosintesi ossigenica simile a quella delle piante.

I cianobatteri sono procarioti fotosintetici in grado di sintetizzare, oltre alla clorofilla-a, alcuni pigmenti accessori, come le ficobiline (alloficocianina, ficocianina e ficoeritrina) e carotenoidi (come β-carotene, echinenone, cantaxantina, myxoxanthofilla, zeaxantina e oscillaxantina). Questi pigmenti accessori raccolgono efficacemente la luce a lunghezze d'onda raramente utilizzate da altre specie di fitoplancton, dando ai cianobatteri un vantaggio competitivo e una maggiore capacità di colonizzare ambienti diversi. Infatti i cianobatteri possono essere presenti in zone scarsamente illuminate come pure in ambienti fortemente illuminati, tutto ciò grazie alle notevoli capacità di adattamento consistenti in cambiamenti della superficie delle membrane dei tilacoidi, delle dimensioni e composizione dei ficobilisomi e dall'adattamento cromatico complementare.

Quest'ultimo meccanismo consente di modificare la produzione di ficoeritrina e quindi di variare il contenuto delle ficobiliproteine a seconda della lunghezza d'onda incidente.

Più precisamente, in questi pigmenti atti alla cattura della luce, si ha una sintesi di quelli che possiedono uno spettro di assorbimento complementare alla lunghezza d'onda della luce incidente.

Molti cianobatteri in presenza di elevate intensità luminose tali da inibire la loro crescita, sono in grado di produrre pigmenti capaci di assorbire le radiazioni nocive, oppure di sintetizzare sostanze capaci di limitare gli effetti nocivi delle radiazioni luminose.

I cianobatteri inoltre possiedono strutture in grado di schermare e disperdere la luce, come guaine spesse o vacuoli gassosi.

Quest'ultimi sono una caratteristica dei cianobatteri planctonici presenti negli ambienti acquatici, sono formati dall'aggregazione di particolari strutture intracellulari (vescicole gassose) che oltre a schermare e proteggere la cellula dalle elevate intensità luminose, ne permettono il galleggiamento e fanno sì che possano regolare la propria posizione nella colonna d'acqua.

Alcune specie di Cianoficee sono capaci di movimento.

Questa capacità è tipica di specie che non possiedono un rivestimento rigido della parete cellulare e di specie soprattutto filamentose.

Il movimento viene generato mediante la mucillagine secreta dai pori della membrana cellulare, o tramite contrazioni ad onda sulla superficie della cellula.

Molti generi sono capaci di fissare l'azoto atmosferico grazie al complesso delle nitrogenasi, localizzato come sopra ricordato nelle eterocisti. In particolare la capacità di fissazione dell'azoto atmosferico, unita all'attività fotosintetica, rende questi organismi dei forti colonizzatori primari.

In genere preferiscono ambienti neutri o leggermente alcalini, nonostante alcuni di essi sono stati trovati in ambienti con valori di pH intorno a 4.

Generalmente i cianobatteri presentano la maggior diffusione negli ambienti acquatici dove sono presenti sia come planctonici che bentonici.

Alcuni taxa oltre a vivere liberi crescono in associazione con altri organismi, come fotobionti di licheni, epatiche, felci, angiosperme. In queste associazioni simbiotiche i cianobatteri fissano l'azoto atmosferico.

La riproduzione dei cianobatteri è solo di tipo vegetativo.

Nei generi unicellulari avviene per divisione cellulare mediante scissione binaria o multipla.

Nei generi filamentosi avviene invece mediante frammentazione del filamento o tracoma e formazione di ormogoni, brevi catene di cellule, o mediante la produzione di acineti.

Il successo di competizione con altri organismi fitoplanctonici avviene grazie ad alcuni meccanismi di adattamento, che permettono ai cianobatteri di ridurre anche la predazione da parte dello zooplancton.

Quindi le principali capacità di adattamento sono:

la capacità di aggregazione, la fissazione dell'azoto, lo sfruttamento di nutrienti a concentrazioni molto inferiori rispetto a quelle necessarie ai microrganismi competitori, l'assorbimento della radiazione luminosa con un'efficienza particolarmente elevata attraverso differenti pigmenti fotosintetici, la capacità di spostarsi attivamente lungo la colonna d'acqua e la produzione di cianotossine.

Le proprietà ecofisiologiche specifiche dei diversi cianobatteri sono molto diverse e consentono loro di occupare nicchie ecologiche differenti negli ecosistemi acquatici.

I cianobatteri possono quindi essere raggruppati per le loro strategie ecologiche.

La comprensione della loro risposta ai fattori ambientali è quindi fondamentale per la definizione degli obiettivi di gestione dei corpi idrici.

Tuttavia vi è generalmente un'interazione tra gli effetti dei diversi fattori ambientali sulla crescita dei cianobatteri ed è quindi difficile separare gli effetti dei singoli fattori.

Per una corretta gestione dei corpi idrici, è comunque indispensabile comprendere come questi fattori (l'intensità luminosa, nutrienti e l'idrologia del bacino) regolino la loro crescita.

È noto che i cianobatteri preferiscono temperature relativamente elevate dell'acqua e intensità luminose elevate.

Tuttavia vi sono alcune specie, tra cui importanti produttori di tossine, che rappresentano un'eccezione a questa generalizzazione.

Per questi motivi, qualsiasi tentativo di sviluppare delle strategie di gestione efficaci deve comprendere la conoscenza della composizione tassonomica specifica del sito ed elementi di ecologia delle specie interessate.

I cianobatteri possono essere suddivisi in 5 ordini o sezioni come riportato nel Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.

Sezione 1 ordine Chroococcales

Cianobatteri unicellulari che si dividono per scissione binaria simmetricamente o asimmetricamente in uno, due o tre piani.

Esempi: Chamaesiphon, Gloeotheca, Synechococcus, Synechocystis.

Sezione 2 ordine Pleurocapsales

Cianobatteri che si riproducono per scissione multipla, con formazione di cellule figlie più piccole, o per scissione multipla e binaria.

Esempi: Dermocarpa, Myxosarcina, gruppo Pleurocapsa.

Sezione 3 Ordine Oscillatoriales

Cianobatteri filamentosi con tricomi composti da cellule non differenziate in eterocisti e acineti.

Le cellule si dividono per scissione binaria in un piano dando origine a tricomi uniseriati non ramificati, possono essere presenti false ramificazioni.

Esempi: Lyngbya, Oscillatoria, Spirulina, Trichodesmium.

Sezione 4 Ordine Nostocales

Cianobatteri filamentosi con tricomi composti da cellule vegetative intercalate con eterocisti e talvolta con acineti.

Le cellule si dividono per scissione binaria in un piano dando origine a tricomi uniseriati non ramificati, possono essere presenti false ramificazioni.

Esempi: Anabaena, Nostoc, Nodularia, Scytonema.

Sezione 5 Ordine Stigonematales

Cianobatteri filamentosi con tricomi composti da cellule vegetative che si dividono per scissione binaria anche in più piani originando tricomi multiseriati e/o ramificati.

Esempi: Fischerella, Mastigocoleus, Stigonema.

2.3 Cianobatteri e nutrienti

Le fioriture di cianobatteri avvengono spesso in laghi eutrofi, e quindi si presume che i cianobatteri richiedano concentrazioni elevate di fosforo (P) e di azoto (N).

Alte concentrazioni di fosforo possono indirettamente sostenere la crescita dei cianobatteri, aumentando la quantità di biomassa che le risorse di un ecosistema possono sostenere.

Tuttavia, fioriture di cianobatteri avvengono anche a basse concentrazioni di fosforo disciolto.

Una previsione della probabilità di presenza di fioriture può essere ricavata sulla base di modelli.

Ad esempio il classico modello di Vollenweider(1968) in cui i valori di TP sono correlati con le concentrazioni di clorofilla-a.

Concentrazioni di TP da 10 a 25 µg/L rappresentano un rischio moderato di sostenere la crescita di cianobatteri, mentre per livelli inferiori a 10 µg/L vi è un basso rischio di crescita cianobatterica, e per livelli superiori a 25 µg/L esiste un elevato potenziale di crescita.

L'azoto è una componente principale nella costruzione delle vescicole di gas, e quindi una condizione in cui l'azoto rappresenti il fattore limitante interesserà la capacità di galleggiamento e la crescita delle

specie che non possono fissare l'azoto atmosferico, fino a portare alla loro sostituzione con altre specie di fitoplancton.

L'utilizzo dell'azoto da parte delle alghe avviene più facilmente per l'ammoniaca (NH_4) rispetto al nitrato (NO_3), mentre l'azoto gassoso può essere utilizzato solo da specie azoto-fissatrici.

La fissazione di azoto atmosferico avverrà solo se le altre forme di azoto non sono abbondanti. È opinione comune che una limitazione da azoto favorisca le specie che producono eterocisti capaci di fissare l'azoto atmosferico.

Esiste un'ampia letteratura sull'influenza che il rapporto tra N e P può esercitare sul tipo di organismi che si possono trovare in un lago e la possibilità che singole specie o intere comunità siano limitate dall'azoto o dal fosforo è ancora dibattuta.

2.4 Caratteristiche della *Plankothrix rubescens aghardii*

La *P. rubescens* è una cianofitea d'acqua dolce produttrice di tossine : microcistine.

È formata da tricomi di color rosso bruno senza visibile guaina .

I tricomi sono composti da cellule adiacenti tutte identiche tra loro, tranne quelle apicali, che vengono usate per il riconoscimento morfologico.

Il diametro medio dei tricomi è di 7 μm ; la loro lunghezza è variabile e può raggiungere pochi mm.

La cellula contiene clorofilla a e due carotenoidi : mixoxantofilla, che è caratteristica dei cianobatteri e oscillaxantina specifico per il genere *Oscillatoria*, inoltre contiene tre biliproteine : alloficocianina, C-ficocianina, che sono responsabili del colore blu-verde di molti cianobatteri, e la C-ficoeritrina rossa.

Le biliproteine rendono capace di utilizzare l'intero spettro della radiazione fotosintetica attiva.

A causa della loro costituzione le biliproteine sono molto sensibili alla scarsità di azoto e possono anche agire come riserve di azoto quando c'è un'adeguata provvista di questo nutriente .

La *P. rubescens* è dotata di vescicole di gas che gli permettono di regolare la sua galleggiabilità e di controllare i movimenti verso il basso o verso l'alto nella colonna d'acqua.

Quando si trova in condizioni di elevata intensità luminosa e scarsità di nutrienti, la *P. rubescens* si sposta in profondità dove trova bassa intensità luminosa e abbondanza di nutrienti.

2.5 Distribuzione dei cianobatteri tossici in Italia

In Italia, fioriture imputabili allo sviluppo di specie tossiche di cianobatteri stanno causando problemi sia da un punto di vista ecologico sia sanitario; tali eventi determinatisi sia in laghi naturali che in invasi artificiali, sono stati messi in relazione al generale aumento dello stato trofico dei vari bacini.

A oggi, in letteratura, si riportano episodi dovuti alla presenza e allo sviluppo di fioriture di cianobatteri tossici che hanno interessato in totale 61 laghi e invasi artificiali italiani.

Nei laghi dell'Italia settentrionale è stata riscontrata la presenza di *Planktothrix rubescens*.

Studi approfonditi sulla comunità fitoplanctonica dei laghi profondi subalpini Como, Garda, Iseo, Lugano e Maggiore hanno permesso di ottenere serie molto lunghe di dati chimico-fisici e biologici evidenziando uno stato di degrado della qualità dell'acqua dovuta a un graduale processo di eutrofizzazione di questi ambienti.

Inoltre, nella maggior parte dei laghi dell'Italia settentrionale sono state osservate, associate a *P. rubescens* o in successione, specie appartenenti ai generi *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Microcystis*.

Un aspetto peculiare delle fioriture cianobatteriche nei laghi profondi subalpini è dovuto al fatto che questi fenomeni si manifestano anche in ambienti con un basso livello trofico, come il Lago Maggiore e il Lago di Garda, tanto da meritarsi la definizione di *oligotrophic bloom*.

Pertanto, non si può escludere che, all'evoluzione recente del fenomeno nei grandi laghi subalpini abbiano contribuito condizioni meteo-climatiche, che hanno favorito un eccezionale rifornimento di nutrienti allo stato trofogenico.

Nell'Italia centrale e meridionale la specie *P. rubescens* si è sviluppata abbondantemente nei laghi di origine vulcanica sia laziali (Albano, Vico e Nemi) sia campani (Lago di Averno).

Altri casi di fioriture sono stati riscontrati nelle Marche Gerosa e nel Lago Occhito in Puglia.

Nell'Italia centrale è stata anche rilevata la presenza di *Cylindrospermopsis raciborskii* nel Lago Trasimeno in Umbria e nel Lago Albano nel Lazio.

Inoltre nel Lago Albano è stata rilevata una ridotta biodiversità accoppiata invece a uno sviluppo di diverse specie di cianobatteri, tra cui *Planktothrix* e *Anabaena* spp., che rappresentavano fino al 47-65% del fitoplancton totale.

La presenza di specie di cianobatteri responsabili di fioriture o potenziali produttori di tossine è stata anche rilevata anche per il Lago di Nemi e per il Lago di S. Puoto.

Inoltre, la presenza di *Microcystis aeruginosa* è segnalata in altri laghi dell'Italia centrale: Massaciuccoli in Toscana, Trasimeno in Umbria, Liscione in Molise.

Nonostante i laghi e gli invasi localizzati nelle parti più semiaride della penisola italiana, rappresentino la più importante sorgente idrica per le varie attività umane, la presenza e le fioriture di cianobatteri tossici nelle zone meridionali sono ancora scarsamente segnalate e non sono al momento valutabili

nella loro reale diffusione. Ciò nonostante, nell'Italia insulare sono state descritte fioriture di *P. rubescens*: in Sicilia nei laghi Arancio, Pozzillo, Nicoletti, Garcia, Prizzi e in Sardegna nei laghi Simbrizzi, Flumendosa, Mulargia e Torrei. Inoltre, *M. aeruginosa* e *Dolichospermum flos-aquae* sono state riportate come ricorrenti nella maggior parte dei 27 laghi e invasi siciliani, in cui la formazione di fioriture di cianobatteri dal 1979 è stata favorita da fenomeni di crescente eutrofizzazione.

3 LE TOSSINE D'ACQUA DOLCE

In determinate condizioni, le cianoficee sono in grado di riprodursi molto rapidamente e danno luogo così a fioriture.

I tempi di replicazione variano da specie a specie e dipendono da molti fattori ambientali quali: temperatura, nutrienti, luce e in condizioni ottimali la fioritura si può instaurare in circa due giorni.

Nel 50-75% dei casi, le fioriture di cianobatteri risultano tossiche, spesso con più tossine presenti contemporaneamente.

La stessa specie di cianobatteri può tuttavia essere associata a fioriture tossiche e non tossiche.

Nel caso delle microcistine è stato dimostrato che la tossicità di un ceppo dipende dalla presenza di un gene che codifica per la produzione della tossina e che le popolazioni naturali sono generalmente costituite da ciano batteri con entrambi i genotipi (Kurmayer et al., 2002).

Le diverse condizioni ambientali non sono in grado di modificare significativamente l'espressione del gene, per cui la produzione delle microcistine è una caratteristica relativamente costante del ceppo con il genotipo produttore di tossina, l'ambiente può influire sulla composizione relativa della popolazione, anche se i fattori responsabili della predominanza del ceppo tossico su quello non tossico non sono ancora noti.

La produzione delle tossine e il loro accumulo dipendono dalla fase di crescita, generalmente durante la crescita esponenziale la produzione tende ad aumentare mentre diminuisce nella fase stazionaria. Particolari condizioni di stress ambientali possono stimolare una maggior produzione di tossine da parte di ceppi tossici. E' stato generalmente riconosciuto come in molti ceppi una maggior tossicità sia correlata a squilibri nella disponibilità dei nutrienti, soprattutto il fosforo.

La produzione di tossine varia fortemente tra diversi ceppi della stessa specie.

I cianobatteri tossici possono essere responsabili della produzione di diversi tipi di tossine e, quindi, è possibile che la stessa specie possa produrre più di un tipo di tossina, come pure è possibile che una determinata specie si trovi a produrre diverse varianti della stessa classe di tossine.

La produzione delle varianti di microcistine può essere correlata alla composizione delle popolazioni di cianobatteri e determinata dalla presenza di ceppi diversi, produttori e non produttori.

Nei corpi idrici, le popolazioni di cianobatteri liberano nelle prime fasi di fioritura basse quantità di tossine (0,1-10 µg/l).

Le concentrazioni delle tossine intracellulari sono di diversi ordini di grandezza superiori rispetto a quelle disciolte nell'acqua.

In genere, durante la fase di decadimento di una fioritura algale, la concentrazione delle tossine disciolte è più alta, a seguito della lisi cellulare, inoltre le più elevate concentrazioni di tossine nell'acqua si hanno in estate e in autunno.

Le cianotossine di maggior importanza sanitaria si dividono in due principali categorie:

le **epatotossine**, che esplicano il loro effetto tossico sulle cellule epatiche provocando necrosi dell'organo e morte dell'organismo, e le **neurotossine** che invece agiscono a livello dei neurotrasmettitori bloccando o interagendo negativamente con il corretto trasferimento degli impulsi nervosi.

Le più importanti epatotossine cianobatteriche sono le Microcistine, la Nodularina, e la Cilindrospermopsina.

Le principali neurotossine sono le anatoxine e le tossine PSP, di cui la saxitossina è la più importante.

Epatossine			Neurotossine	
Microcistine	Nodularina	Cilindrospermopsina	Anatossine	Tossine PSP
Peptici ciclici		Alcaloidi		

Fig.1 Le principali tossine cianobatteriche

Le tossine riscontrate con maggior frequenza nelle acque italiane sono le saxitossine, le anatoxine e le microcistine.

Le **saxitossine o PSD** (Paralytic Shellfish Poisoning) sono composti guanidici eterociclici.

Il loro bersaglio è neuronale, si legano al sito 1 del canale del sodio, bloccandone il flusso.

Il rapido insorgere dei sintomi nell'uomo si esplica con debolezza respiratoria, dei movimenti bulbari e delle estremità.

Entro 30 minuti si avverte pizzicorio o insensibilità alle labbra, gradualmente si estende al viso e al collo, prurito alla punta delle dita dei piedi e delle mani, mal di testa, irrequietezza, gastroenterite acuta. Sono presenti aritmie cardiache e spesso sopraggiunge il coma, se il paziente viene tempestivamente intubato, si riprende dopo 4 o 5 giorni.

Le **anatoxine** sono ammine secondarie bicicliche.

La famiglia delle anatoxine, appartenente al grande gruppo degli alcaloidi tossici, si divide in due gruppi: l'anatoxina-a, potente agente paralizzante neuromuscolare per depolarizzazione post-sinaptica che si lega stabilmente al recettore nicotinico dell'acetilcolina e l'anatoxina-a(s), che funziona come anticolinesterasi irreversibile.

La presenza di anatoxina -a nelle acque, a causa di fioriture di specie produttrici, è spesso causa di morte di pesci, anatidi e mammiferi.

Le **microcistine** sono eptapeptidi monociclici a basso peso molecolare, costituiti da un carboidrato di bloccaggio, sette residui aminoacidici e una metilammina.

Gli eptapeptidi si diversificano tra loro mediante due L-amminoacidi variabili (LR1 e L-R2) e finora sono state isolate in tutto il mondo 60 varianti diverse dalla prima tossina identificata, la microcistina – LR. Le microcistine agiscono come agenti inibitori degli enzimi protenfosfatasi 1, 2A e 3, presenti in tutti gli organismi viventi.

Sono delle potenti epatotossine, la loro tossicità è cumulativa e possono agire come promotori tumorali. Le varie microcistine hanno differenti polarità che ne caratterizzano l'assorbimento e la distribuzione. La microcistina-LR essendo fortemente idrosolubile non attraversa facilmente le membrane cellulari e non entra nella maggior parte dei tessuti.

Attraversa l'ileo mediante il trasporto degli anioni organici, raggiungendo il fegato, altre microcistine invece essendo più idrofobiche attraversano le membrane cellulari.

Da vari esperimenti condotti su animali, il fegato è risultato l'organo bersaglio principale della microcistina-LR, accumulando il 50-70% della dose.

Altri organi in cui si può accumulare sono l'intestino e il rene .

Le microcistine sono resistenti all'idrolisi enzimatica e di conseguenza alla degradazione dei tessuti, la loro escrezione con la bile avviene come tossine tal quali o a seguito della loro coniugazione, il fegato svolge un ruolo fondamentale nella detossicazione .

Studi condotti sul bioaccumolo hanno mostrato che possono accumulare in molluschi bivalvi , in pesci di acqua dolce e nelle vongole d'acqua dolce possono bioconcentrare la microcistina-LR a livelli misurabili in condizioni nelle quali questa non è rilevabile nei campioni di acqua .

Inoltre le microcistine sono state determinate nei mitili di acque costiere, nel fegato dei salmoni, nel fitoplancton, nei gasteropodi, nei copepodi e nelle larve di granchi.

Studi sulla somministrazione di microcistine in topi per via intranasale hanno dimostrato che singole dosi sub-acute, non tossiche, dopo 7 giorni di somministrazione giornaliera davano luogo ad un effetto cumulativo, con un aumento della massa epatica pari a quello causato da una sola dose 16 volte maggiore.

Effetti delle microcistine sugli uomini e animali possono essere così riassunti:

- epatotossicosi acute per ingestione diretta;
- promozione di tumori, se ingerite in dosi subacute per diverso tempo (tumori epatici);
- polmoniti allergiche ed epatotossicosi se respirate, analogamente ad altre sostanze (lipopolisaccaridi di membrana, ficocianina, ficoeritrina) proprie delle Cianofitee.

Negli ambienti d'acqua dolce le microcistine sono più frequentemente prodotte da specie appartenenti ai generi *Microcystis*, *Planktothrix* (*Oscillatoria*) e *Dolichospermum* (*Anabaena*).

È stata osservata la produzione di microcistina da parte di cianobatteri appartenenti al genere *Nostoc* provenienti da habitat acquatici e subaerei e da forme subaereofitiche dei generi *Hapalosiphon* e *Phormidium*.

Le neurotossine sono comunemente prodotte da *Dolichospermum* (*Anabaena*) e *Anabaena*, meno frequentemente da *Aphanizomenon*, *Lyngbya* e *Oscillatoria*.

Cylindrospermopsis, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Raphidiopsis* e *Umezakia* producono cilindrospermopsine, mentre alcune specie di *Lyngbya*, *Oscillatoria* e *Schizothrix* sono principalmente responsabili nella produzione di dermatotossine.

Secondo diversi studi pilota e di laboratorio, i trattamenti convenzionali delle acque grezze (coagulazione/filtrazione, filtrazione su sabbia, clorazione) sono in grado di rimuovere soltanto basse percentuali di tossine disciolte in acqua (11-18%).

L'ozono, il carbone attivo e soprattutto quello granulare sono molto efficaci nella rimozione delle cianotossine (99-100%).

3.1 Cianobatteri sono anche produttori di metaboliti secondari

I cianobatteri sono tra i più promettenti microrganismi per la ricerca di nuovi composti bioattivi.

Tali composti sono rappresentati da un insieme di piccoli peptidi ciclici o lineari con un'elevata variabilità strutturale grazie alla possibilità di utilizzare vie biosintetiche sia ribosomiali sia non ribosomiali.

La maggior parte dei metaboliti secondari prodotti dai cianobatteri sono oligopeptidi o posseggono substrutture peptidiche e sono sintetizzati, in maggioranza, attraverso una via biosintetica completamente non-ribosomiale (NRPS, *Non-Ribosomal Peptide Synthetase*) o parzialmente non ribosomiale (NRPS/PKS, *polyketide synthase*).

4 NUOVO PROTOCOLLO GESTIONALE

Dal giugno 1998 la Provincia coordina un Gruppo di lavoro costituito per l'esame degli sviluppi della problematica delle fioriture algali nel lago del Fiastrone e nei laghi dell'alto bacino del Chienti da specie cianoficee produttrici di tossine (in particolare *Planktothrix rubescens* agardhii e *Microcystis aeruginosa*).

Nel giugno 2002 si è giunti alla definizione e all'approvazione di uno specifico protocollo in grado di rappresentare allora le misure sufficienti per la gestione programmata e controllata del fenomeno.

La gestione complessiva del problema, armonizzando le azioni comuni, ha progressivamente portato ad un miglioramento procedurale e infrastrutturale consentendo la realizzazione di opere di depurazione delle acque reflue urbane nei comuni di Fiastra e Acquacanina, nonché di interventi per la potabilizzazione delle acque nel Comune di Tolentino e per la fornitura alternativa di acqua, da parte del Consorzio dell'Acquedotto del Nera.

Relativamente alle conoscenze del fenomeno, molti aspetti ecologici e tossicologici, associati alle fioriture di specie tossiche nei laghi italiani, compresi quelli dell'alto bacino del Chienti, sono stati sufficientemente precisati.

Anche in relazione a ciò, il Gruppo Tecnico a partire dal 2007 ha espresso l'opportunità di ottimizzare le modalità di intervento contenute nel "protocollo di gestione" stilato nel 2002, con esplicito riferimento a corrette attività di valutazione e gestione del rischio.

Il presente documento è stato elaborato utilizzando le conoscenze disponibili nella letteratura scientifica e gli elementi conoscitivi peculiari locali che hanno portato ad una ottimizzazione delle modalità di intervento, giungendo a buoni risultati. Esso si propone di sostituire le indicazioni formulate nel protocollo gestionale per la gestione dell'inquinamento algale dei bacini dell'alto Chienti approvato nel 2002, per essere utilizzato d'ora in avanti da tutti gli Enti territoriali per affrontare la problematica delle fioriture di specie tossiche a partire da una base conoscitiva, per quanto possibile, avanzata.

Tra la normativa e i documenti che vengono presi a riferimento si ricordano sommariamente:

- le *Linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità OMS 2004* che indicano i livelli di sicurezza per la protezione della salute umana in riferimento alle possibili tipologie di effetti associate all'esposizione ai cianobatteri;
- la *Parte Terza del D.Lgs 152/2006 sulle risorse idriche*, che fornisce indicazioni per la tutela delle acque dall'inquinamento, compresi i monitoraggi per la valutazione degli indici di qualità ecologica e ambientale dei laghi;

-
- la *Direttiva 2000/60/CE* che definisce il quadro per l'azione della Comunità nel campo della politica delle acque, interessando tutte le tipologie di corpi idrici superficiali e sotterranei e fissando gli obiettivi ambientali da raggiungere entro il 2015;
 - il *Parere dell'Istituto Superiore di Sanità n. 22826/AMPP.IA.12 del 16.04.2008*, che, anche in riferimento alla normativa sopra citata, indica le azioni per una corretta ed adeguata gestione del rischio. Detto parere viene allegato al presente documento per farne parte integrante.
 - la *Direttiva 2006/7/CE del 15 febbraio 2006 sulle acque di balneazione* che richiede, in presenza di fioriture cianobatteriche, che vengano effettuate valutazioni del rischio adeguate. La Direttiva non fornisce indicazioni sul numero di cellule/ml né sui contenuti di cianotossine accettabili per le attività di balneazione. Alle autorità sanitarie locali viene affidato il compito di approntare piani di monitoraggio specifici per il territorio interessato per poter poi condurre una adeguata valutazione del rischio;
 - Il *D.Lgs 116/2008* che recepisce definitivamente la direttiva 2006/7/Ce *sulla qualità delle acque di balneazione*, dopo la parziale attuazione della stessa avvenuta ad opera del D Lgs 94/2007 e contiene misure relative da un lato al monitoraggio, alla classificazione e alla gestione della qualità delle acque di balneazione; dall'altro, relative alla partecipazione e all'informazione del pubblico. Il decreto rimanda ai criteri e alle modalità per l'attuazione della nuova disciplina, nonché ai riferimenti per l'imposizione dei divieti di balneazione ad un Dm da emanarsi entro il 31 dicembre 2008, in ogni caso detta specifiche disposizioni per la gestione del rischio da cianobatteri prevedendo la necessità dell'effettuazione:
 - ✓ di un monitoraggio adeguato per consentire un'individuazione tempestiva dei rischi per la salute;
 - ✓ in caso di proliferazione o ove si individui o presuma un rischio per la salute l'adozione di misure adeguate per prevenire l'esposizione dei bagnanti in particolare:
 - l' identificazione e valutazione delle cause dell'inquinamento che potrebbero influire sulle acque di balneazione e nuocere alla salute dei bagnanti;
 - l'informazione al pubblico;
 - le azioni volte ad evitare l'esposizione dei bagnanti all'inquinamento;
 - le azioni volte a ridurre il rischio di inquinamento;
 - le azioni volte alla rimozione delle cause di inquinamento ed al miglioramento delle acque di balneazione.

Si richiamano inoltre:

- i verbali delle riunioni del gruppo tecnico del 20.03.2007 e del 30.03.2008;

-
- i contenuti del Progetto di Piano di Tutela della Regione Marche approvato con DGR 1531 del 18.12.2007 come integrato dai Decreti n. 35-36/2008.

AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

L'ambito territoriale di riferimento del presente documento è costituito dai laghi del Fiastrone, Polverina, Borgiano e le Grazie, interessati direttamente e/o indirettamente dal fenomeno in questione.

La Regione Marche con DACR del 29 febbraio 2000, n. 302. in relazioni tali fioriture ha designato gran parte dell'area di riferimento come "Area sensibile dell'Alta Valle del Chienti - fiume Chienti" ai sensi dell'art. 18 del D.Lgs 152/99, ora sostituito dall'art. 91 Parte Terza del D.Lgs 152/06. Le misure previste nel Piano regionale di Tutela delle acque sono: il completamento dei sistemi di trattamento per le acque reflue urbane dei piccoli agglomerati, il divieto di scarico dei reflui zootecnici presenti nell'area e scolanti negli invasi artificiali e il controllo della regimazione delle acque dagli invasi per scopi idroelettrici, in modo da impedire condizioni di stress idrologico che permettono la dispersione nelle acque dei sedimenti depositati sul fondo con risolubilizzazione dei nutrienti nelle acque.

MONITORAGGI

Sulla base di quanto previsto dai documenti di riferimento elencati in premessa si propone di proseguire con il monitoraggio dei laghi dell'alto bacino del fiume Chienti attraverso determinazioni denominate principali, accessorie e complementari riassunte sinteticamente nella tabella seguente:

	Determinazioni	Frequenza di campionamento		
		Fase di routine	Fase di attenzione / allerta	Fase di emergenza
		Fino a 20.000 cell/ml	Da 20.000 a 100.000 cell/ml	Oltre 100.000 cell/ml
Principali	studio morfologico/dinamico delle popolazioni algali <u>in tutti i laghi</u>	mensile	Mensile	quindicinale
	concentrazione di microcistine nell'acqua nei laghi di <u>Fiastrone e Le Grazie</u>	Mensile da novembre a maggio		Bimestrale Da giugno a ottobre
	concentrazione di microcistine nell'acqua nel lago <u>di Borgiano</u>	In relazione alle fioriture e/o alla presenza di microcistine nel Fiastrone		
	concentrazione di microcistine nell'acqua nel lago <u>di Polverina</u>	In relazione alle specifiche fioriture		
Accessorie	analisi chimico-fisiche acque superficiali (ossigeno, pH, trasparenza, clorofilla "a", nutrienti) <u>in tutti i laghi</u>	mensile	Mensile	quindicinale
	analisi chimica dei sedimenti per la ricerca dei nutrienti nel lago di <u>Fiastrone</u>	Semestrale nel periodo di massima stratificazione e di massimo rimescolamento per 1 anno da estendere nel tempo e/o agli altri laghi in relazione ai risultati ottenuti		
Complementari	Monitoraggio Nuovo Allegato 1 D.Lgs 152/2006 nel lago <u>di Fiastrone</u>	Secondo le frequenze stabilite dalla norma		
	Nuovo monitoraggio Acque di balneazione D. Lgs 116/2008 nei laghi di <u>Fiastrone, Borgiano e Le Grazie</u>	Secondo le frequenze stabilite dalla norma		

Tab.1 Riepilogo monitoraggi ARPAM

La determinazione dei parametri morfologici e chimico fisici che da sempre ha costituito la parte centrale dei precedenti protocolli, permetterà di aggiornare le serie storiche di dati garantendo il controllo della dinamica evolutiva delle alghe tossiche nei vari bacini, mentre l'introduzione di nuovi criteri valutativi potrà aiutare a comprendere i meccanismi correlati al mantenimento delle popolazioni e al verificarsi delle fioriture (circolazione dei nutrienti, loro concentrazione in acque e sedimenti).

Per quanto riguarda invece la valutazione del rischio sanitario associato alla presenza di alghe tossiche e le relative restrizioni all'utilizzo specifico delle acque, si farà esclusivamente ricorso alla concentrazioni delle microcistine presenti nella matrice acquosa rilevate utilizzando una metodica immunoenzimatica di tipo competitivo.

Relativamente ai monitoraggi complementari si dà atto che i monitoraggi contenuti nelle nuove previsioni normative emanate e in corso di emanazione potranno essere favorevolmente usati ai fini del completamento del quadro conoscitivo.

Nei laghi si individuano in relazione alle caratteristiche e alle specifiche destinazioni delle relative acque si seguenti punti di campionamento

	FIATRONE	BORGIANO	GRAZIE	POLVERINA
Localizzazione	Profondità m			
20 m dalla diga	0,5	0,5	0,5	0,5
	40	15	6	6
Centro del lago	0,5	0,5		
	11,5	7		
	20			
Inizio del lago	0,5	0,5		
	4			

Tab. 2. punti di campionamento nei laghi

Rispetto alla prevenzione della contaminazione sul comparto biotico, si prevede la realizzazione di un monitoraggio sui tessuti dei pesci nel lago del Fiastrone.

Il monitoraggio potrà essere periodicamente rivisto e continuerà per un periodo sufficiente, che in prima istanza si fissa in un anno, per valutare il rischio di tossicità connesso con il consumo dei pesci provenienti dalle aree in questione. Il monitoraggio sarà finalizzato anche all'introduzione di eventuali controlli di routine.

In linea generale il prelievo di campioni ai fini dell'analisi delle tossine nei pesci dovrebbe avere frequenza mensile o meglio ancora avvenire ogni 2 settimane in funzione della disponibilità degli

operatori. Allo scopo potranno essere favorevolmente utilizzate le campagne di campionamento ARPAM.

Tale frequenza può essere aumentata o ridotta in relazione ai dati relativi alla presenza di tossine o di cellule i quali suggeriscono un rischio maggiore o minore di tossicità.

I campioni saranno prelevati dalla Provincia con l'utilizzo di apposito elettrostorditore e analizzati dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale Umbria e Marche con l'utilizzo della cromatografia liquida accoppiata allo spettrometria di massa (LCMS), in corso di approntamento.

I campioni, anche di specie diverse, qualora la strumentazione non sia già operativa potranno essere congelati in attesa di eseguire le prove analitiche.

Trattandosi di attività di studio al termine del progetto, potrà essere elaborata una relazione finale con i risultati complessivi.

Determinazioni	Frequenza di campionamento
concentrazione di microcistine nei tessuti delle specie di pesci più rappresentative per il consumo <i>nel lago del Fiastrone</i>	Per un anno Con frequenza quindicinale o mensile ovvero in relazione alla concentrazione di microcistina

Tab. 3. Monitoraggio dei pesci

Rispetto al controllo delle acque destinate al consumo umano provenienti dalla rete acquedottistica nel comune di Tolentino si ritiene la sorveglianza fondamentale, in considerazione del numero elevato di persone esposte.

Secondo il Decreto Legislativo 2 Febbraio 2001, n. 31 e s.m.i. sono di competenza dell'ente gestore del servizio idrico i controlli cosiddetti interni, per verificare e garantire la potabilità dell'acqua che viene distribuita alla popolazione mentre i controlli esterni sono svolti dall'ente pubblico, nel caso specifico dalla ASUR ZT 9 territorialmente competente, mentre le analisi sono effettuate dall'ARPA.

Determinazioni	Frequenza di campionamento
concentrazione di microcistine nell'acqua potabile in uscita dal potabilizzatore e nella rete	Almeno settimanale qualora la concentrazione di microcistina-LR (MC-LR) nel Lago delle Grazie sia al di sopra di 1 µg/l

Tab. 4. Monitoraggi nella rete acquedottistica

COMUNICAZIONE E INFORMAZIONE

E' auspicabile che tutti gli Enti partecipino attivamente alla creazione di un sistema di comunicazione che faciliti lo scambio di informazioni tra gli Enti stessi e ai cittadini, incoraggiando anche la partecipazione nelle attività di sorveglianza.

In particolare gli Enti devono facilitare l'accesso alla raccolta dei dati di monitoraggio e alle azioni svolte in tempo reale, utilizzando i comuni mezzi informatici.

Durante periodi di attenzione/allerta gli esiti dei campionamenti devono essere tempestivamente comunicati agli Enti interessati il prima possibile da quando vengono validati i dati delle prove.

Ai Comuni spetta il compito di informare il pubblico nelle immediate vicinanze delle acque di balneazione durante la stagione balneare, tramite la messa a disposizione di tutta una serie di informazioni stabilite dall'articolo 15 del D. Lgs 116/2008.

Agli stessi fini e con procedure informatizzate l'ENEL comunicherà le portate affluenti e derivate nel lago del Fiastrone e le quote dell'invaso.

La verifica del lavoro svolto, in termini di efficienza ed efficacia, sia dei periodi di routine che di allarme o emergenza è assicurato dagli incontri tra gli Enti interessati, secondo le modalità di coordinamento già sperimentate negli anni passati.

RIDUZIONE DEGLI APPORTI DI NUTRIENTI AI LAGHI

In questo contesto si collocano gli interventi finalizzati al mantenimento o al miglioramento della depurazione delle acque reflue urbane in ingresso ai laghi o nei loro bacini drenanti che devono essere programmati e pianificati nell'ambito delle previsioni del Piano Regionale di Tutela delle acque e del Piano d'Ambito dell'Autorità di Ambito Territoriale Ottimale n. 3 Marche Centro Macerata.

I controlli degli scarichi, nei laghi e nei loro bacini drenanti, delle acque reflue urbane, industriali e domestiche, dell'utilizzazione agronomica degli effluenti sono assicurati dalle Autorità competenti (Provincia e Comuni) attraverso la verifica del rispetto delle condizioni indicate nelle relative autorizzazioni allo scarico e comunicazioni.

Partecipano alle attività di controllo i Corpi e Organi di polizia specializzati in materia ambientale per la sorveglianza e gli accertamenti degli illeciti in violazione delle norme in materia di tutela delle acque dall'inquinamento.

Rispetto delle disposizioni conseguenti l'utilizzazione agronomica dei suoli agrari, in particolare inclusi nelle aree sensibili e/o vulnerabili ai nitrati, si rimanda alle previsioni individuate dal Piano di tutela delle acque e alle disposizioni allo scopo emanate dalla Regione Marche.

In particolare deve essere fatto riferimento al Decreto n. 10/TAM del 10 settembre 2003 "Prima individuazione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola", al Decreto n. 121/ARF del 24/9/2003 "Programma d'azione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola" e alla DGR. n. 1448 del 03.12.2008.

Quest'ultima dispone sull'individuazione e sul programma di azione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola recependo il Titolo V del DM 7 aprile 2006 "Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento", fermo restando quanto previsto dalle disposizioni e normative statali richiamate e/o contenute dal medesimo D.M., ottemperando anche agli adempimenti previsti dal regime di condizionalità della nuova PAC di cui al Reg. 1782/03.

Per le limitazioni volte al contenimento degli apporti di nutrienti da parte delle attività di pesca, si fa esplicito rinvio alla regolamentazione dell'esercizio della pesca disposto dalla Provincia di Macerata con il proprio calendario piscatorio. Viene fatto salvo il divieto al singolo pescatore di detenere ed utilizzare più di 1 Kg di bigattini e più di 1,5 Kg di pasture, compreso il mais per ogni giornata di pesca, salvo altre specifiche disposizioni o deroghe autorizzate.

REGIME IDRODINAMICO

Deve essere garantita la compatibilità del regime idrodinamico delle acque dei laghi con gli usi delle stesse e con l'ecosistema acquatico. Nel Lago del Fiastrone in particolare devono essere evitate rapide oscillazioni del livello del lago e la quota minima di invaso non dovrebbe scendere sotto i 630 m circa. Nel caso di fioriture generanti fasi di allerta o di emergenza la produzione di energia elettrica mediante turbinazione delle acque derivate dal lago del Fiastrone con le portate del fiume Chienti a monte (lago di Polverina) dovrebbe assicurare un rapporto di almeno 1: 2.

Si ritiene inoltre fondamentale, rispetto alle previsioni dell'articolo 114 della Parte Terza del D. Lgs 152/2006 e del DM 30 giugno 2004, relative ai progetti di gestione degli invasi comprendente le operazioni di svasso, sghiaimento e sfangamento, che la procedura autorizzatoria di detti progetti tenga conto delle conoscenze acquisite e dello stato degli invasi in relazione alle tematiche affrontate nel presente documento.

E' ovvio che nel piano di gestione debbono essere comprese tutte le misure di prevenzione e tutela del corpo ricettore, dell'ecosistema acquatico, delle attività di pesca e delle risorse idriche invase e rilasciate a valle dell'invaso durante le operazioni stesse.

LIMITAZIONI E DIVIETI

Per un maggior dettaglio sulle limitazioni e divieti sugli usi delle acque si rimanda a quanto dettagliatamente indicato all'allegato 1. Di seguito, per praticità d'uso, se ne riporta una breve sintesi.

Balneazione

Preliminarmente si evidenzia come la *P. rubescens* raggiunge densità elevate negli strati superficiali nei periodi ove non vengono svolte attività di balneazione e come i limiti consigliati nella Circolare del Ministero della Sanità del 1988 siano superati.

In linea generale si definiscono 2 livelli di sicurezza:

Livello 1 Densità < 20.000 cell/ml Bassa probabilità e/o lievi effetti nocivi da effetti irritativi o allergenici: nessuna azione restrittiva

Livello 2 Densità > 20.000 cell/ml Probabilità moderata di effetti nocivi per la salute umana: misure di sorveglianza e informazione che andranno intensificate a densità cellulari maggiori di 100.000 cell/ml

Utilizzo delle acque per uso potabile

Viene definito un valore provvisorio di linea guida di 1 µg/l per la microcistina-LR (MC-LR) totale per la qualità delle acque potabili.

Si deve verificare l'efficacia del sistema di rimozione nell'impianto di potabilizzazione.

Pesca

Per una attendibile valutazione del rischio è necessario fare riferimento ad un adeguato monitoraggio dei corpi idrici e ad una misurazione per un periodo congruo delle concentrazioni nelle parti eduli delle specie più rappresentative per il consumo.

Non vi è un rischio sanitario significativo se i valori di assunzione non uguagliano la TDI definita dall'OMS pari a 0,4 µg/kg p.c. che, per un uomo di 60 Kg, equivale all'ingestione di 2,4 µg giorno.

Per esposizioni subcroniche si può usare la dose acuta di riferimento (ARfD) di 0,4 µg/kg al giorno corrispondente a 24 µg/kg per un uomo di 60 Kg.

Per il rischio acuto è stato proposto un valore di dose acuta senza effetto di 2,5 µg/kg p.c. che, per un uomo di 60 Kg, equivale all'ingestione di 150 µg di MR-LR.

Uso irriguo

Anche a concentrazioni superiori a 1 µg/l per la microcistina-LR è possibile considerare la qualità dell'acqua idonea per uso irriguo.

E' vietato l'uso di acque interessate da forti fioriture, accumuli e schiume per l'irrigazione di piante destinate in tempi brevi ad uso alimentare diretto.

Abbeveraggio del bestiame

Considerando la stagionalità delle fioriture di *P. rubescens* nei laghi del Chienti è ragionevole escludere un'esposizione di tipo cronico. Per la valutazione del rischio si deve far riferimento ai livelli di esposizione alle cianotossine.

Riguardo al rischio acuto per esposizioni limitate si ritiene protettivo un limite di 100.000 cell/ml di *M. aeruginosa* corrispondenti a circa 10 µg/l di microcistina-LR equivalenti.

E' vietato l'uso di acque interessate da forti fioriture, accumuli e schiume per l'abbeveraggio di animali domestici e di allevamento.

NOTE FINALI

Il presente documento potrà essere integrato o modificato:

- in relazione ai risultati che le attività previste determineranno;
- per l'apprezzamento di ulteriori opportunità tecniche di intervento;
- per meglio apprezzare gli interessi pubblici e sociali perseguiti dagli Enti territoriali competenti;
- in sede di definizione degli indirizzi regionali in materia, previsti nel Progetto di Piano di Tutela delle acque.

ALLEGATO 1

Parere Istituto Superiore di Sanità

n. 22826/AMPP.IA.12 del 16.04.2008 prot. 36003 del 10.06.2008

5 METODOLOGIA DELL'INDAGINE

5.1 Prelevamento dei campioni

I prelievi vengono effettuati con una bottiglia di Niskin (TH3), dalla capacità di 5 litri nei punti prestabiliti.

Generalmente si prelevano due campioni per ogni stazione di campionamento: il primo a 0,5 metri di profondità e il secondo a circa un metro dal fondo, nel lago Fiastrone presso la stazione n° 2 viene prelevato un campione anche a metà colonna.

L'acqua prelevata viene messa in bottiglie scure di vetro o di plastica (1000 ml per l'esame biologico, 1000 ml per l'esame chimico) e trasportata in laboratorio in un contenitore termico ad una temperatura di circa 4°C.

La frequenza dei campionamenti è stata mensile o comunque secondo quanto previsto dal protocollo gestionale in relazione all'intensità del fenomeno eutrofico.

5.2 Punti di campionamento

Lago Fiastrone

Stazione di campionamento n°1

- 1- a circa 20 metri dalla diga a circa 0,5 metri di profondità
- 2- a circa 20 metri dalla diga a circa 40 metri di profondità

Stazione di campionamento n°2

- 3- al centro del lago a 0,5 metri di profondità
- 4- al centro del lago a circa 12 metri di profondità
- 5- al centro del lago a circa 20 m di profondità

Stazione di campionamento n°3

- 6- all'inizio del lago a 0,5 metri di profondità
- 7- all'inizio del lago a 2 metri di profondità

Lago Borgiano

Stazione di campionamento n°1

- 1- a circa 20 metri dalla diga a 0,5 metri di profondità
- 2- a circa 20 metri dalla diga a 15 metri di profondità

Stazione di campionamento n°2

3- al centro del lago a 0,5 metri di profondità

4- al centro del lago a 7 metri di profondità

Stazione di campionamento n°3

5- all'inizio del lago a 0,5 metri di profondità

Lago le Grazie

Stazione di campionamento n°1

1- a circa 20 metri dalla diga a 0,5 metri di profondità

2- a circa 20 metri dalla diga a circa 6 metri di profondità

Lago di Polverina

Stazione di campionamento n°1

1- a circa 20 metri dalla diga a 0,5 metri di profondità

2- a circa 20 metri dalla diga a circa 6 metri di profondità.

Lago di Castreccioni

Stazione di campionamento n°1 - in prossimità della diga

1- a circa a 0,5 metri di profondità

2- a circa 30 metri di profondità

Stazione di campionamento n°2 – al centro del lago

3- a circa 0,5 metri di profondità

4-a circa 20 metri di profondità

5-a circa 40 di profondità

Stazione di campionamento n°3 – fine ramo sinistro (Argiano)

6-a circa 0,5 metri di profondità

7-a circa 15 metri di profondità

Stazione di campionamento n°4 – Piattaforma Kambusa

8-a circa 0,5 m di profondità

9-a circa 15 m di profondità

Stazione di campionamento n°5 – inizio ramo sinistro (Argiano)

10-a circa 0,5 m di profondità

Stazione di campionamento n°6 – inizio ramo destro (Musone)

11-a circa 0,5 m di profondità

5.3 Parametri determinati

PH

Temperatura acqua	°C
Trasparenza	m
Ossigeno disciolto	% di saturazione
Azoto ammoniacale NH ₄	mg/l
Azoto nitrico N	mg/l
Azoto nitroso N	mg/l
Azoto totale	mg/l
Fosforo totale P	mg/l
TOC	% s.s.
F totale	mg/Kg s.s.
N totale	mg/Kg s.s.
Popolazioni algali	cellule/l
Alghe potenzialmente tossiche	cellule/l
Tossine algali (microcistine tot.)	ppb

I parametri chimici sono stati determinati seguendo i metodo ufficiali pubblicati dall'IRSA-CNR.

La ricerca delle alghe potenzialmente tossiche è stata eseguita seguendo il metodo quali-quantitativo riportato dalla Nota ministeriale n°IX.400.4/13.1/3/562.

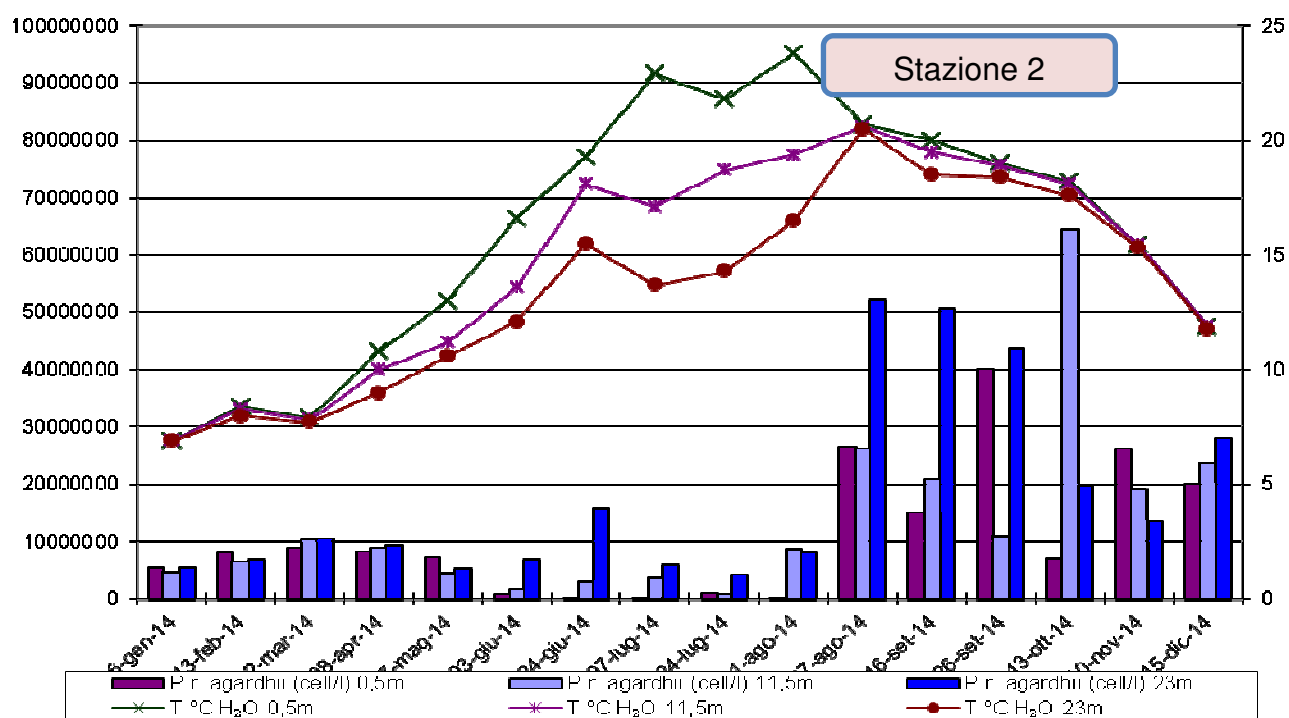
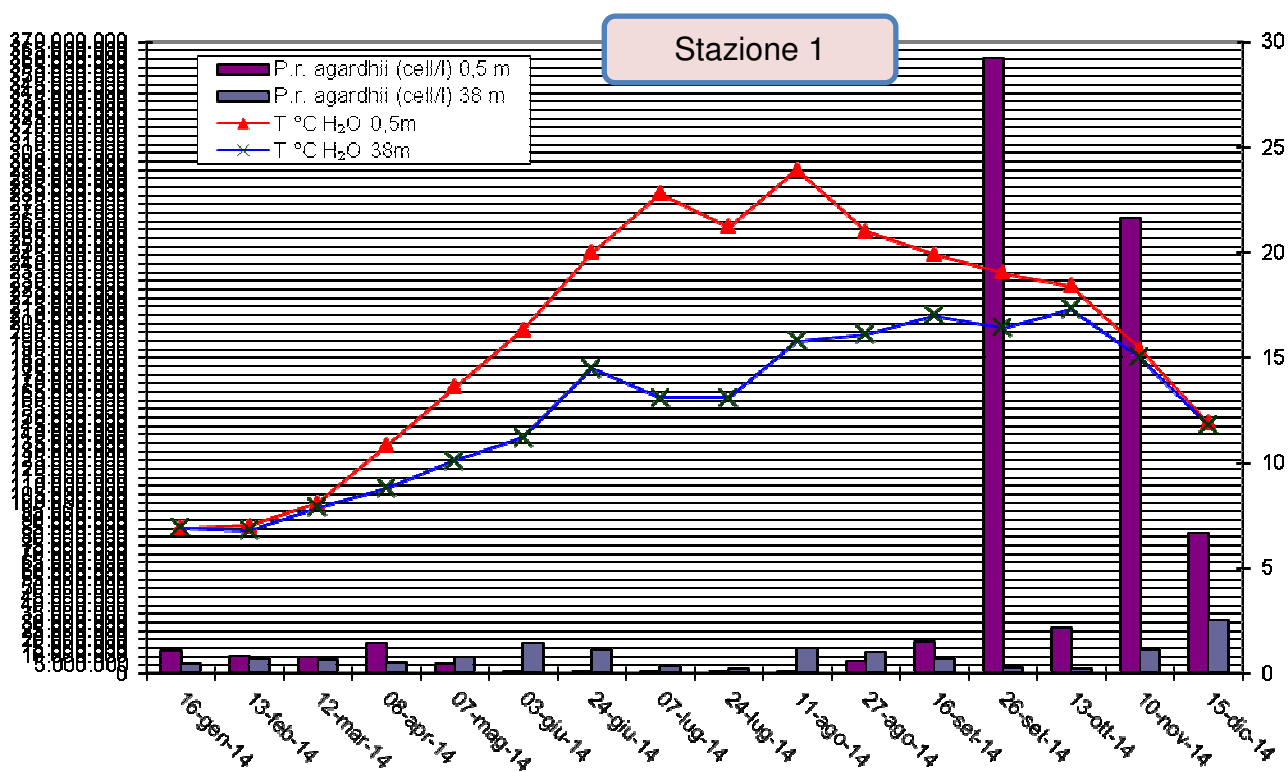
La ricerca delle tossine algali è stata effettuata utilizzando un metodo immunoenzimatico specifico per la ricerca quantitativa delle tossine microcistine in campioni di acque superficiali.

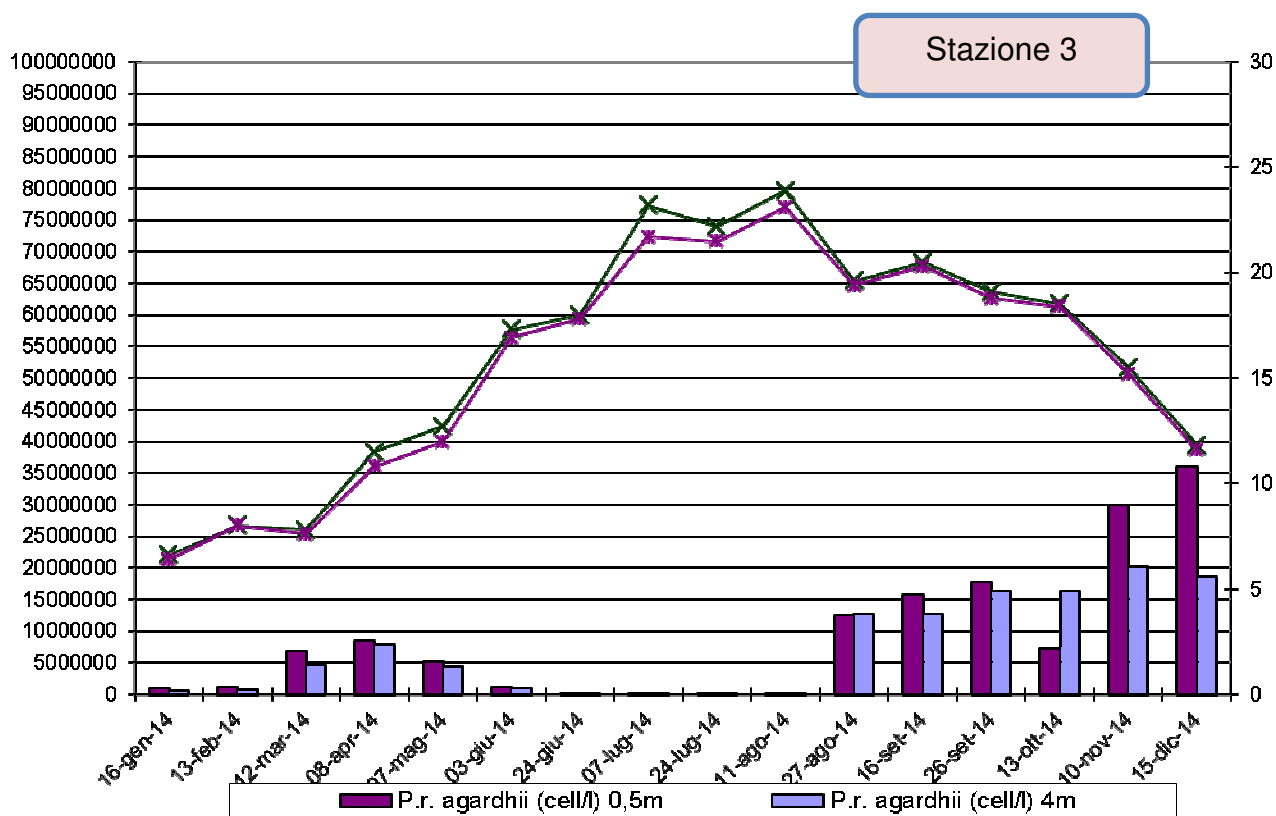
Il metodo non distingue tra le diverse varianti tossiche microcistine ma rileva la loro presenza a varie concentrazioni. La concentrazione viene espressa in ppb.

6 RISULTATI

6.1 Lago Fiastrone

Temperatura dell'acqua e presenza di *Planktothrix rubescens* e *agardii*

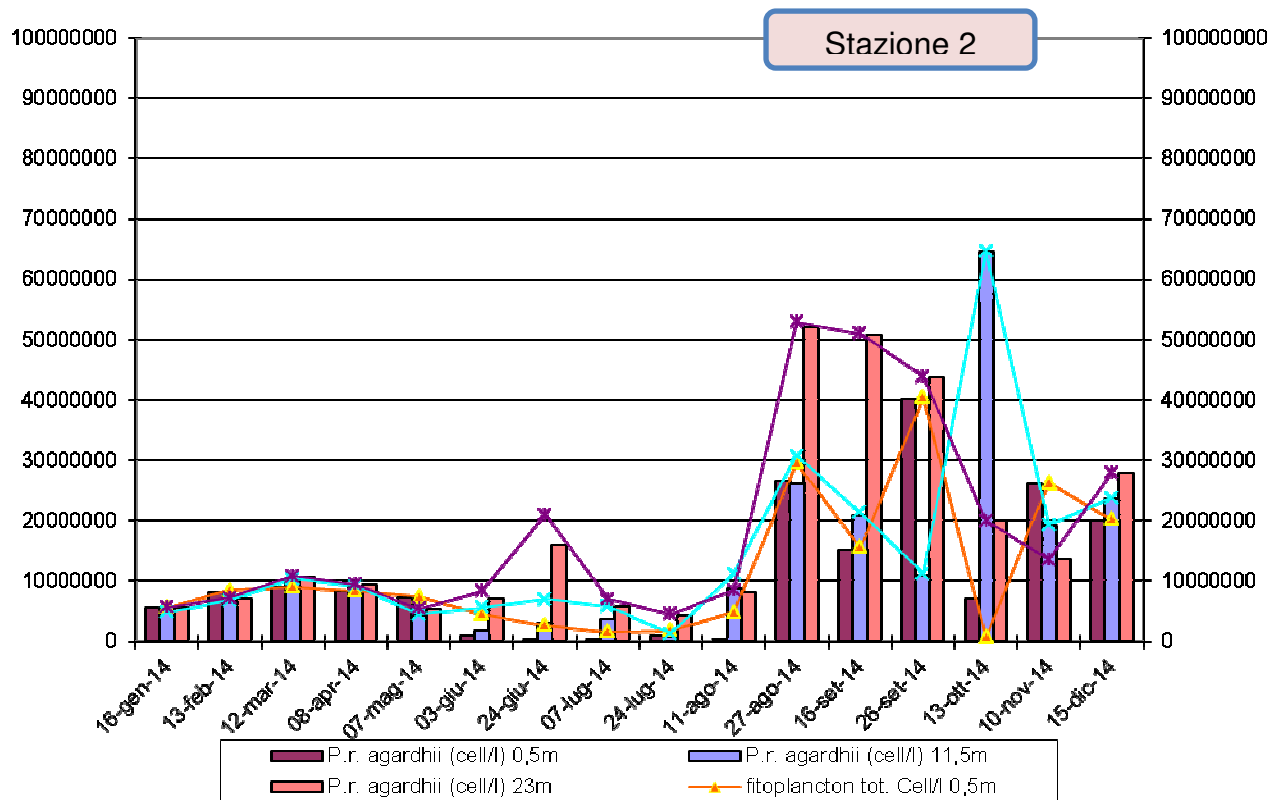
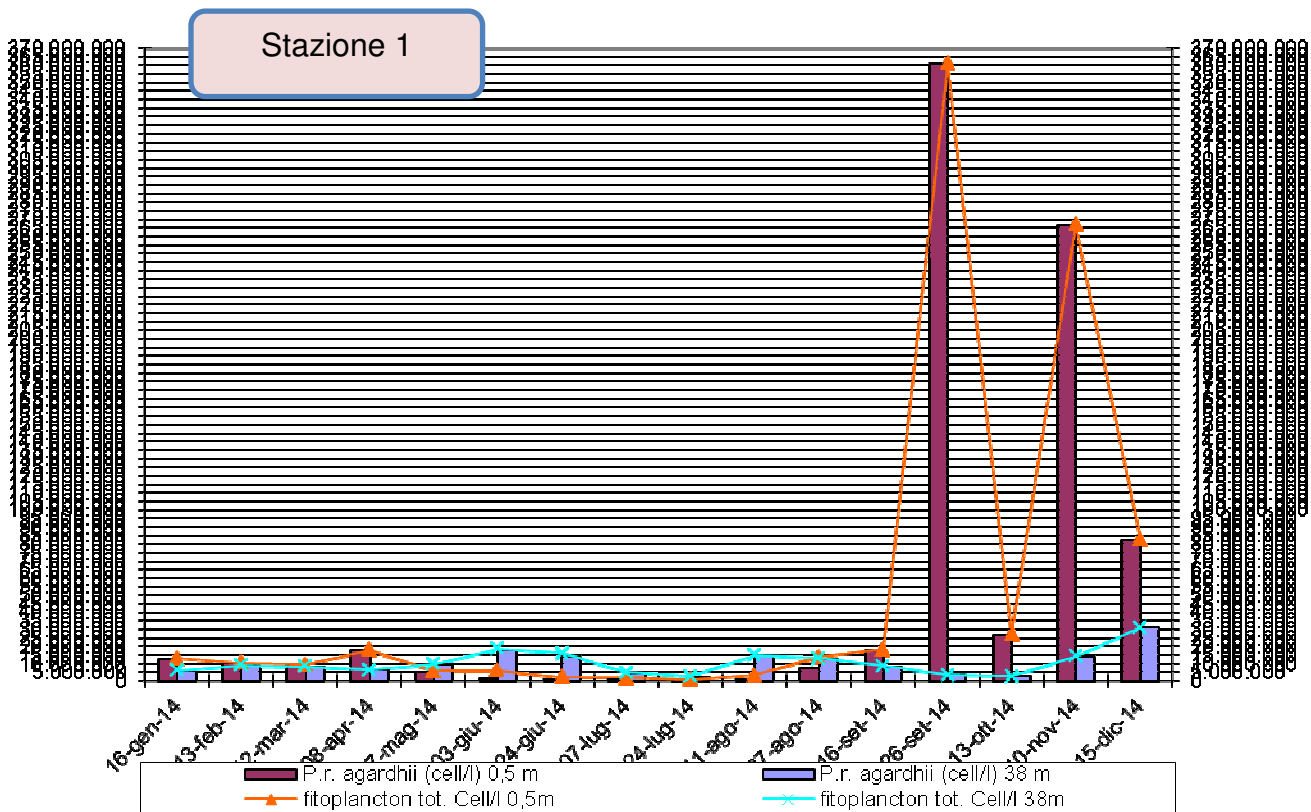


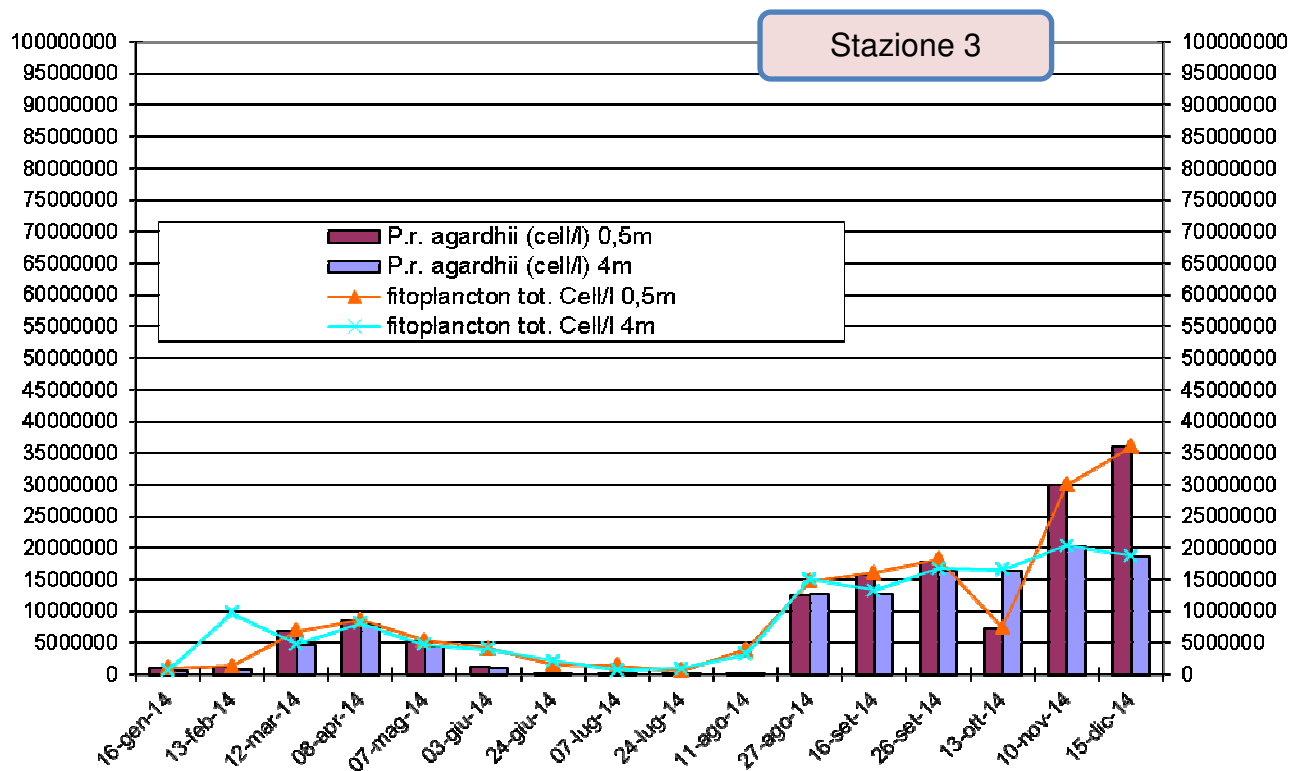


L'andamento della temperatura in tutte le stazioni di campionamento ha evidenziato valori minimi nel periodo invernale (6,8-7°C valore minimi) e viceversa i valori maggiori (22-24°C) sono stati registrati nel periodo giugno-agosto. Inoltre, si evidenzia, soprattutto nelle stazioni 1 e 2 un periodo di stratificazione termica che va da aprile fino all'inizio di ottobre, di conseguenza il rimescolamento delle acque è avvenuto nei periodi gennaio-marzo e ottobre-dicembre.

Per quanto riguarda la presenza della *P.r.agardii*, anche in quest'anno il lago Fiastrone è stato caratterizzato dalla ormai consueta fioritura algale, confermando ancora una volta il tipico andamento stagionale, precisamente l'inizio della fioritura al termine del periodo estivo, per raggiungere le massime densità nel periodo autunno-inverno (80.000.000-350.000.000 cell/l), per poi diminuire in estate fino a quasi scomparire in superficie per rifugiarsi in profondità, cui ha raggiunto le densità più elevate (50.000.000 cell/l), precisamente nella stazione posta al centro del lago in profondità nel mese di agosto.

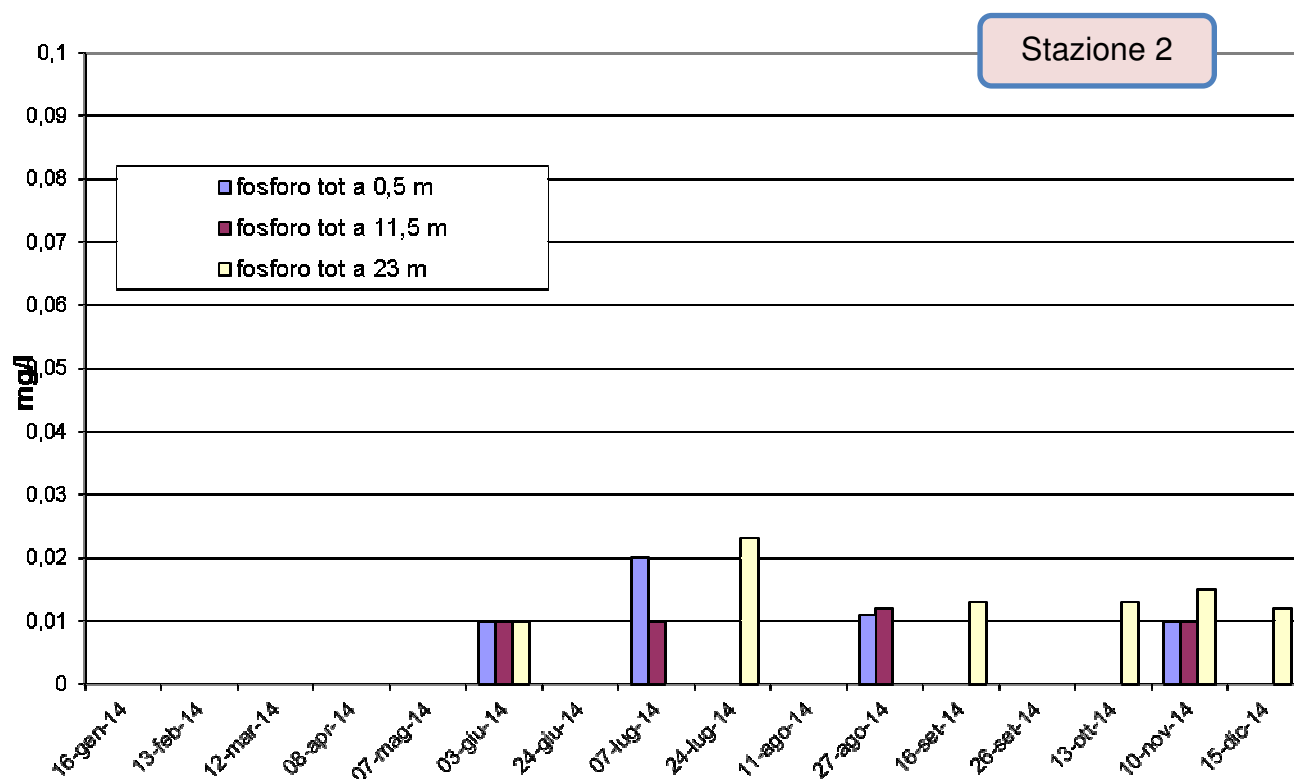
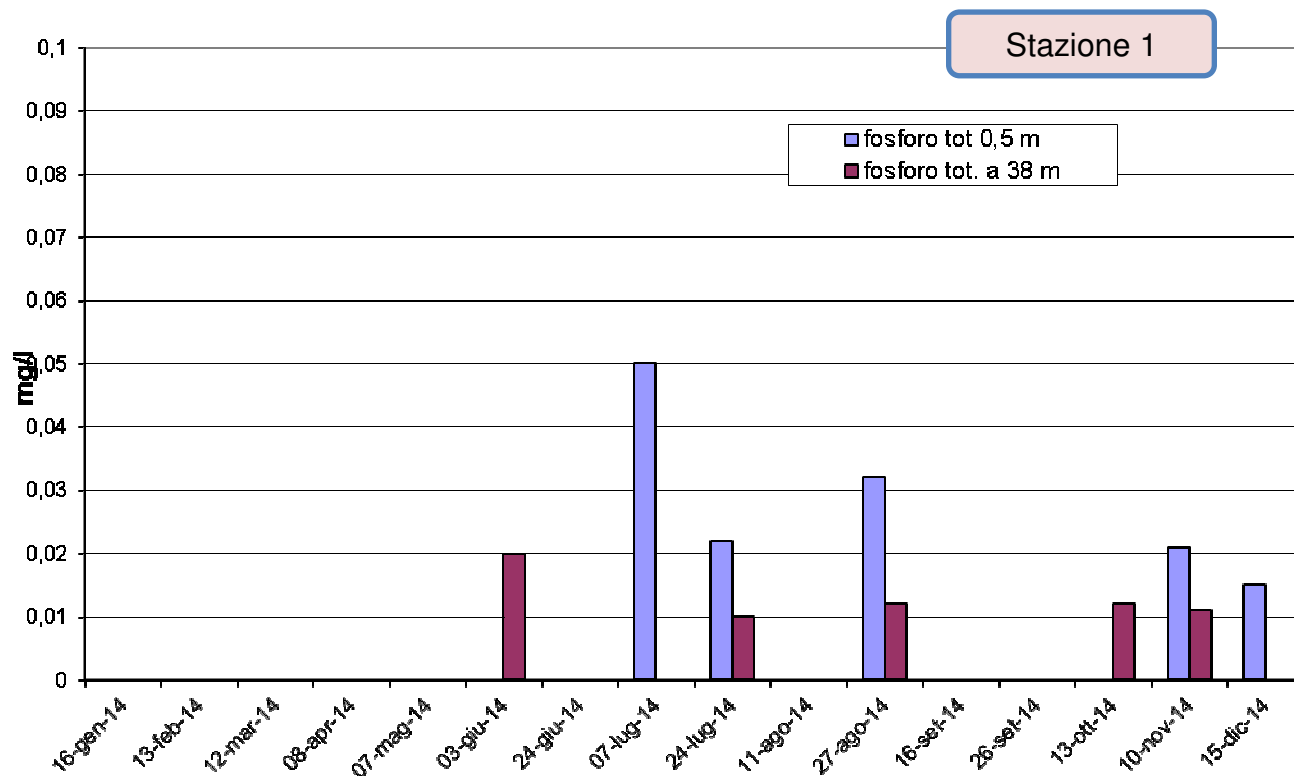
Fitoplancton totale

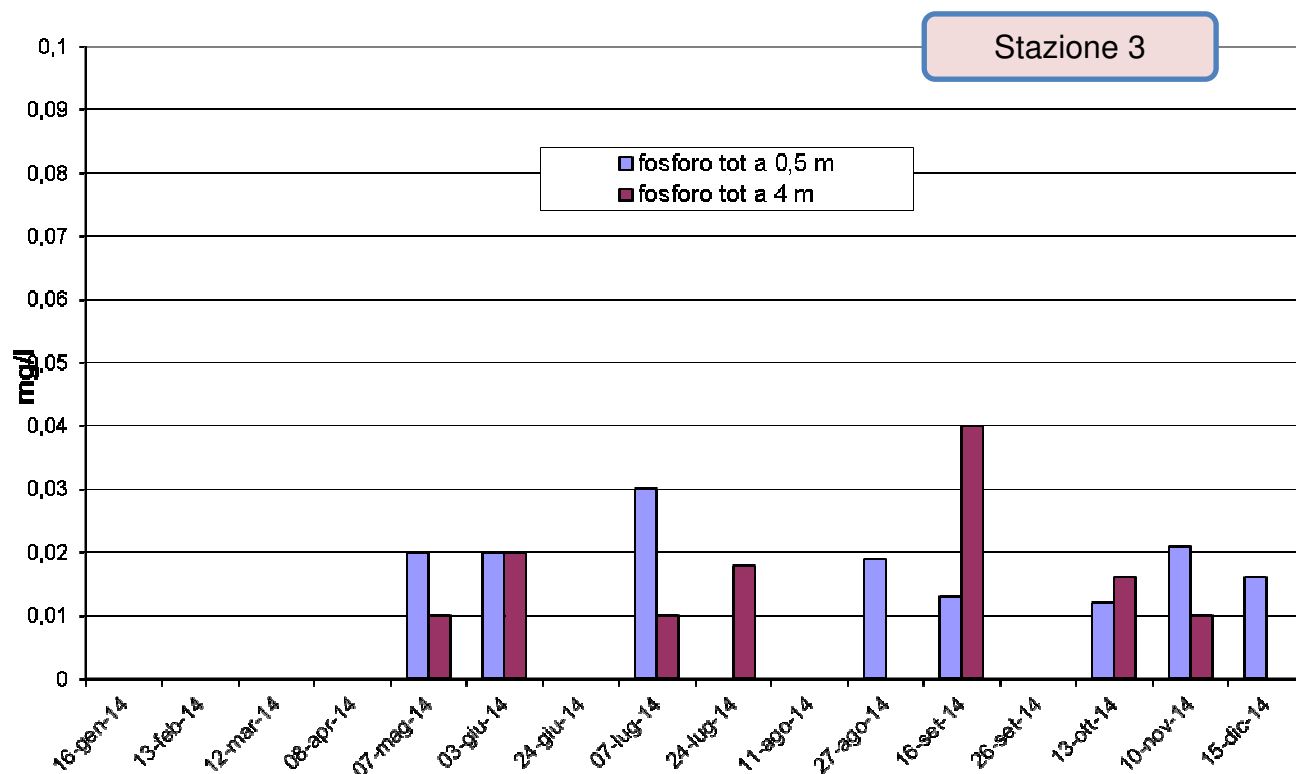




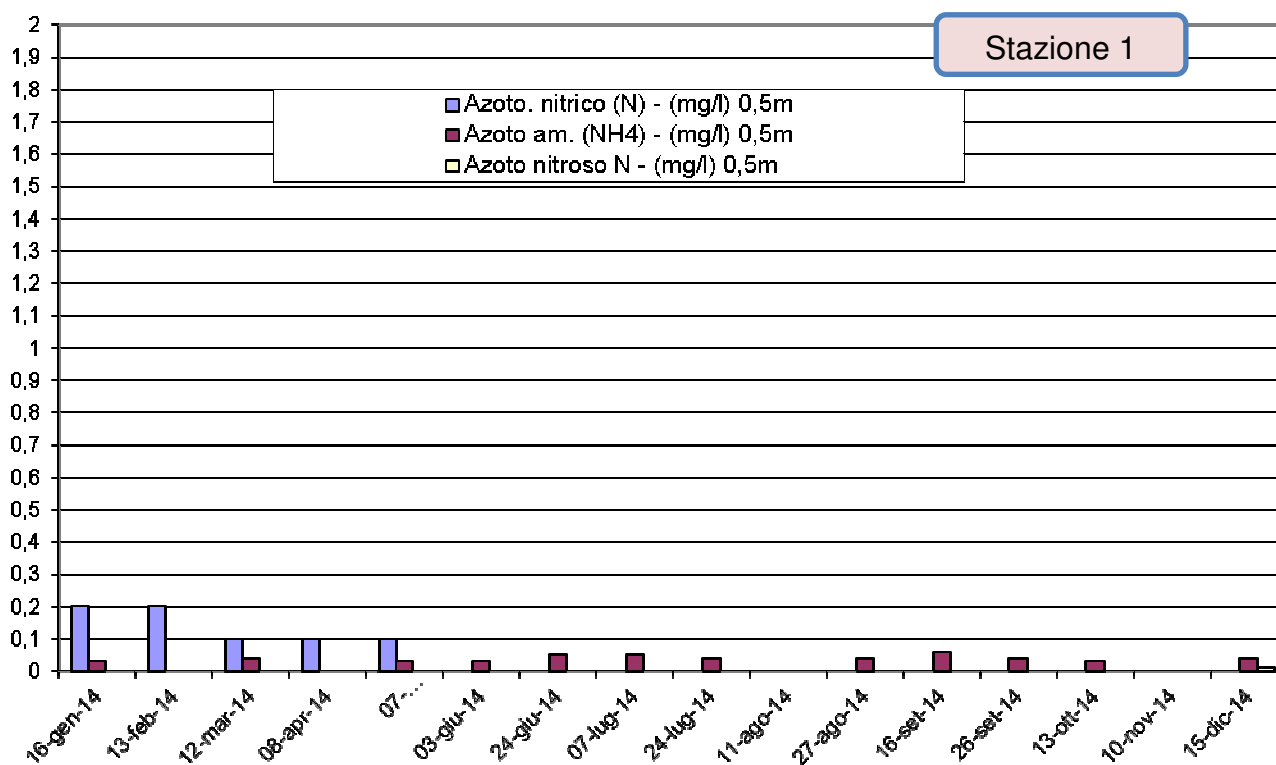
Dall'osservazione dei grafici sopra riportati, si evidenzia ancora una volta che il genere *Planktothrix* costituisca la componente dominante del fitoplancton, infatti ad eccezione del periodo giugno-agosto per i punti posti in superficie, la densità del fitoplancton totale è risultata sempre coincidente con la densità della *P.r. agardii*.

Fosforo totale

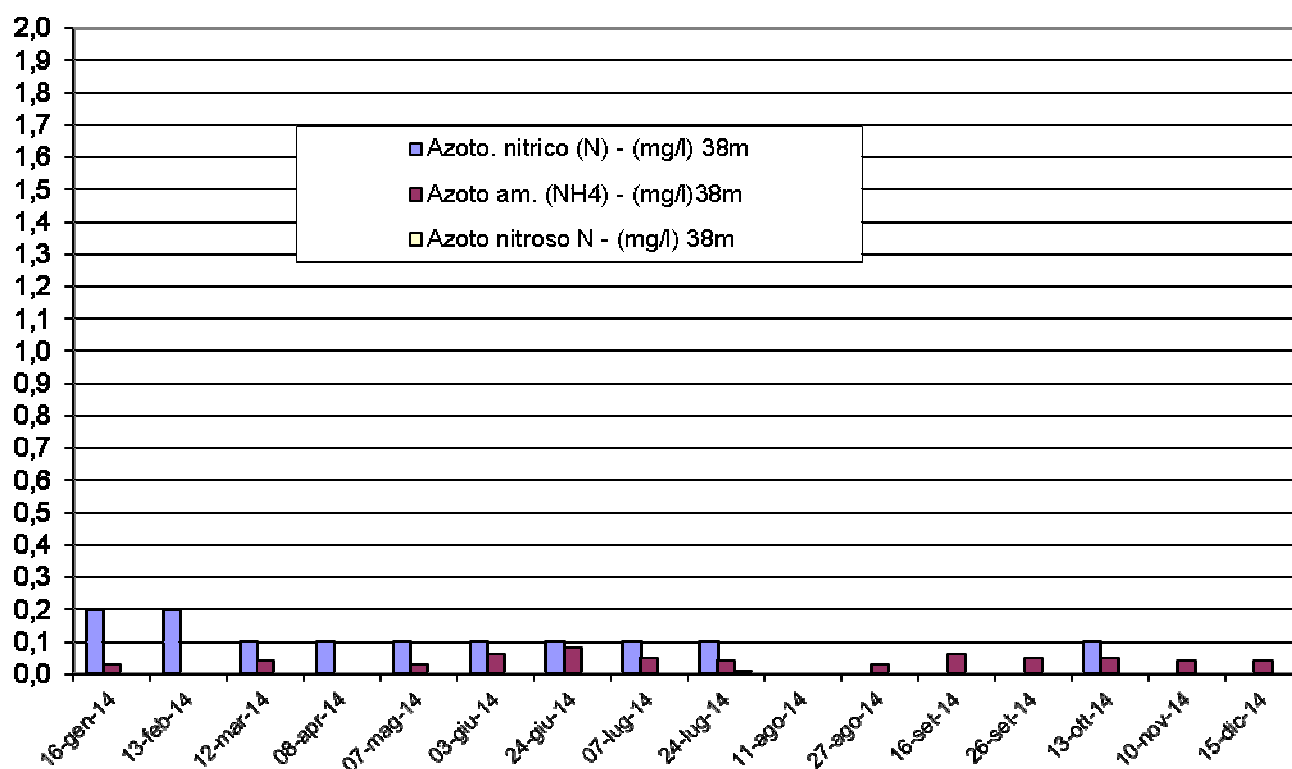




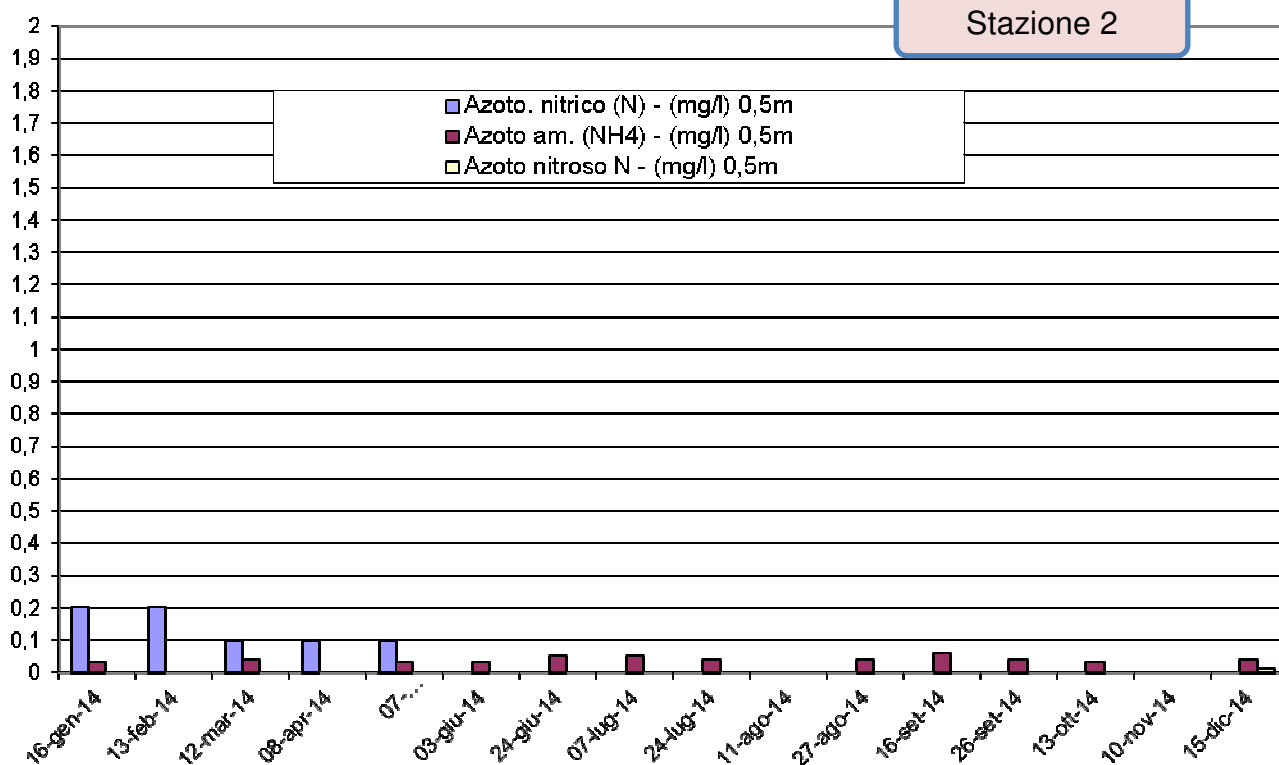
Azoto nitrico, nitroso, ammoniacale

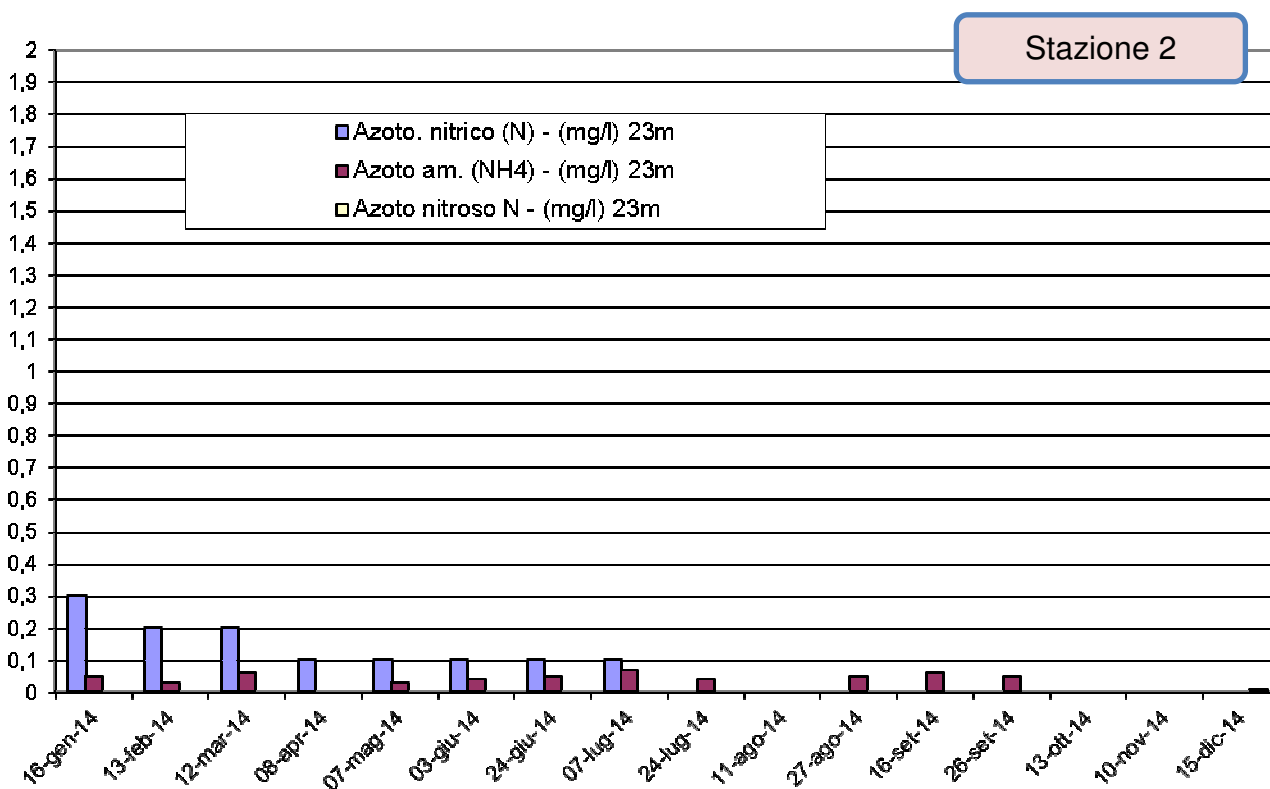
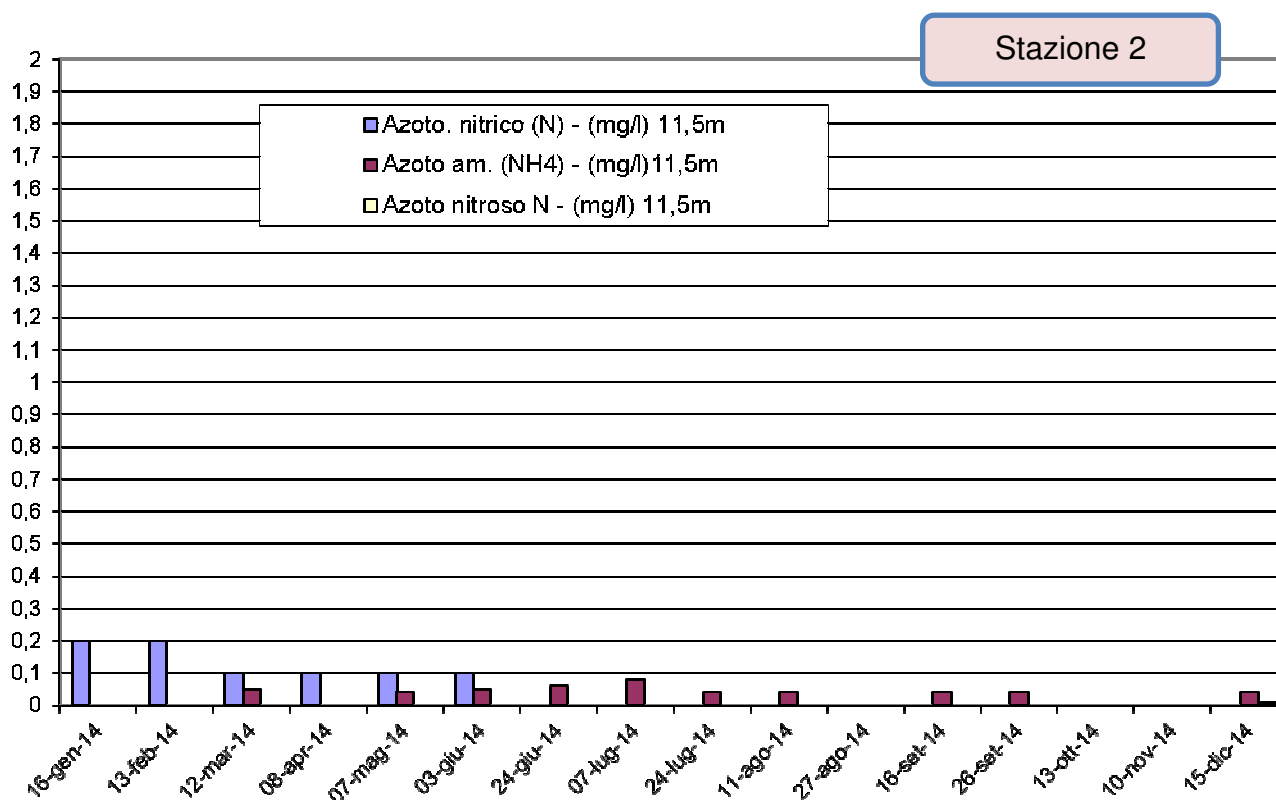


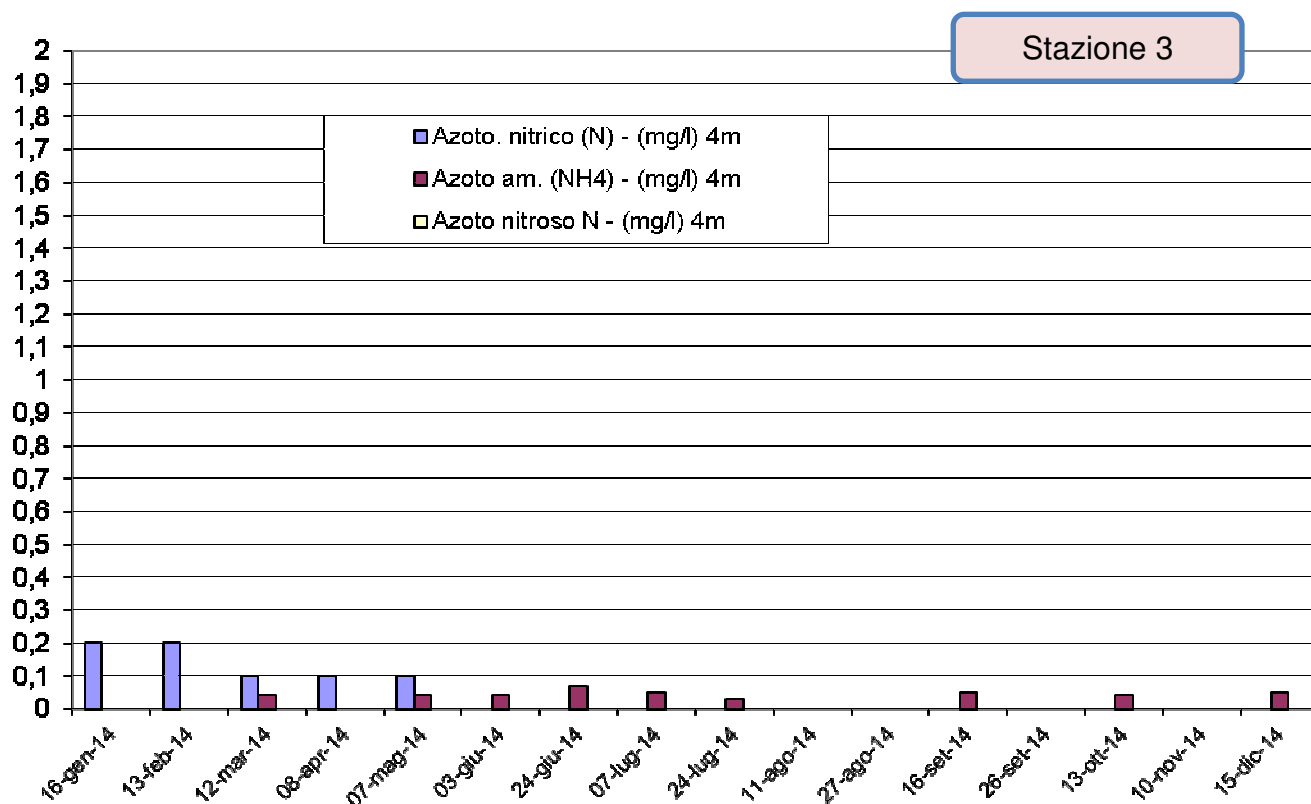
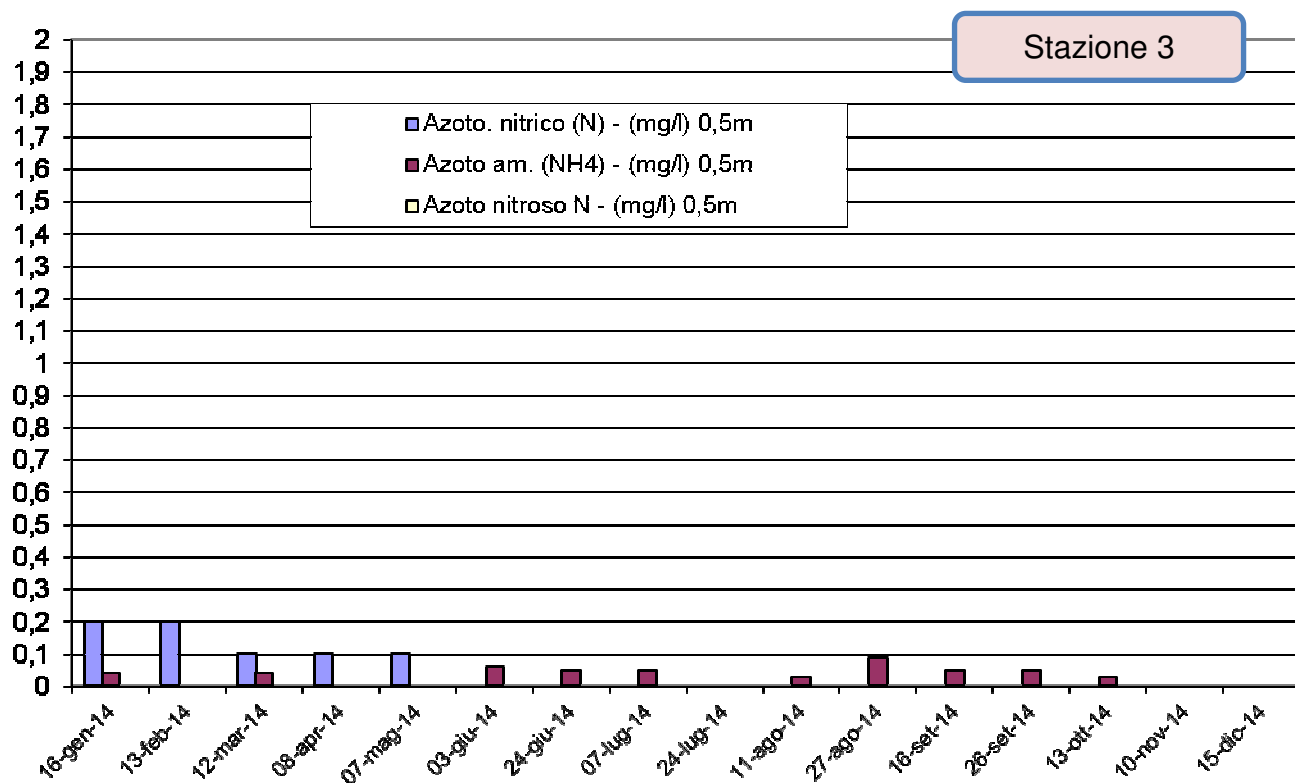
Stazione 1



Stazione 2







Il carico di nutrienti che raggiungono i corsi d'acqua superficiali, determinano il livello di intensità e la distribuzione della biomassa microalgale e il nitrato, costituisce la componente di gran lunga principale della frazione dell'azoto inorganico solubile, gioca un ruolo importantissimo nel processo di

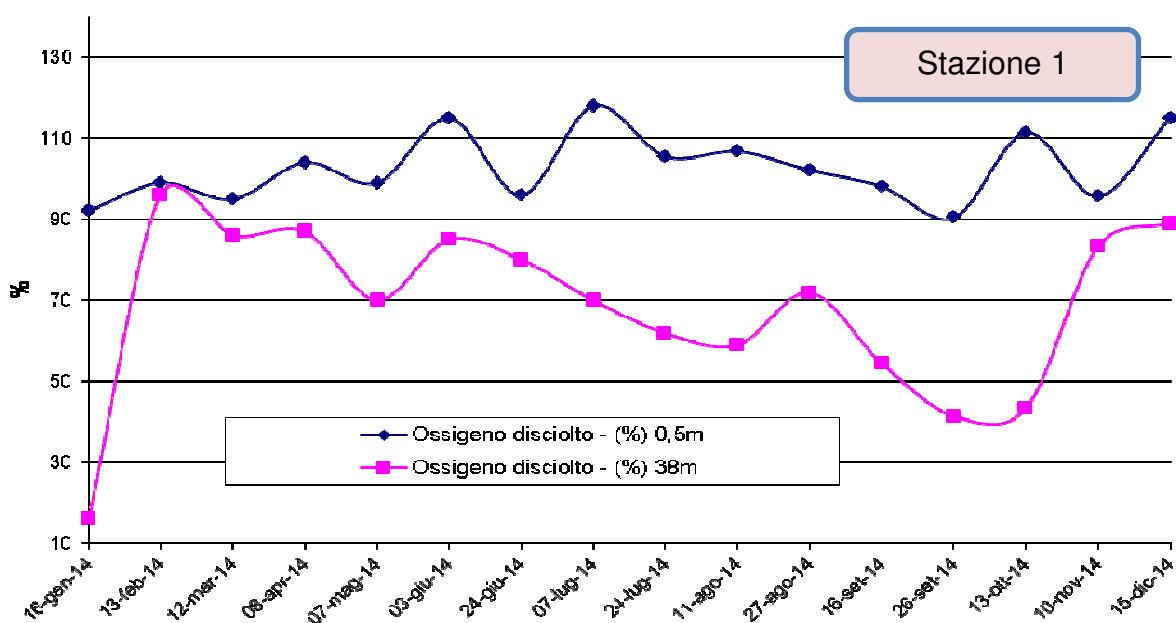
eutrofizzazione, non ci si deve però aspettare l'esistenza di una correlazione stretta tra questo parametro, la biomassa e l'indicatore clorofilla "a" in quanto i tempi di risposta della crescita della componente fitoplanctonica sono molto variabili.

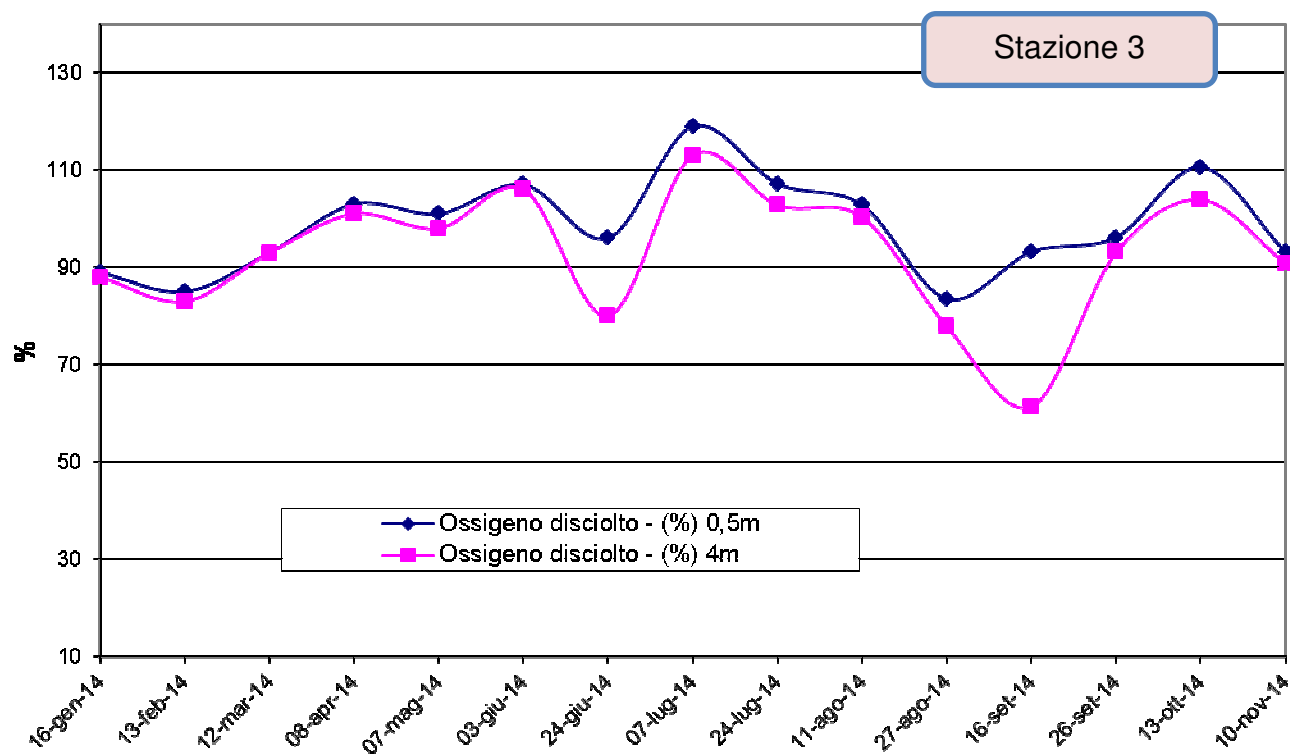
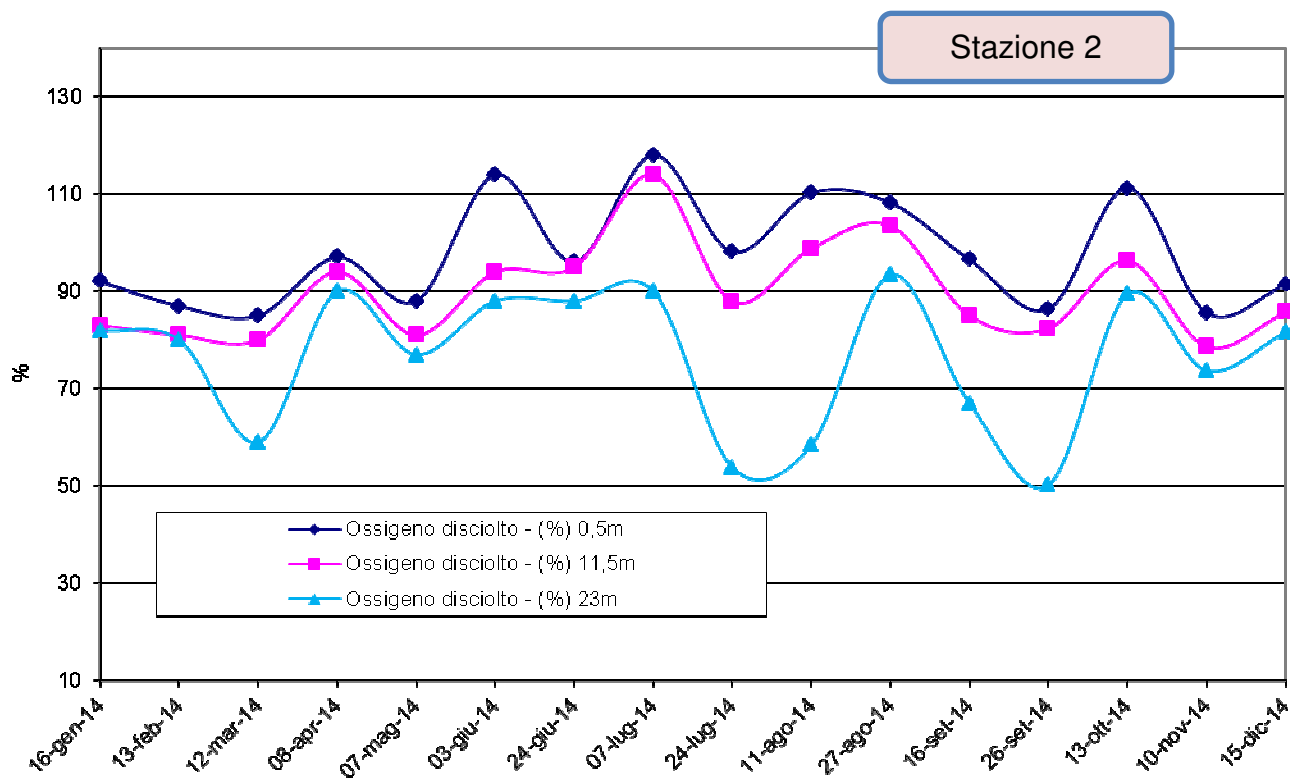
La concentrazione di fosforo totale è in relazione, oltre che alla portata delle acque dolci fluviali, al particolato organico in sospensione sia esso di origine detritica che fitoplanctonica

In tutte le stazioni di campionamento, le concentrazioni dell'azoto inorganico sono risultate più elevate nel periodo gennaio-febbraio (0,2- 0,3 mg/l) in relazione al maggior apporto di piogge. Mentre nei restanti mesi è stata rilevata sempre una concentrazione inferiore 0,1 mg/l. Le concentrazioni dell'azoto ammoniacale sono state generalmente sempre prossime al limite di determinazione (0,03 mg/l) ad eccezione del periodo estivo, su tutte le stazioni poste in superficie sono stati registrati i valori maggiori lievemente più elevati (0,05-0,09 mg/l). Anche in quest'ultimo monitoraggio le concentrazioni dell'azoto nitroso sono sempre risultate inferiori a 0,01 mg/l.

Le concentrazioni del fosforo totale, sono risultate generalmente sempre inferiori al limite di determinazione (0,010 mg/l). I valori massimi (0,03-0,05 mg/l) sono stati rilevati nei mesi luglio e settembre, inoltre come già evidenziato in altri monitoraggi precedenti anche la concentrazione dell'orto fosfato è risultata sempre inferiore a 0,010 mg/l. Riassumendo il lago Fiastrone è stato caratterizzato da valori di nutrienti contenuti quindi ancora una volta possiamo definirlo, secondo lo schema di classificazione della trofia delle acque interne un lago oligoeutrofico.

Ossigeno disciolto





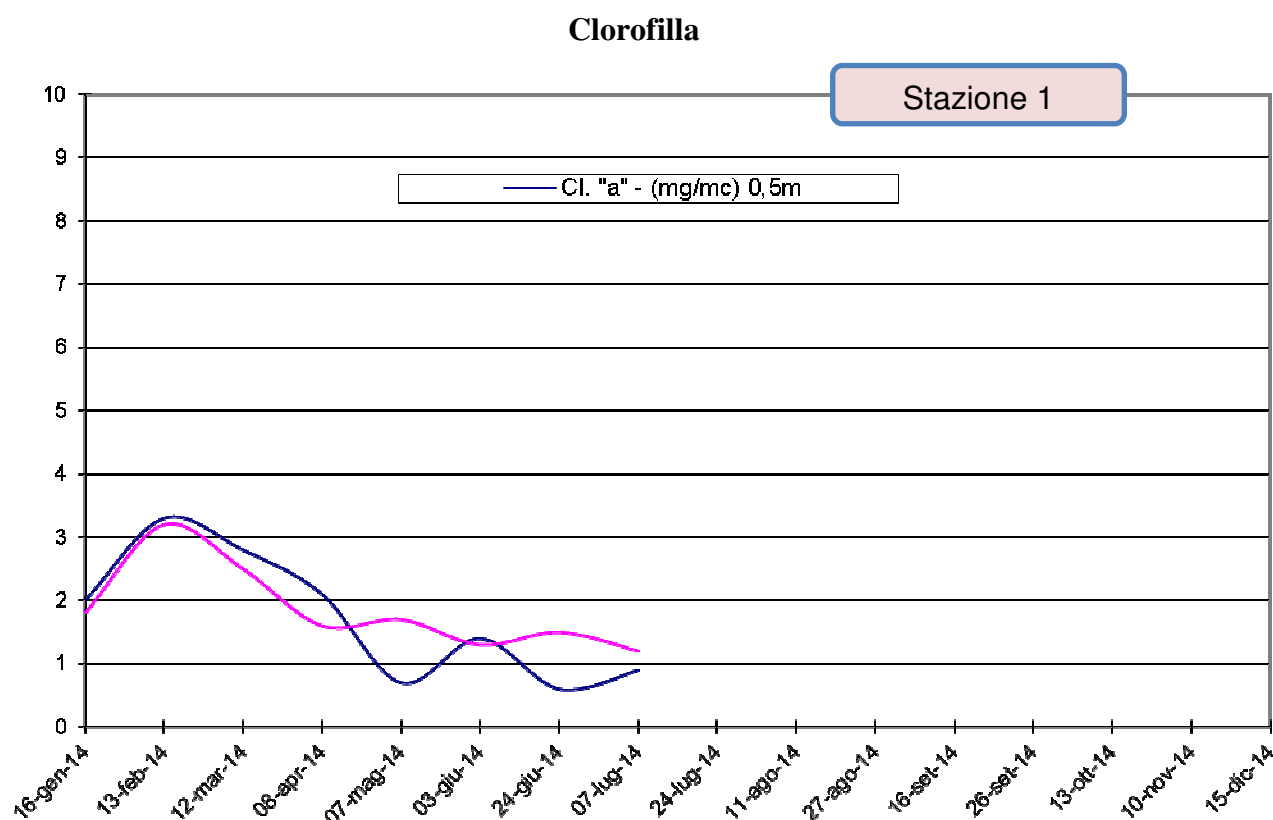
La valutazione dell'ossigeno disciolto nella colonna d'acqua è un importante indicatore dello stato trofico delle acque lacustri. L'ossigeno è soggetto ad elevata variabilità prevalentemente in funzione della produttività primaria.

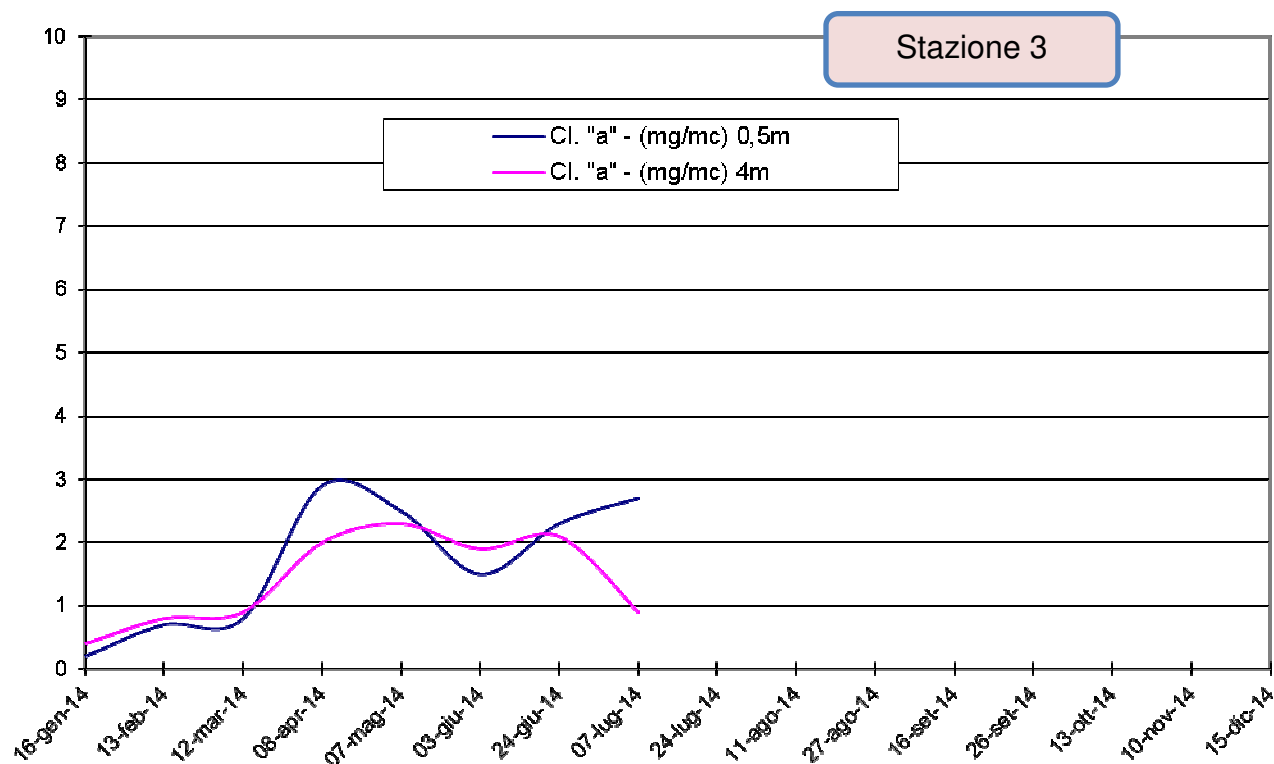
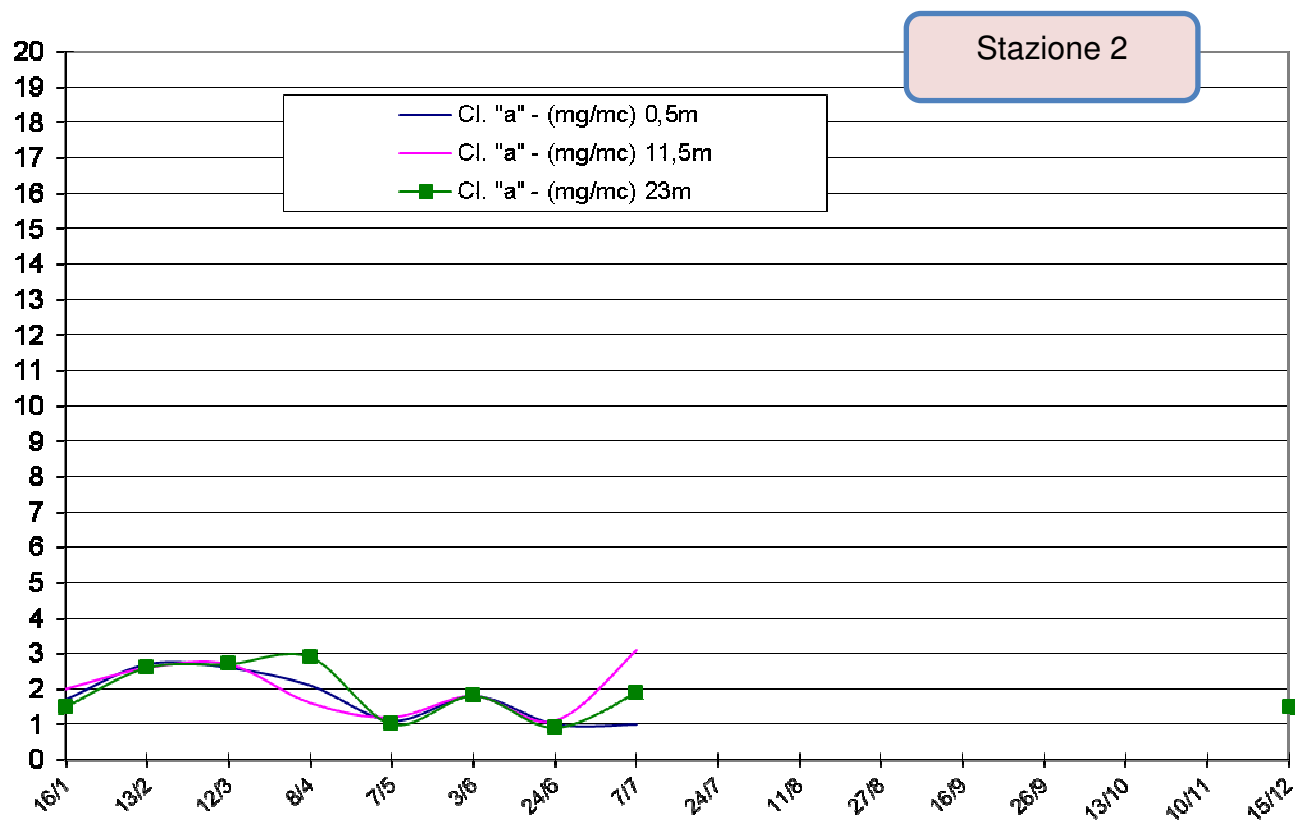
Le variazioni negli strati superficiali attorno al valore di saturazione sono infatti principalmente conseguenti all'attività fotosintetica planctonica.

Nelle acque di fondo, invece, i valori tendenti alla sottosaturazione sono per lo più dovuti alla richiesta di ossigeno legata ai processi di degradazione della sostanza organica con conseguente consumo di ossigeno disciolto.

In termini quantitativi l'ossigeno disciolto è in funzione della temperatura e della salinità.

Il lago Fiastrone, nell'anno 2014, è stato caratterizzato da valori di sottosaturazione compresi nell'intervallo (10-98%), naturalmente i valori minimi (40-50%) sono stati registrati nei punti posti in profondità nelle stazioni n°1 e 2 soprattutto nel periodo luglio-ottobre ; il valore più basso in assoluto pari al 16% è stato rilevato nella stazione 1 in profondità nel mese di gennaio. I valori più alti di saturazione sono stati pari a 110 -118%

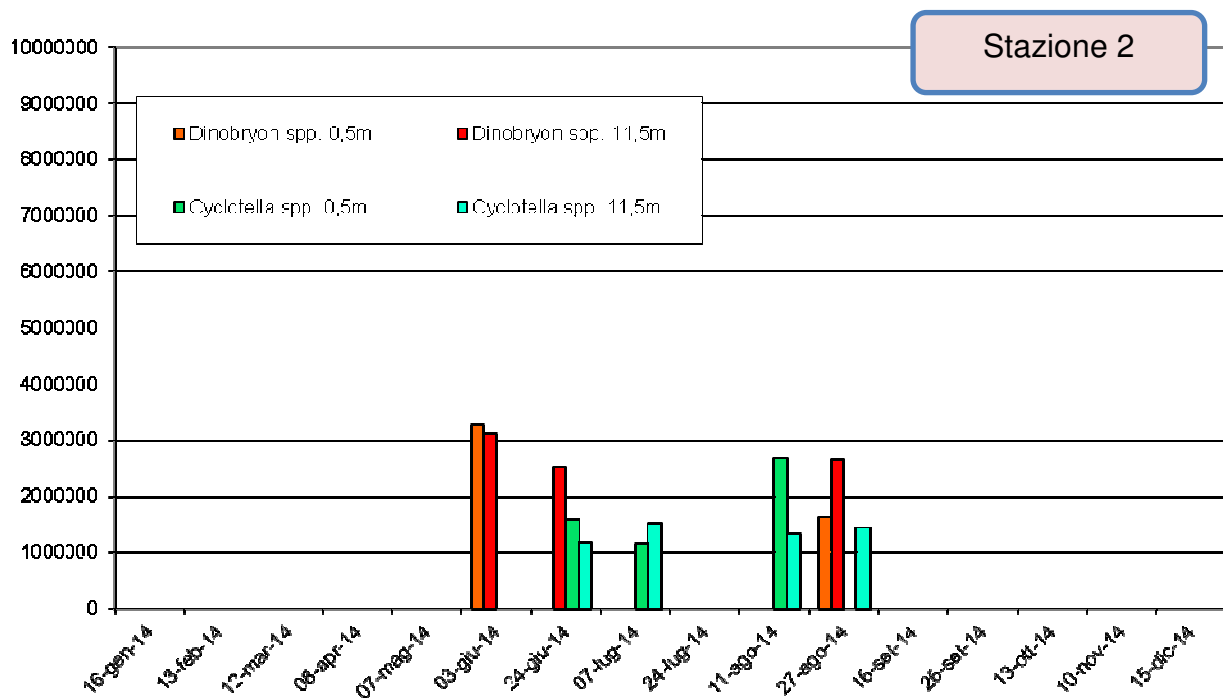
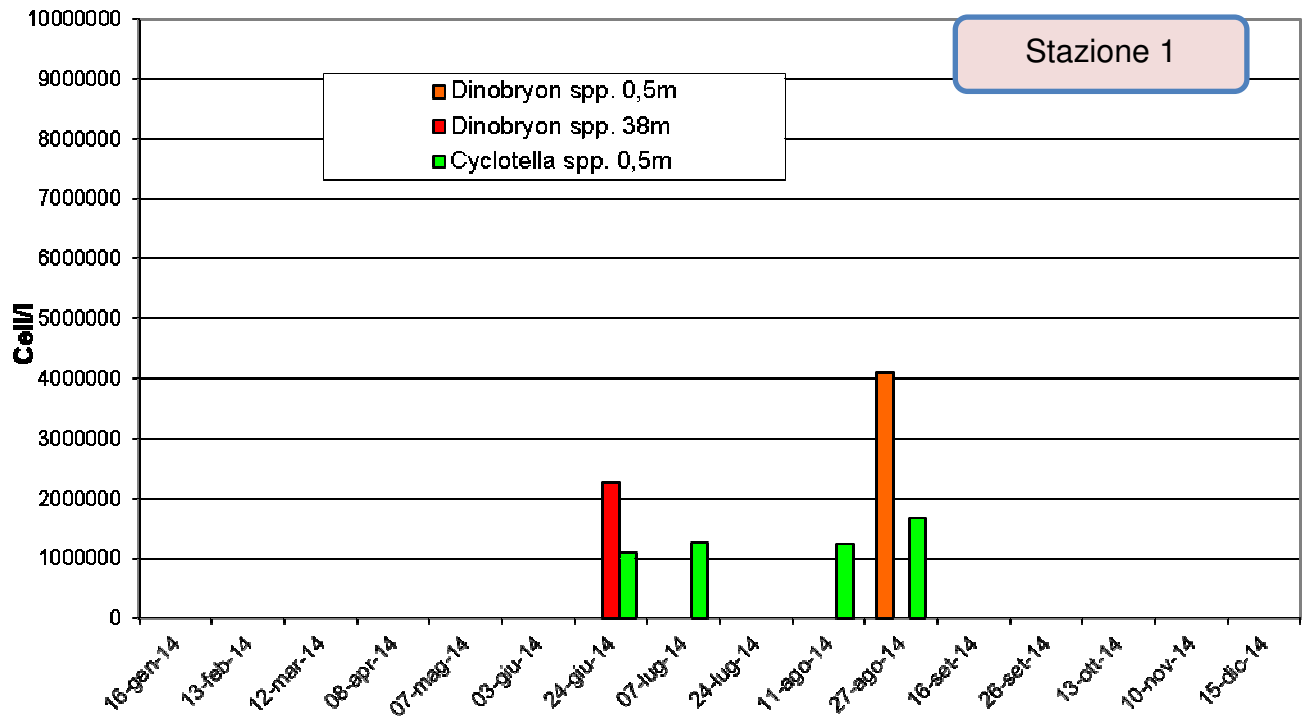


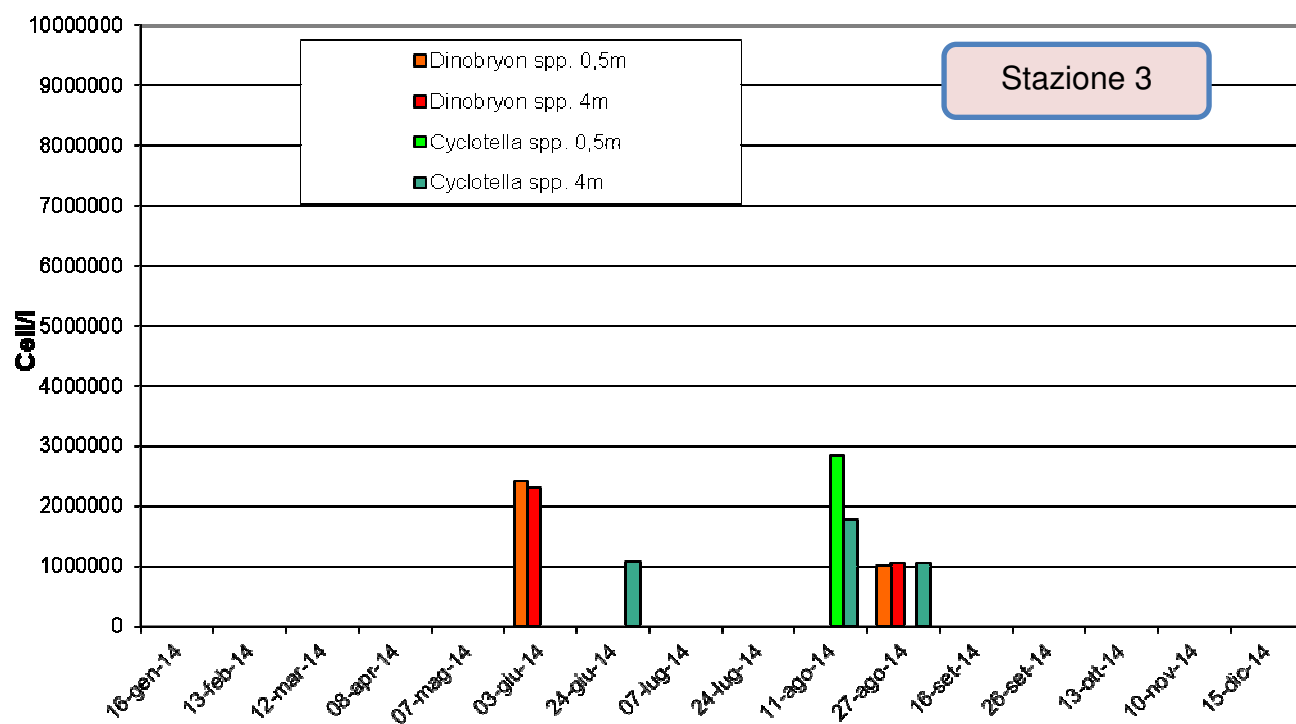


Il parametro clorofilla “a” è sicuramente un importante indicatore trofico; il livello di concentrazione di questo fotopigmento dovrebbe fornire una chiara indicazione dello stato trofico e di produttività delle

acque lacustri in quanto correlato all'entità della biomassa fitoplanctonica presente nella colonna d'acqua. Nel **lago Fiastrone**, nel periodo gennaio-luglio, il valore di clorofilla "a" ha oscillato nell'intervallo (0,2-3,0 mg/mc)

Altre Fioriture algali

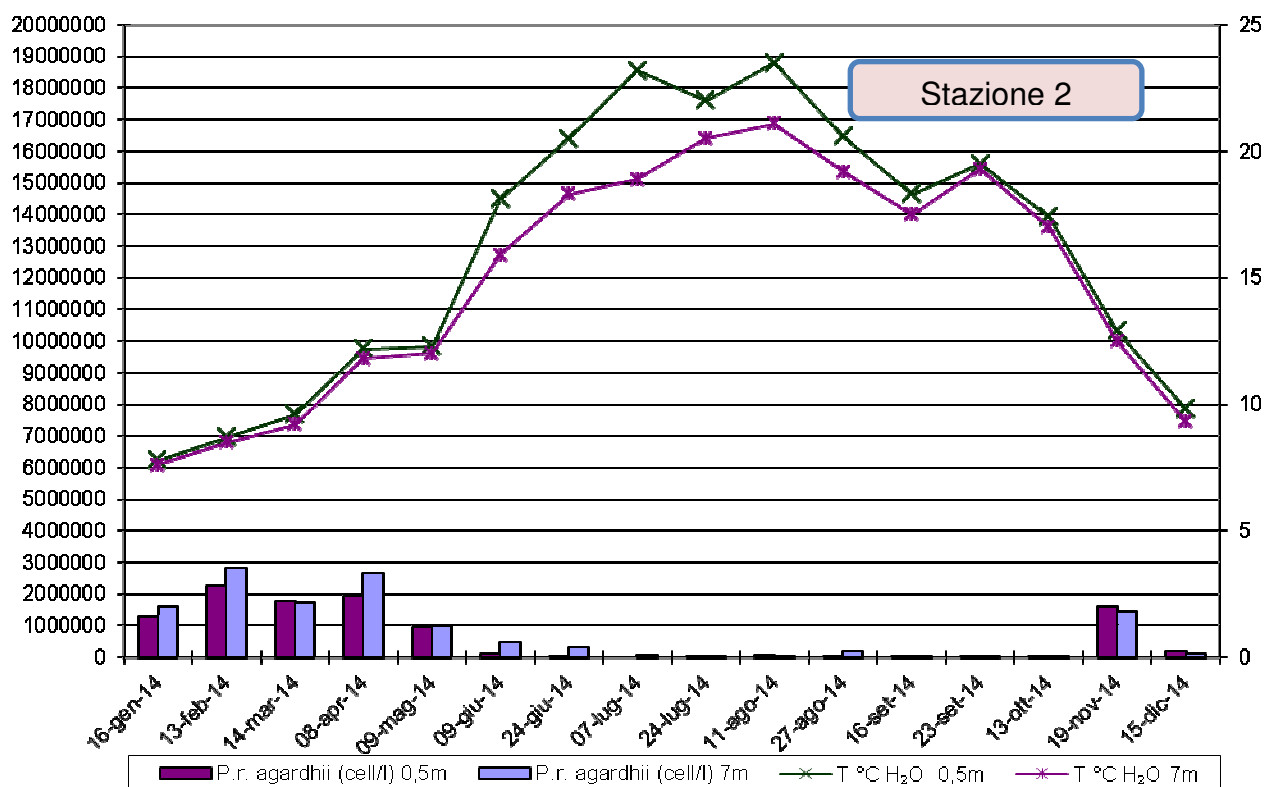
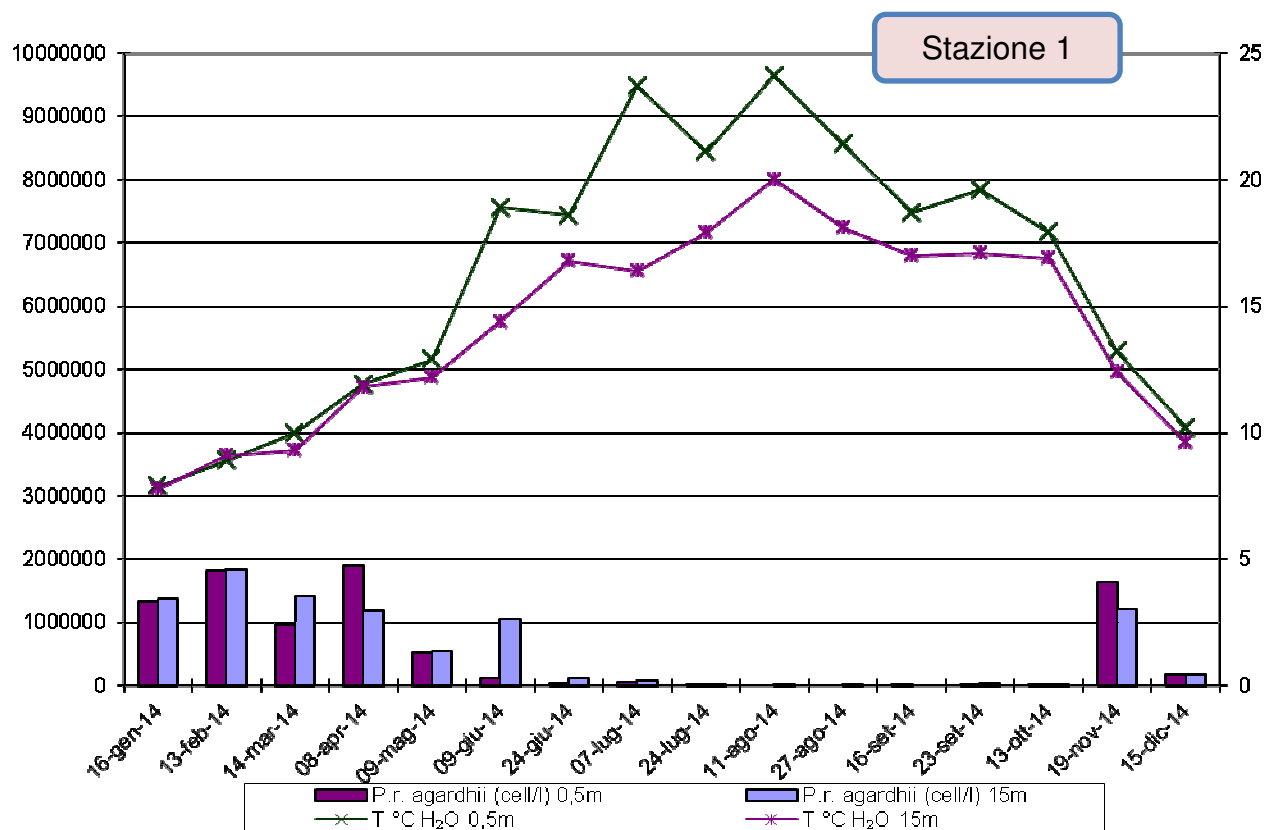


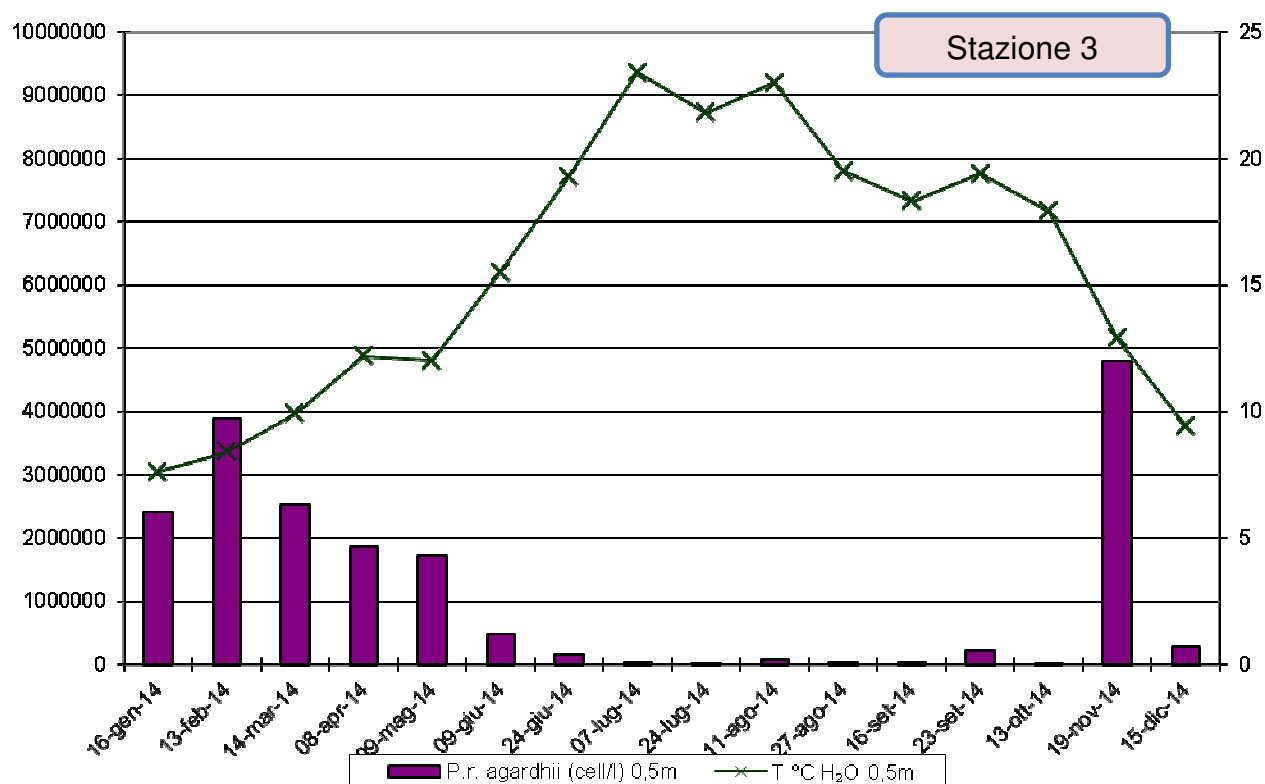


Anche in quest'ultimo monitoraggio è emerso che il lago Fiastrone è stato interessato anche da altri fenomeni eutrofici, seppur con intensità notevolmente inferiori alla *P.rubescens*, sostenuti da alghe appartenenti al gruppo delle Diatomee con il genere *Cyclotella* e da quelle appartenenti al gruppo delle Crysophicee con il genere *Dinobryon*. Tali fenomeni si sono sviluppati nel periodo giugno-agosto, le densità maggiori sono state pari a 4.000.000 cell/l.

6.2 Lago Borgiano

Temperatura acqua e *P.rubescens agardii*

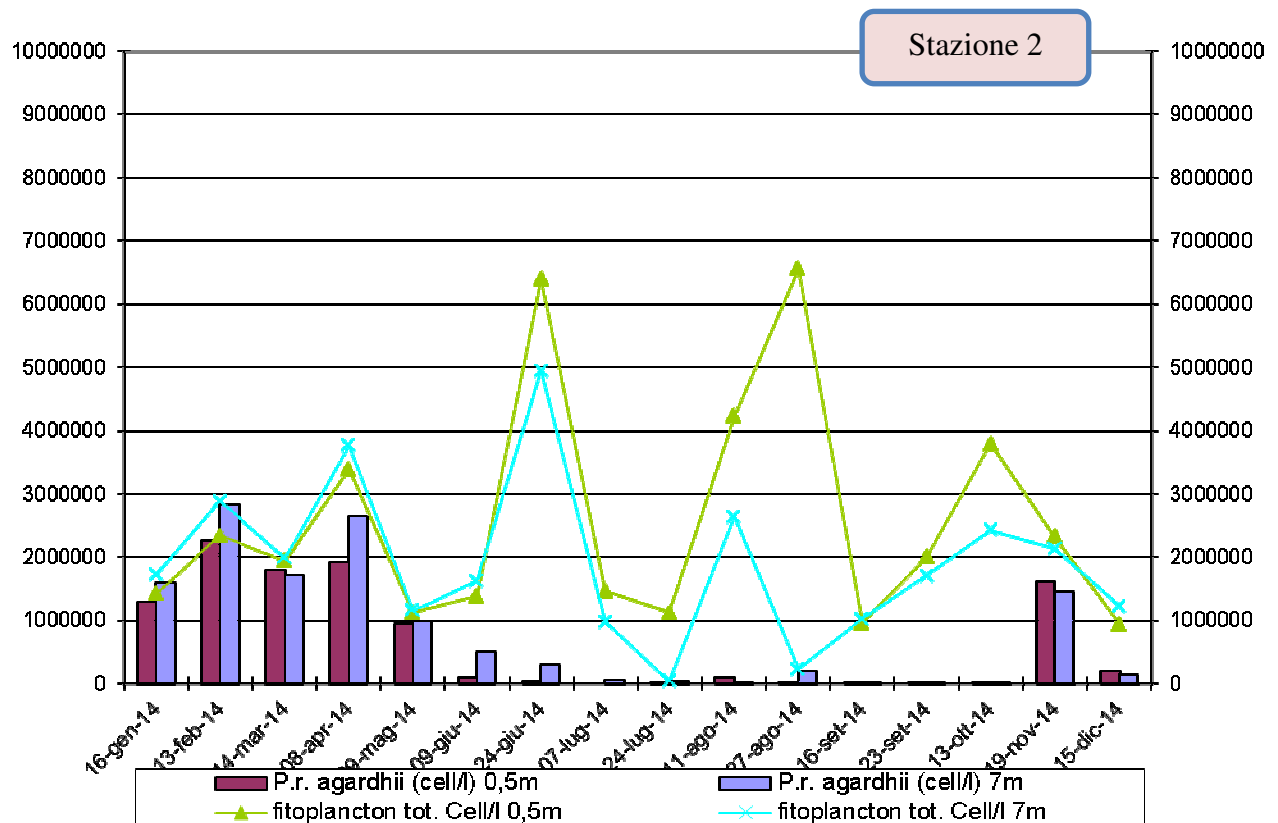
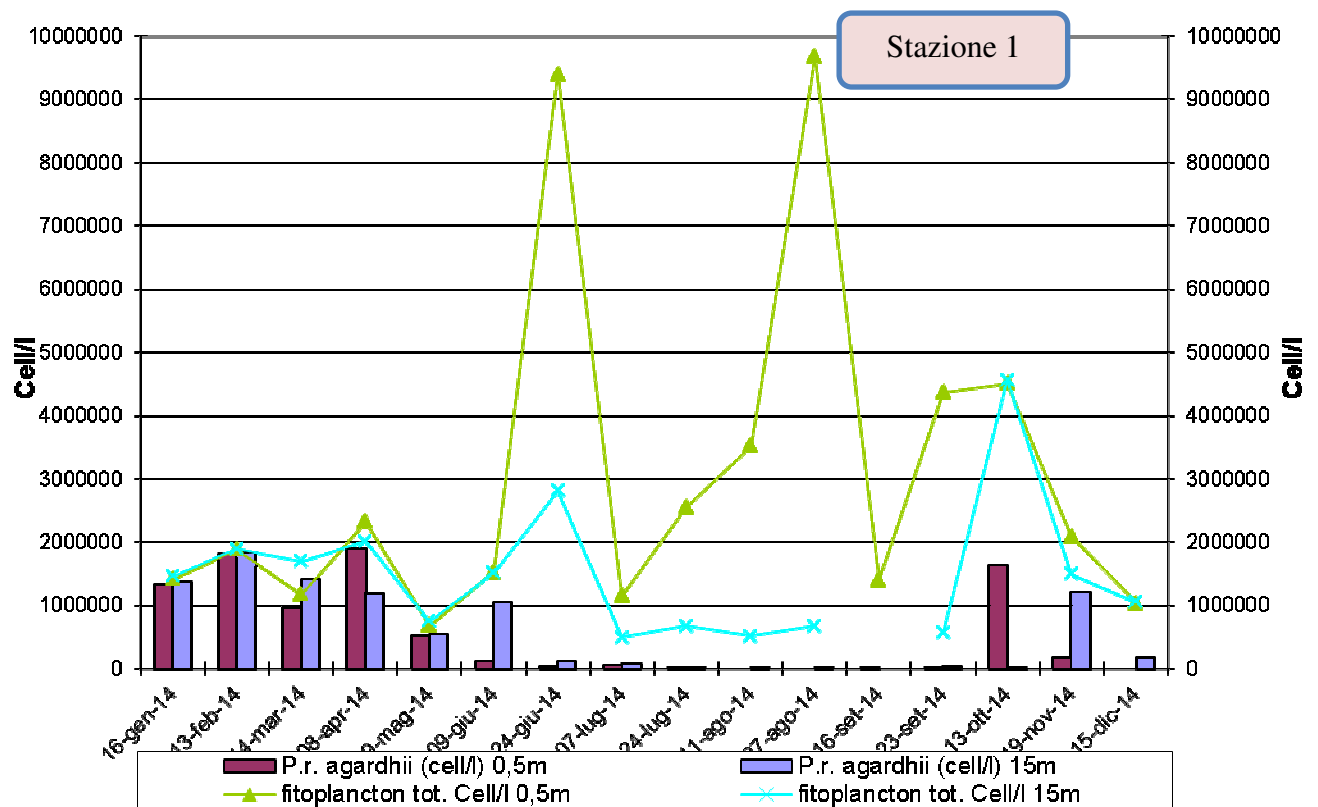


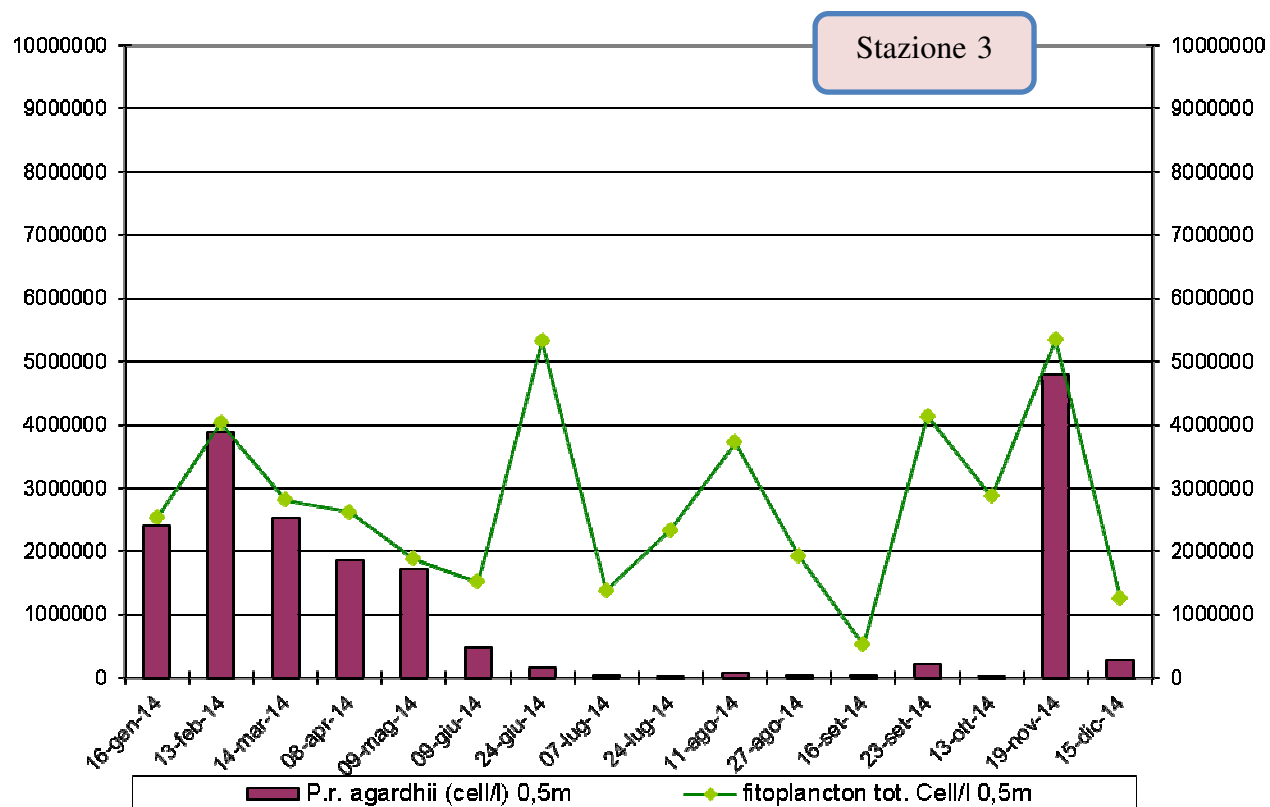


Anche **nel lago Borgiano** l'andamento della temperatura in tutte le stazioni di campionamento ha evidenziato valori minimi nel periodo invernale (7°C valore minimi) e viceversa i valori maggiori (23°-24°C) sono stati registrati nel periodo giugno-agosto. Il periodo in cui si è evidenziata una maggior stratificazione è risultato maggio-settembre, di conseguenza il rimescolamento delle acque è avvenuto prevalentemente nel periodo gennaio-maggio e ottobre-dicembre.

Per quanto riguarda la presenza della *P.r.agardii*, il lago di Borgiano, è stato interessato dalla fioritura della cianoficea, nei periodi gennaio-maggio (1.000.000-3.800.000 cell/l) e nel mese di novembre. La densità maggiore (4.800.000 cell/l) è stata raggiunta all'inizio del lago nel mese di novembre.

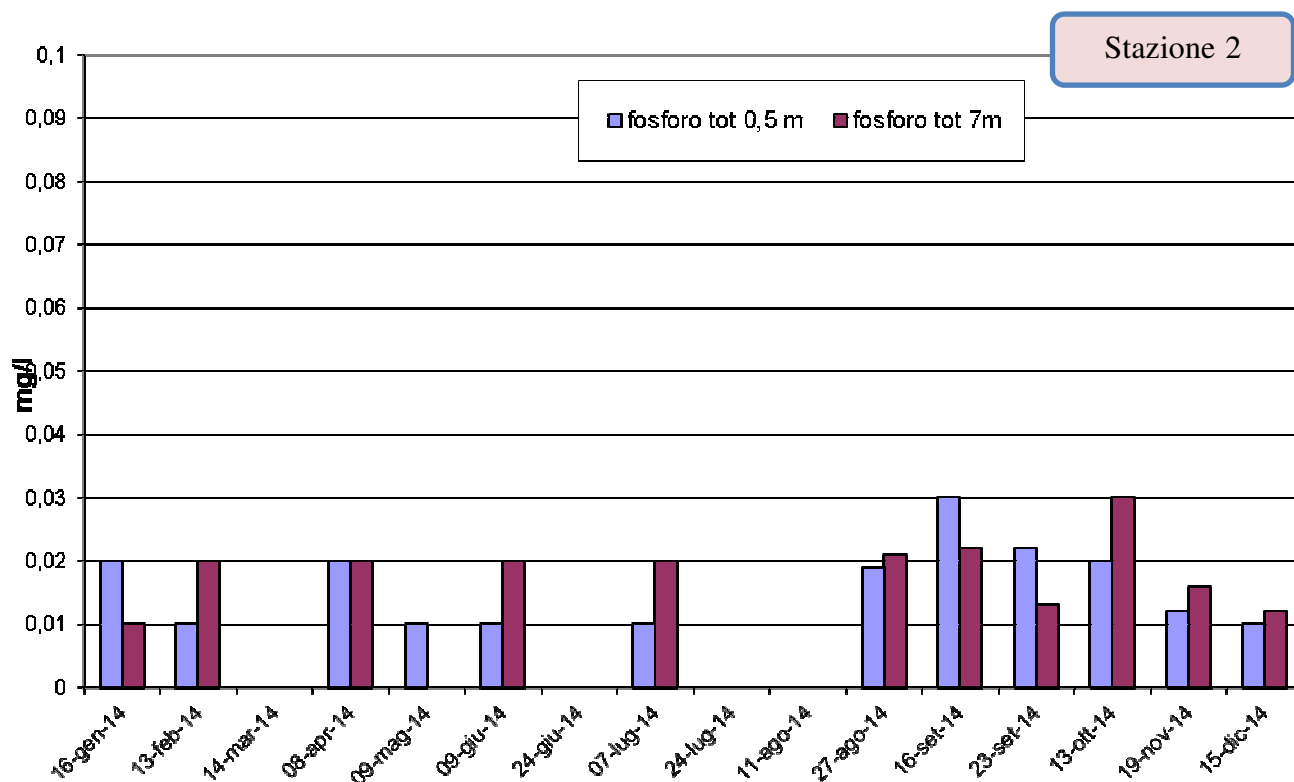
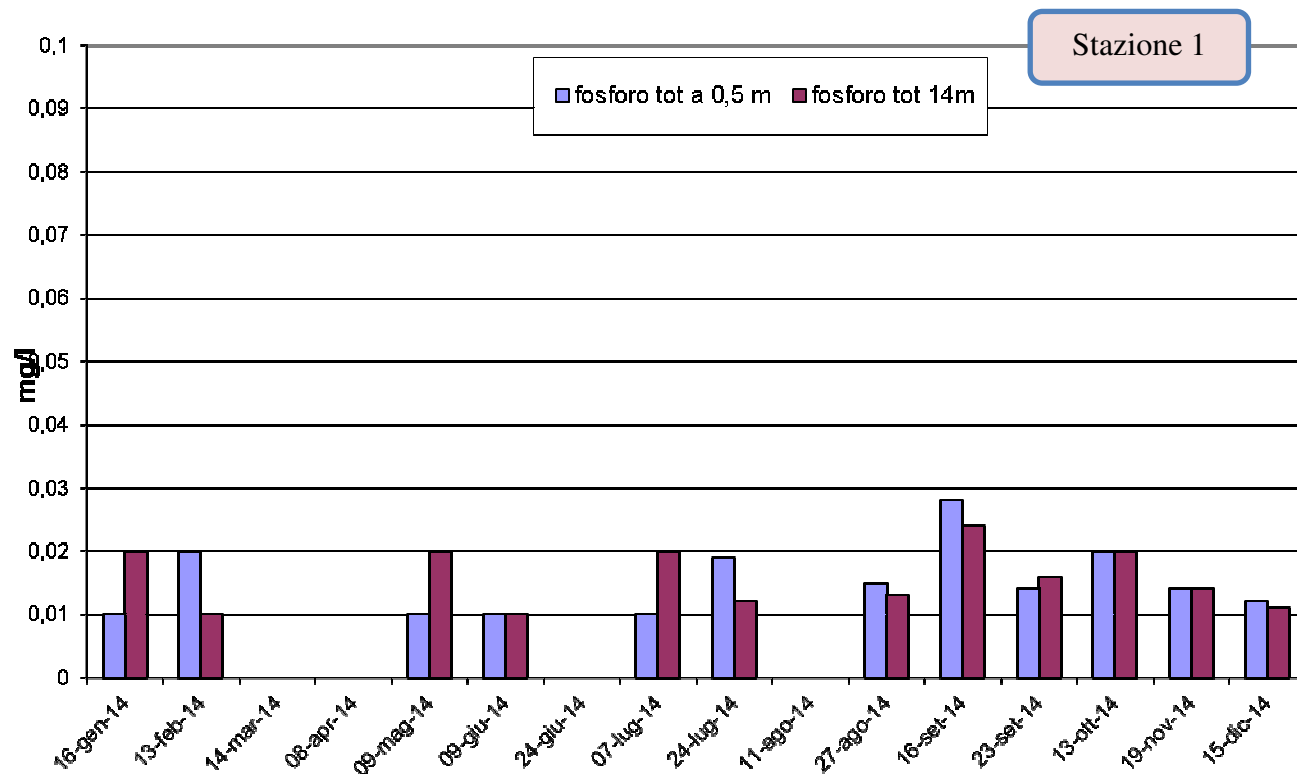
Fitoplancton totale

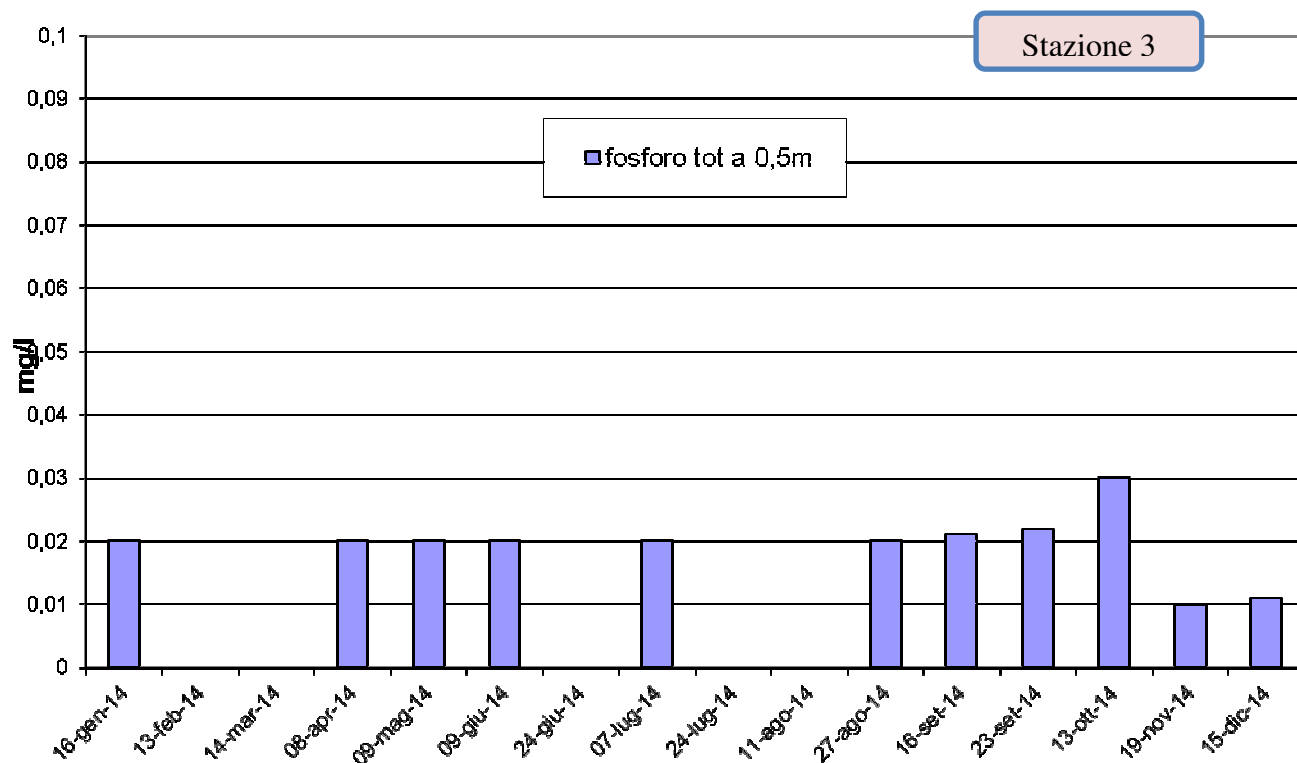




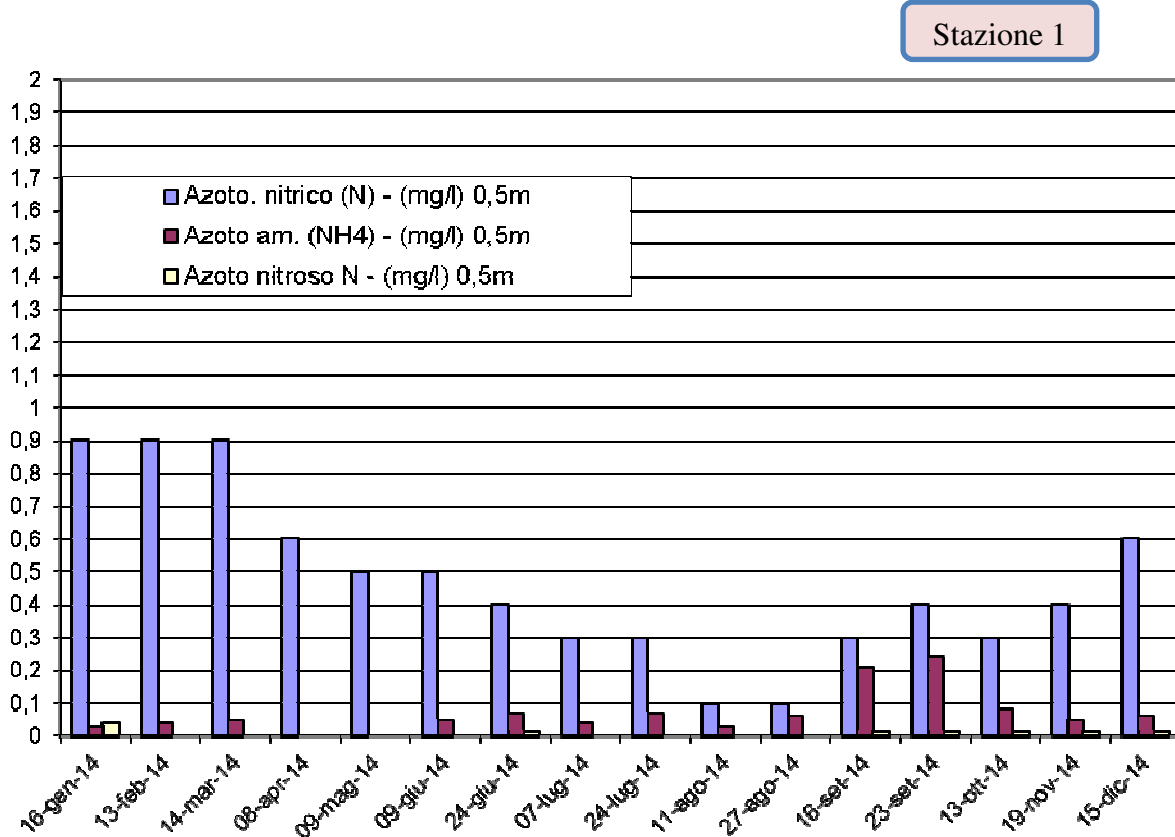
Dallo studio della comunità fitoplanctonica è emerso che anche nel lago di Borgiano, quando il genere *P. rubescens* genera blooms algali, costituisce il genere dominante e la densità totale del fitoplancton risulta coincidente con quella della cianofitea; mentre nei restanti mesi il lago è risultato caratterizzato ancora una volta da un'elevata densità fitoplanctonica attribuibile a vari generi.

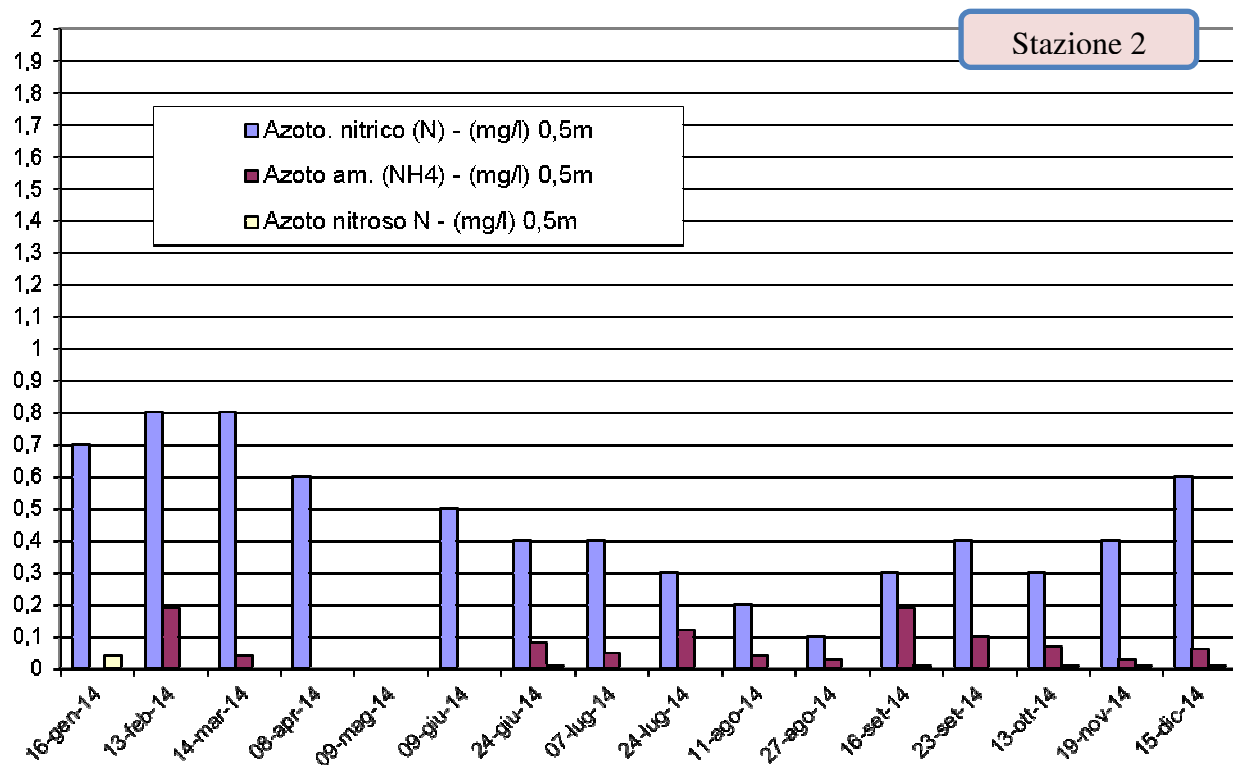
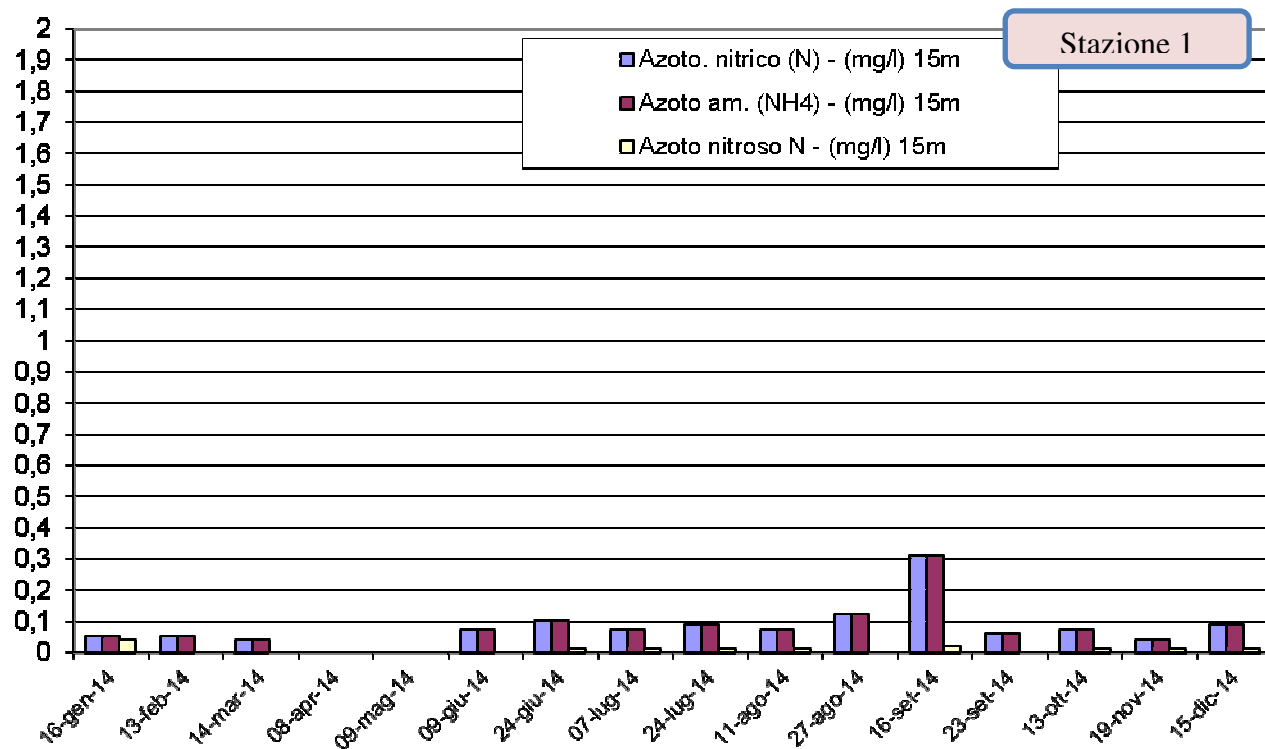
Fosforo totale

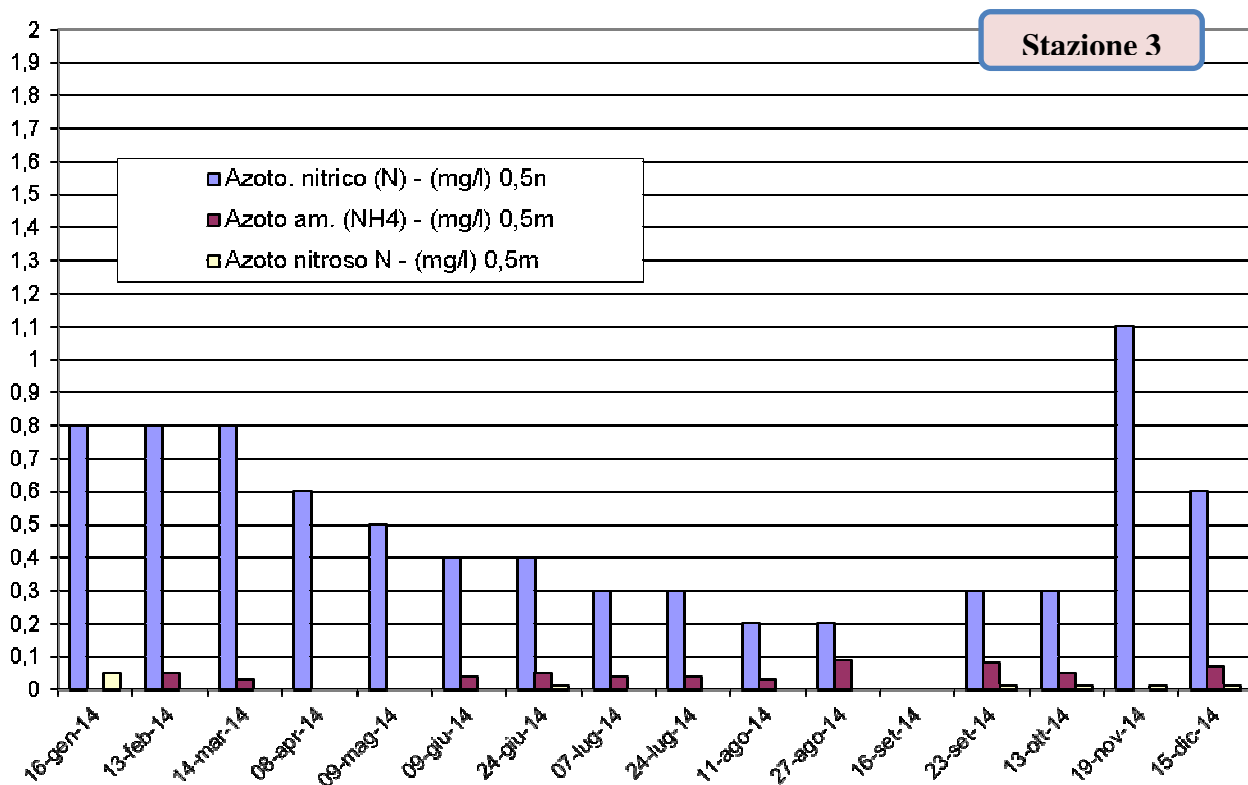
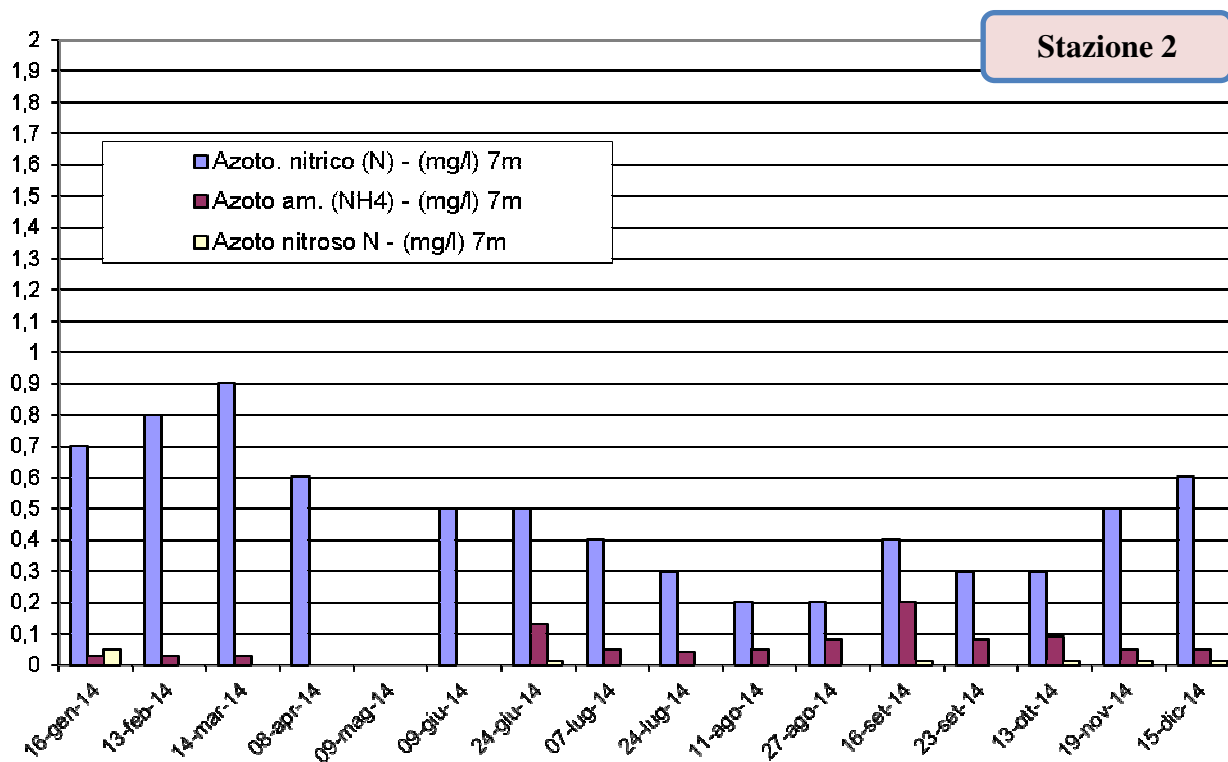




Azoto nitrico, nitroso e ammoniacale







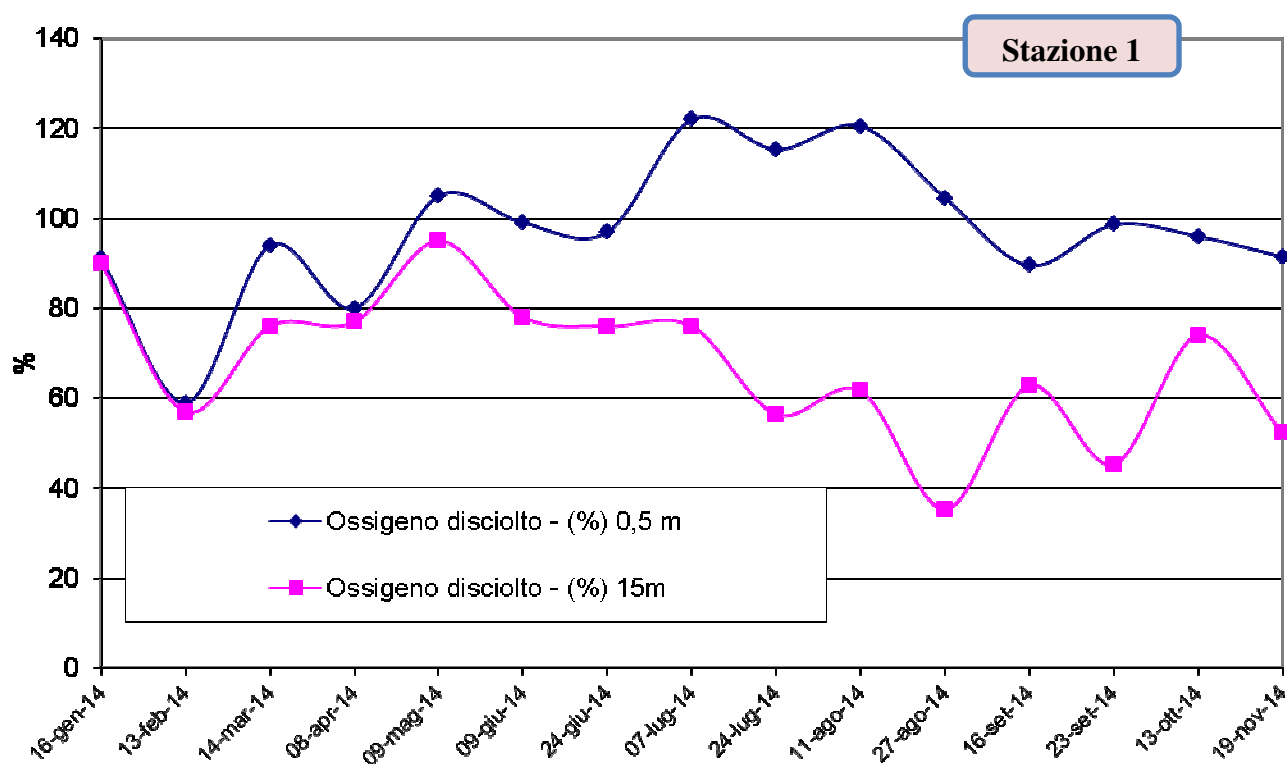
Come già evidenziato negli anni precedenti, il lago di **Borgiano**, essendo un bacino poco profondo non si evidenzia una netta differenza tra i punti posti in superficie rispetto a quelli posti in profondità.

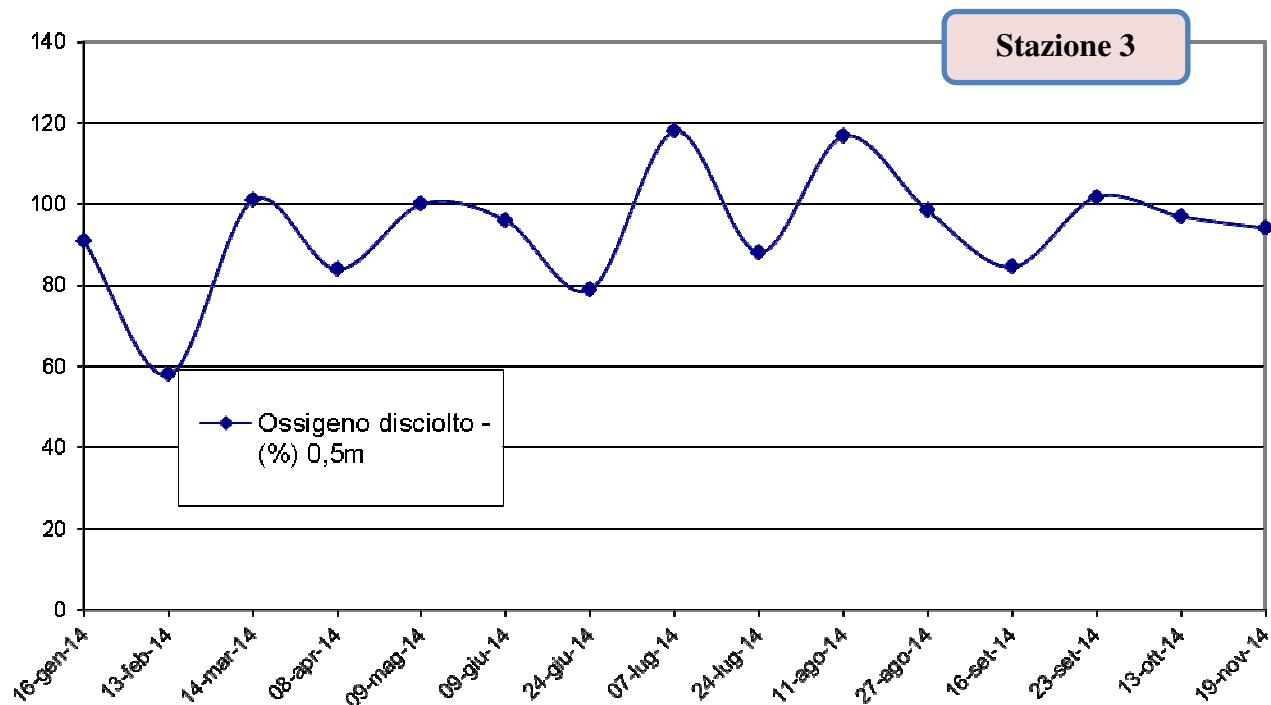
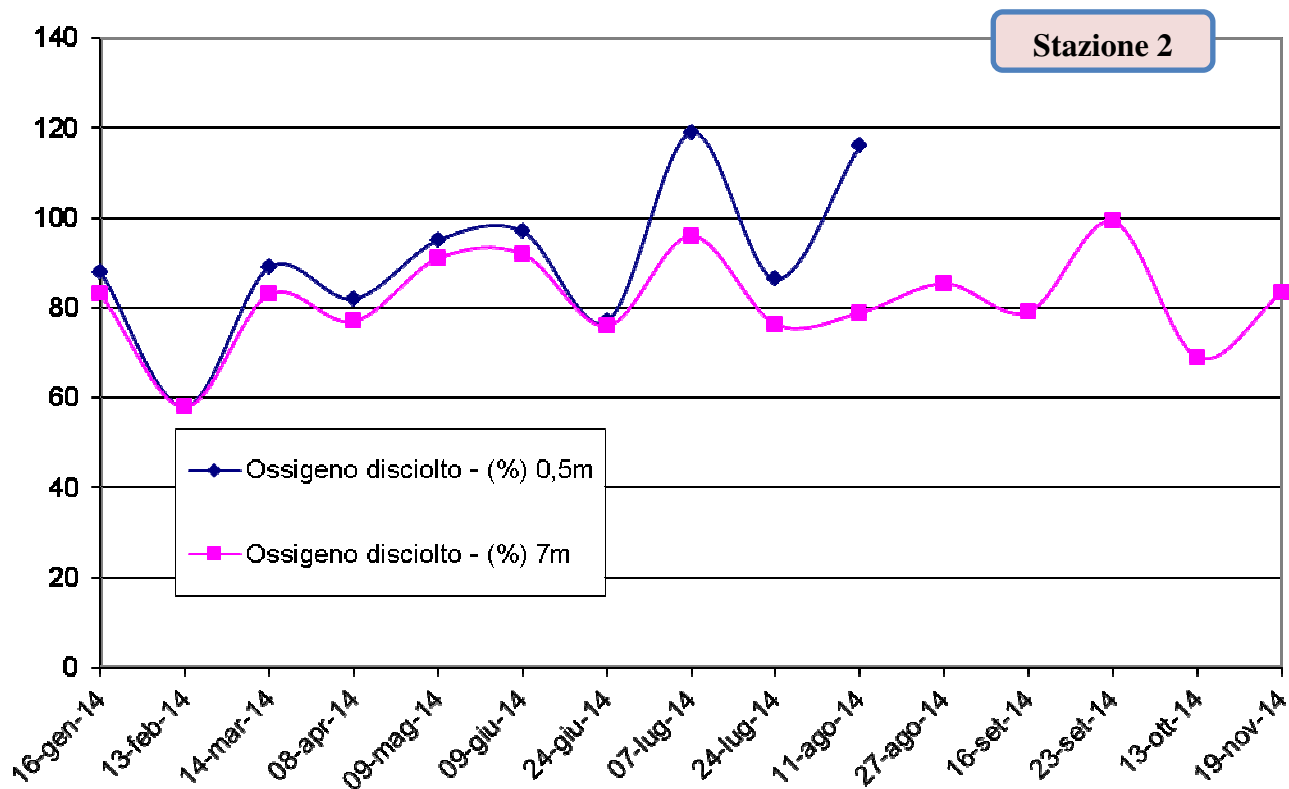
Dall'analisi dei risultati, si evidenzia che le concentrazioni dell'azoto nitrico hanno raggiunto i valori maggiori in due periodi del monitoraggio; precisamente gennaio-marzo (0,8-0,9 mg/l) e novembre (1,1 mg/l)

Le concentrazioni dell'azoto ammoniacale sono risultate spesso inferiori a 0,10 mg/l, ad eccezione della stazione n°1 in superficie in cui sono stati rilevati valori massimi oscillanti nell'intervallo (0,20-0,30 mg/l) nei mesi di febbraio e settembre. Le concentrazioni dell'azoto nitroso sono risultate sempre inferiori a 0,01 mg/l ad eccezione di gennaio in cui è stata una concentrazione pari a 0.05 mg/l. Le concentrazioni del fosforo totale sono risultate molto contenute generalmente oscillanti nell'intervallo (0,010-0,020 mg/l) solo nel periodo settembre-ottobre sono stati raggiunti 0.030 mg/l ; e le concentrazioni dell'orto fosfato sono state sempre inferiori a 0,010 mg/l.

Quindi ancora una volta, il lago di borgiano può essere considerato un lago meso-eutrofico

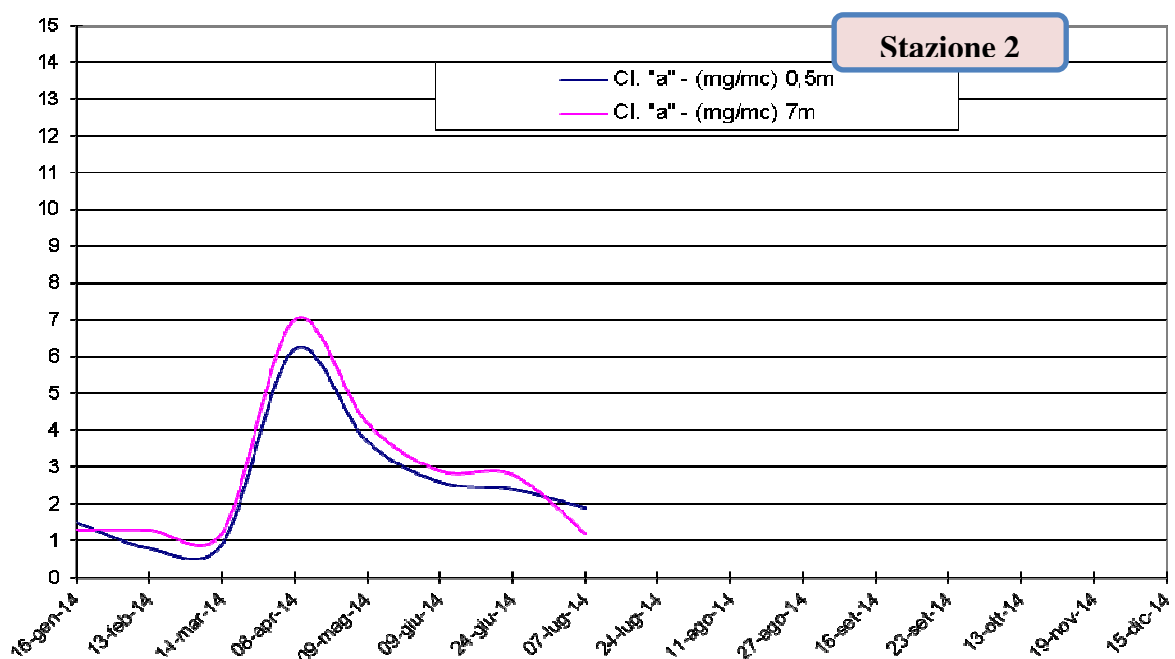
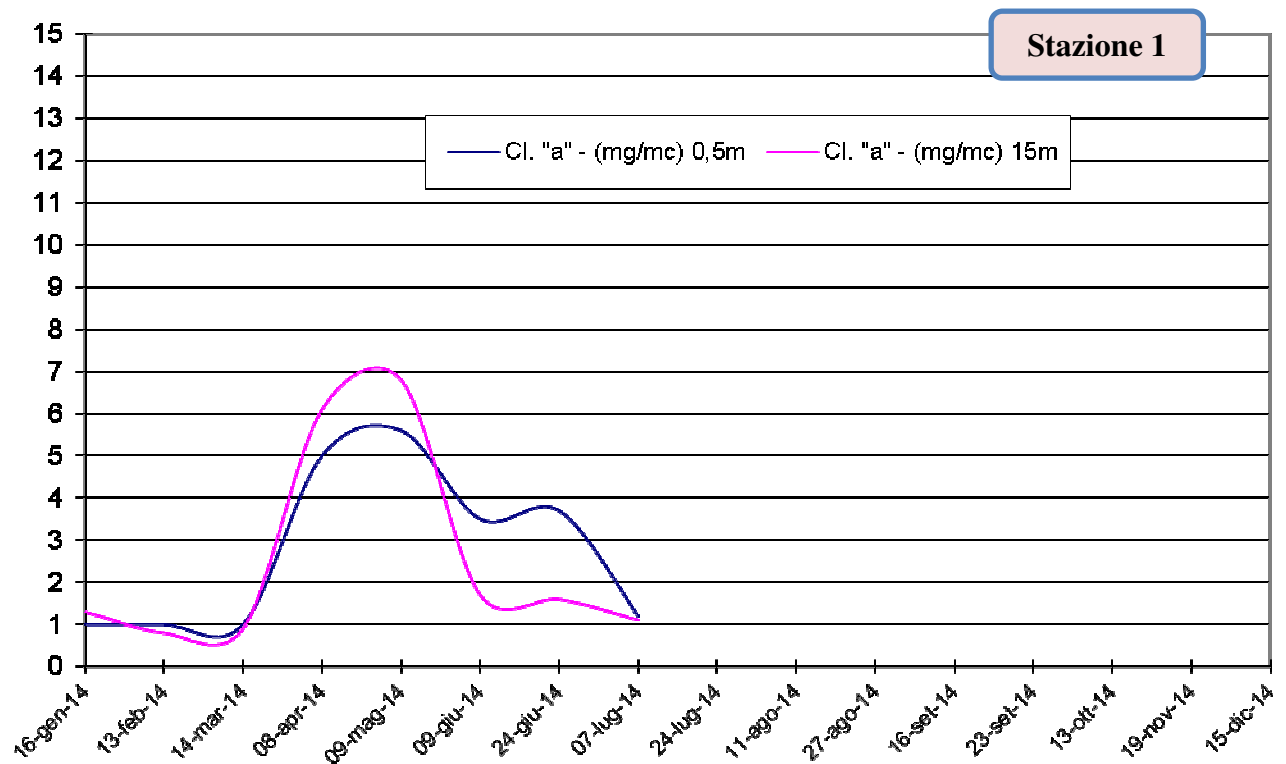
Ossigeno disciolto

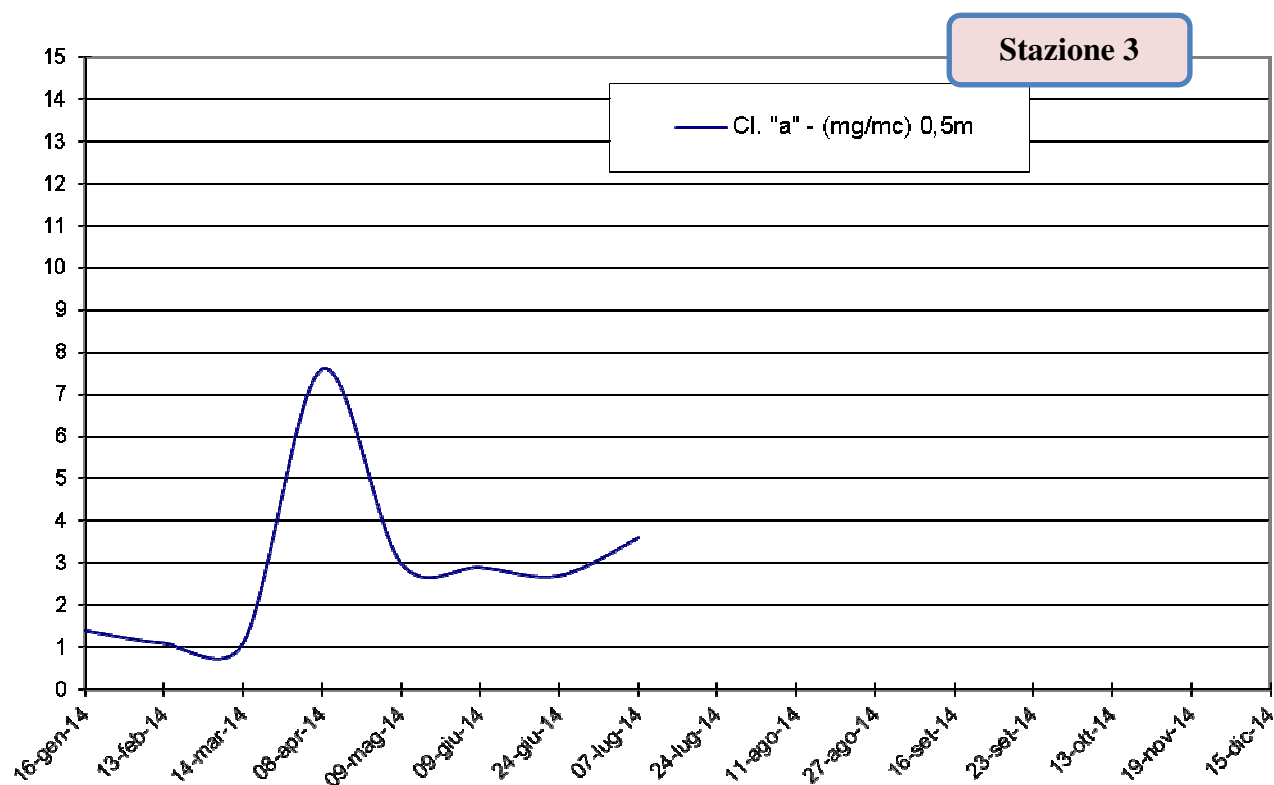




Il lago di **Borgiano**, durante questo periodo di campionamento è stato caratterizzato nei punti di campionamento posti in superficie da valori da valori oscillanti nell'intervallo (80-130% di saturazione), viceversa in quelli posti in profondità sono risultati sempre sottosaturi compresi nell'intervallo (85-60% di saturazione) con punte pari a 40% e 18% nella stazione 1 nel periodo fine agosto-primi di settembre.

Clorofilla

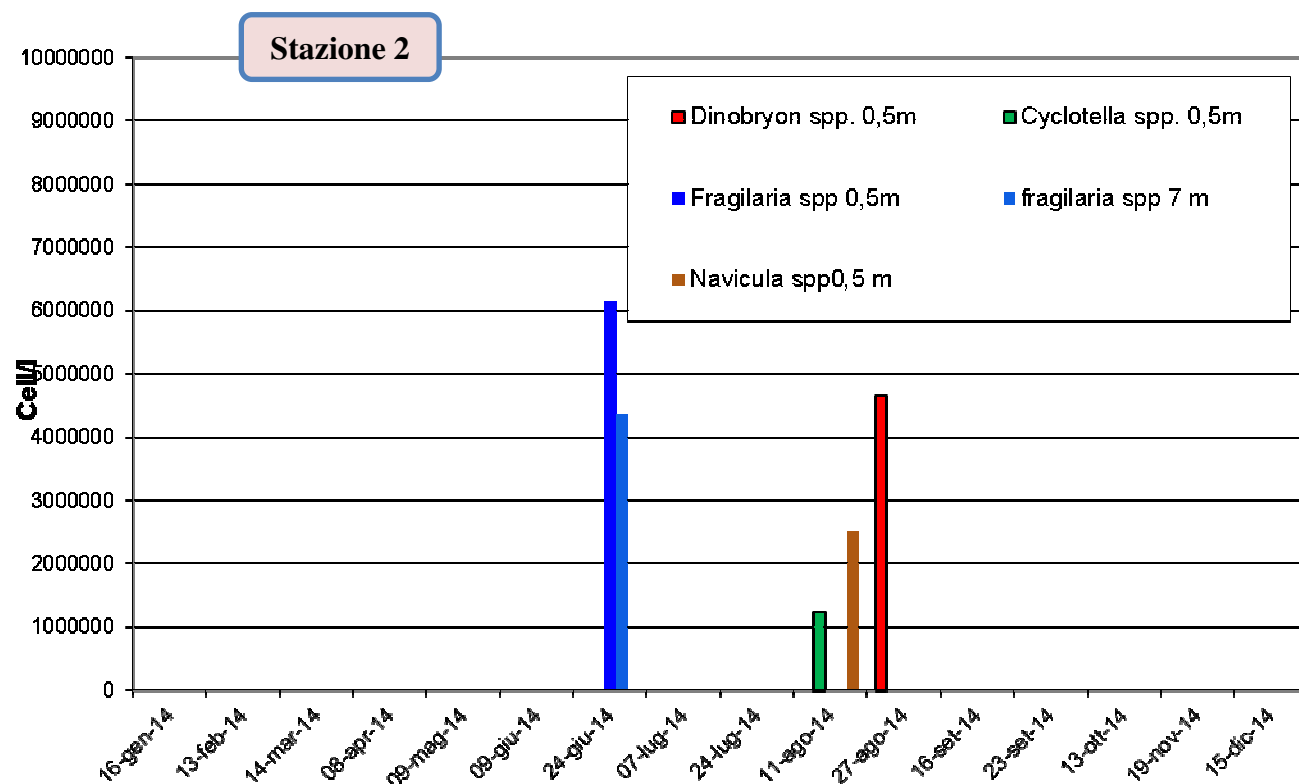
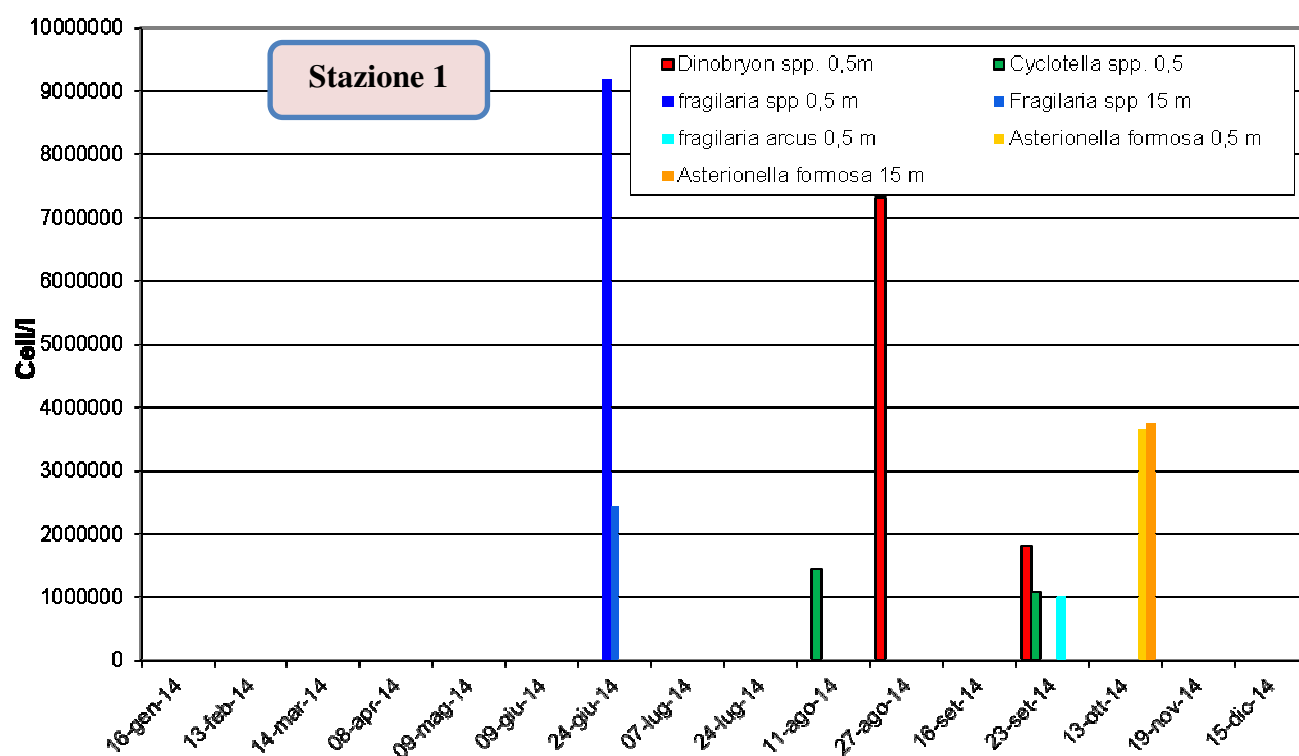


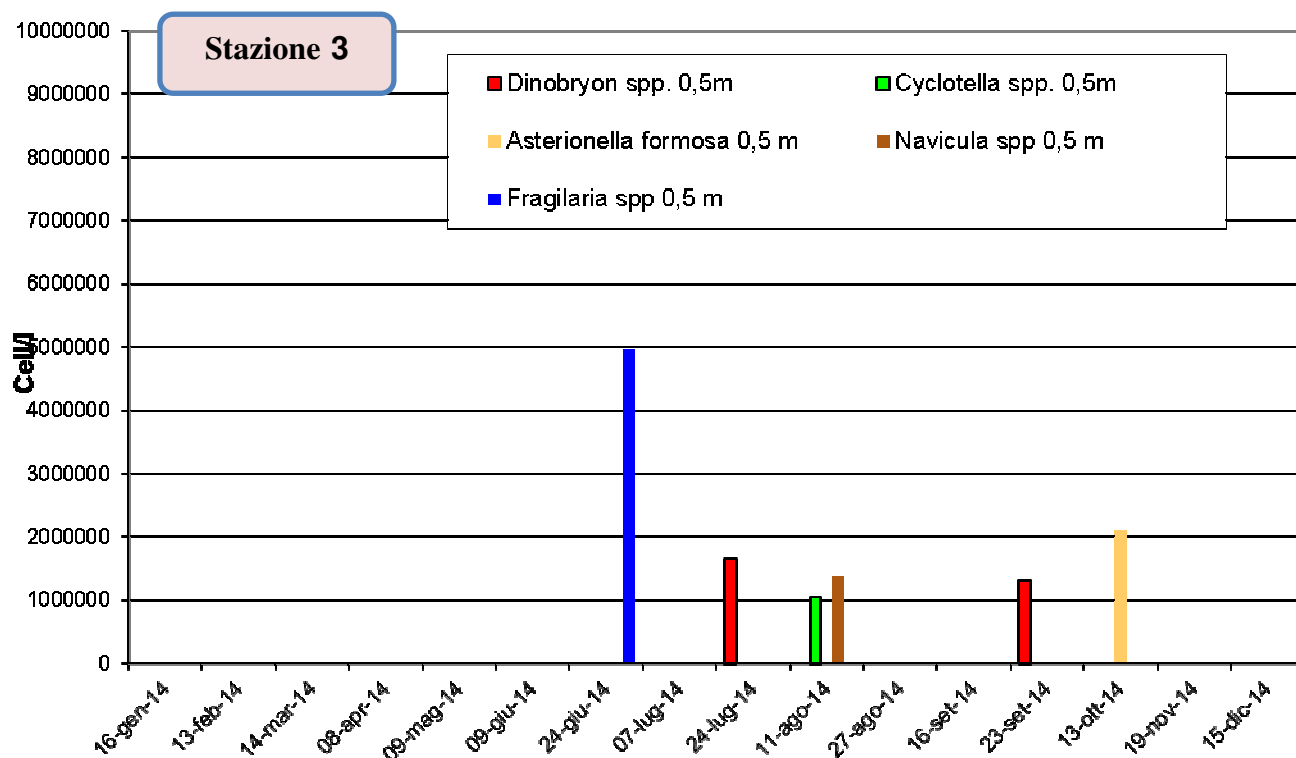


Nel periodo gennaio-luglio 2014, nel lago **di Borgiano** l'andamento della concentrazione di clorofilla "a", ha oscillato nell'intervallo (0,5-7,0 ug/l).

Tutte le stazioni hanno mostrato un andamento analogo e i valori più bassi sono stati rilevati nel mese di marzo.

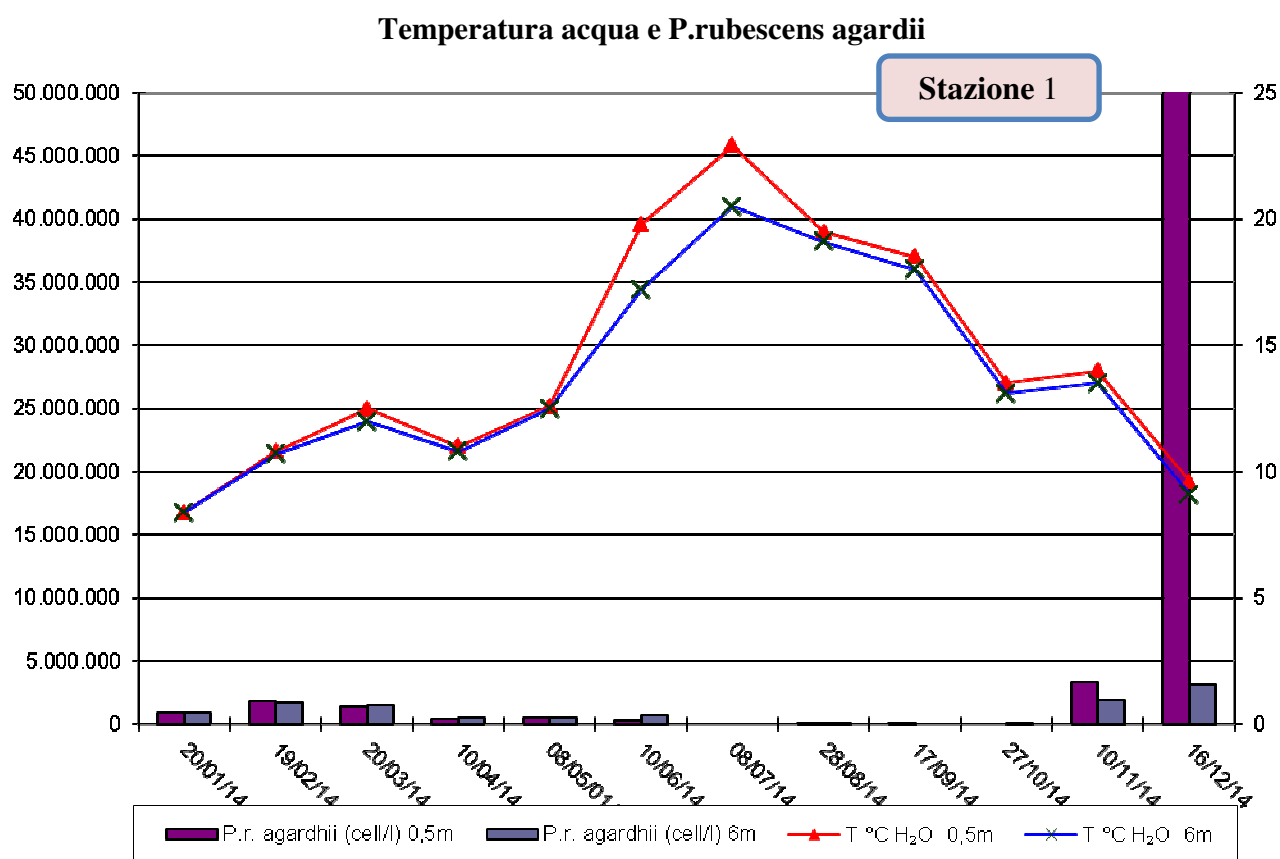
Altre fioriture algali





Dallo studio della comunità fitoplanctonica è emerso che il lago di Borgiano è stato caratterizzato ancora una volta da fioriture algali plurispecifiche oltre alla *P.r.agardii*, sostenute da generi appartenenti, come già evidenziato negli anni precedenti, prevalentemente al taxa delle Diatomee con i generi *Cyclotella*, *Navicula*, *Asterionella*, *Fragilaria* e alle Crysophyceae con il genere *Dinobryon*.

6.3 Lago le Grazie



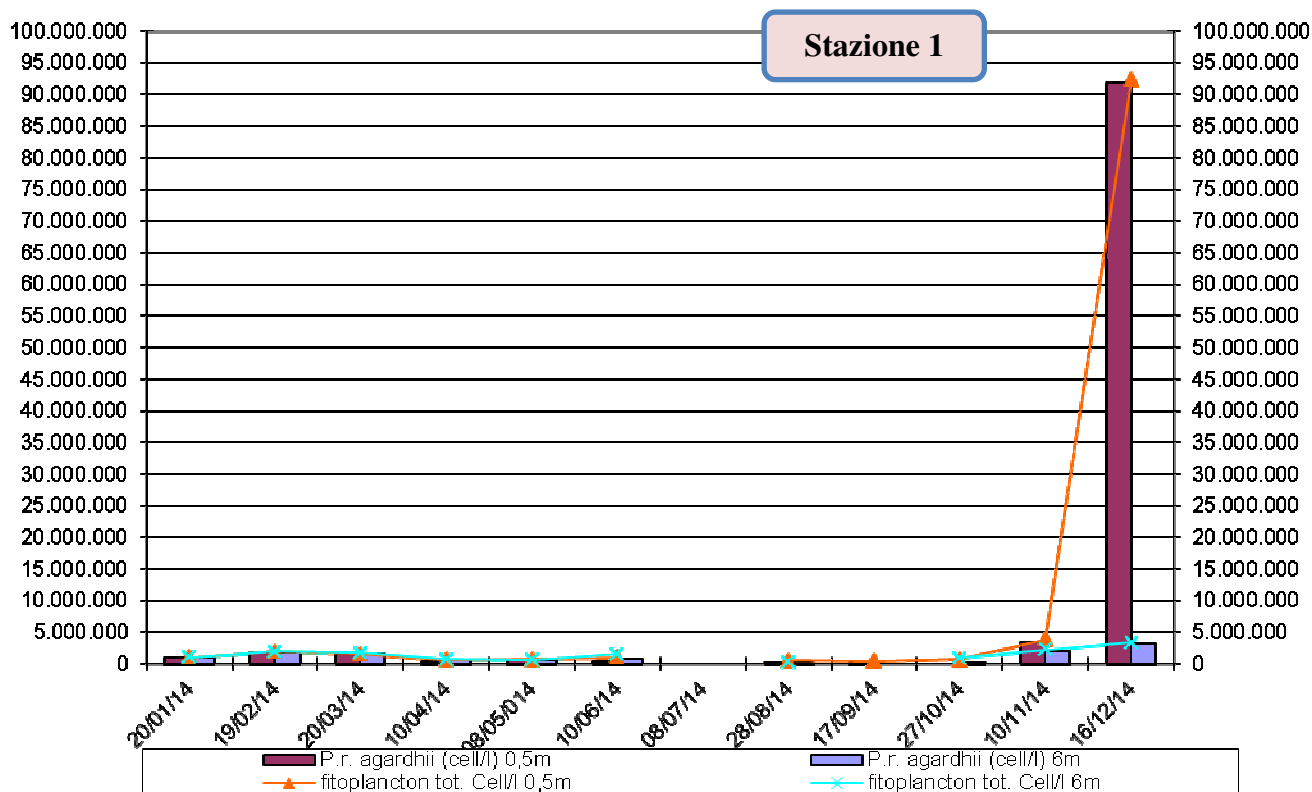
Nel lago Le Grazie, come si evidenzia dal grafico, i valori della temperatura più bassi (7°C) sono stati registrati naturalmente nei mesi di gennaio e dicembre, mentre il valore più elevato è stato rilevato nel mese di luglio (23°C).

La stratificazione termica inizia maggio per diventare più accentuata nel periodo giugno-luglio, il ΔT maggiore pari a 3 è stato rilevato a luglio.

Inoltre dallo stesso grafico, si evidenzia che anche durante l'anno 2014, il lago è stato interessato dalla fioritura sostenuta dalla cianoficea *P.r. agardi*

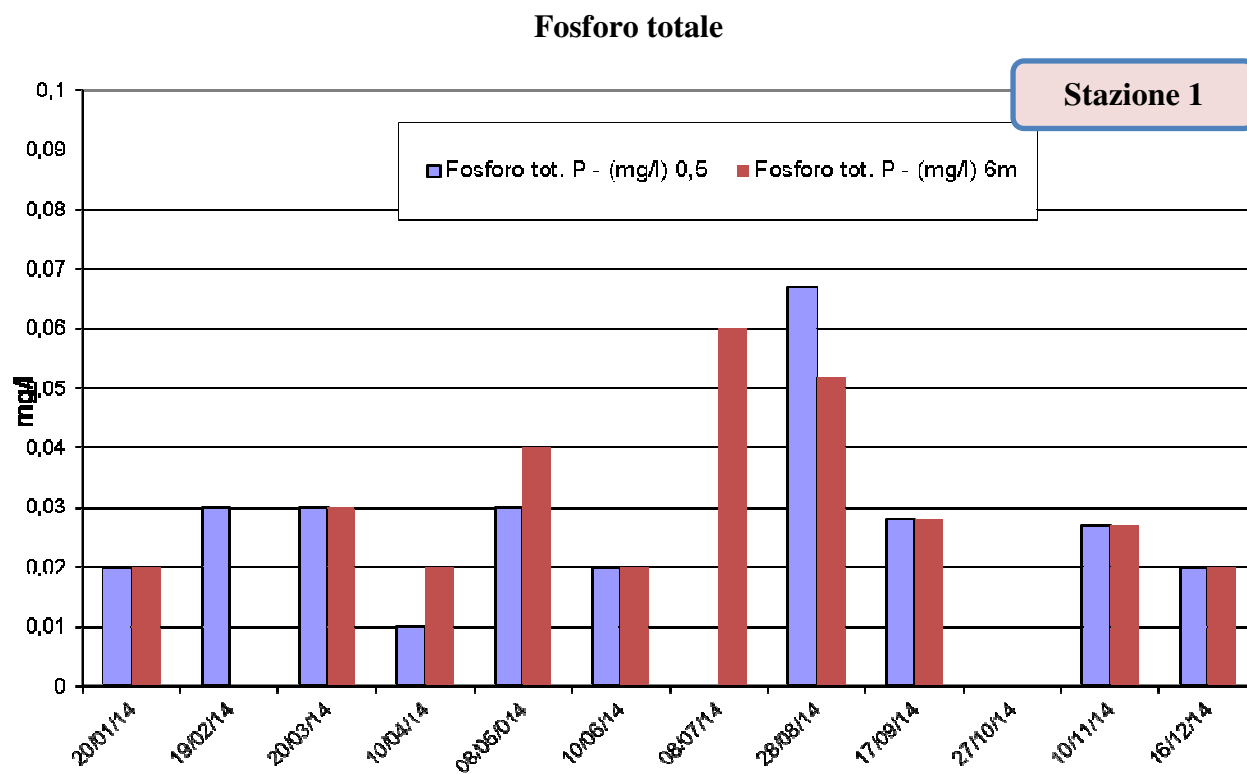
Le densità più elevate, fino a 91.000.000cell/l nel periodo novembre-dicembre, nel punto posto in superficie potrebbero derivare, oltre che dalla quantità di cianobatteri provenienti dal lago di Borgiano, da un sostegno locale alla moltiplicazione cellulare sia a seguito della riduzione del volume idrico dovuto all'interrimento del lago che dalla riduzione della presenza di specie algali competitive per via della diminuzione della trasparenza del lago.

Fitoplancton totale

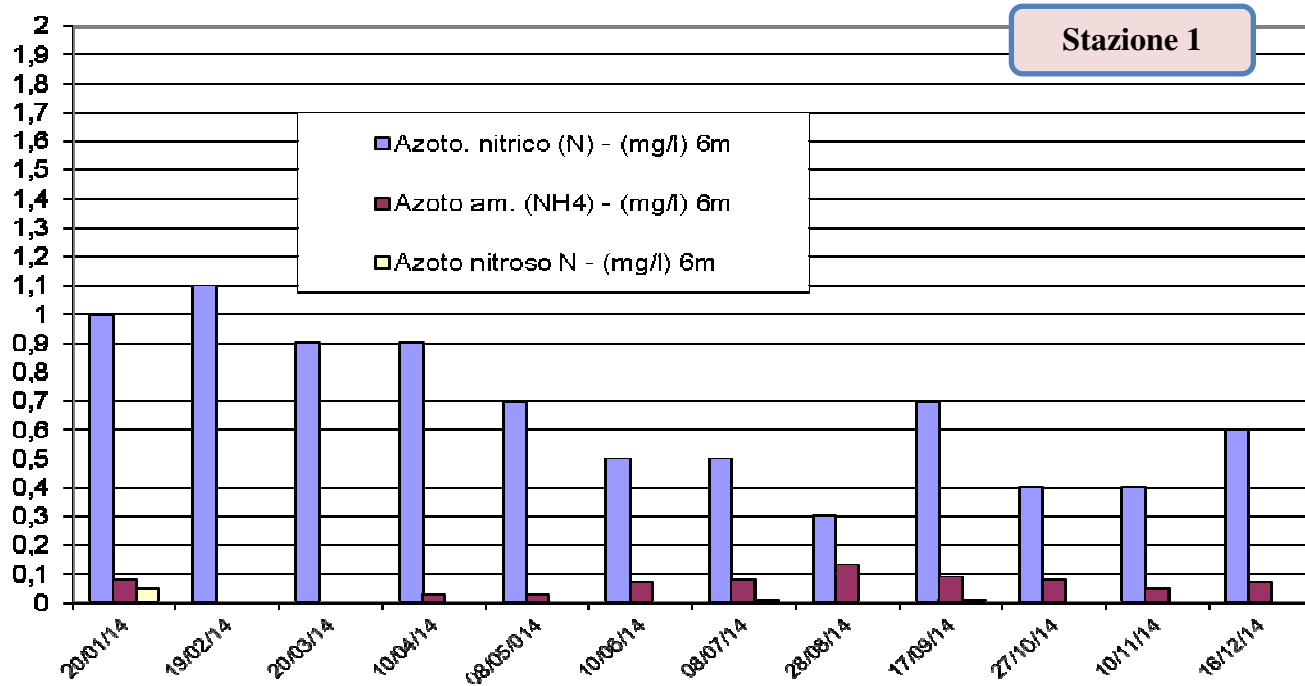
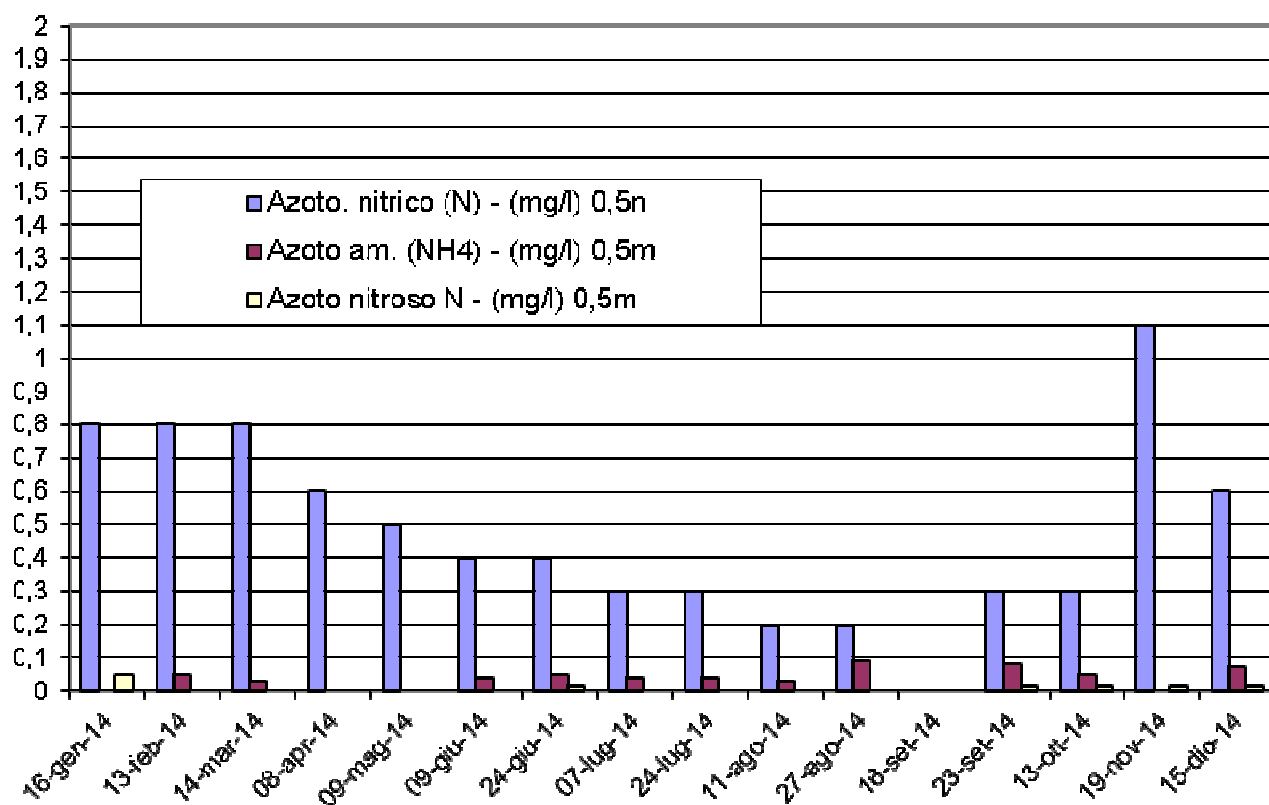


Altre Fioriture algali

Anche in questo lago le densità del fitoplancton totale coincidono con quelle del genere *Plankthotrix*. Nei monitoraggi precedenti, durante il periodo estivo, si rilevava un notevole incremento del fitoplancton totale, sostenuto da alghe appartenenti al gruppo delle Diatomee, che spesso davano luogo a varie fioriture algali. In questo monitoraggio invece è stata rilevata in maniera sempre dominante la *P. r. agardhii*, ciò dovuto dall'elevata torbidità che ha caratterizzato il lago durante tutto il periodo di campionamento.



Azoto nitrico, nitroso e ammoniacale

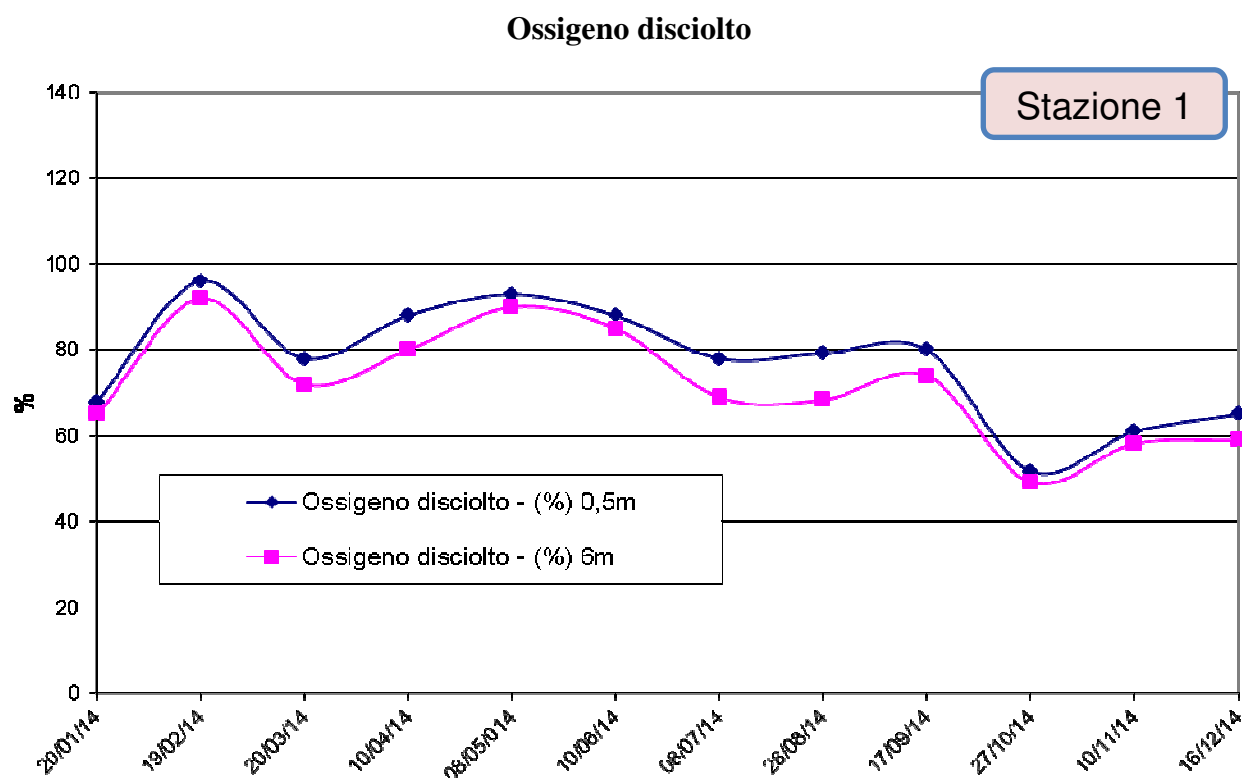


Anche nel lago le Grazie, essendo poco profondo, non si evidenziano grandi scostamenti tra i valori registrati in superficie da quelli in profondità. Le concentrazioni dell'azoto nitrico hanno raggiunto valori maggiori (1,1 mg/l) in due periodi, gennaio-marzo e novembre. Generalmente i valori dell'azoto ammoniacale hanno di poco superato il limite di determinazione dello strumento pari a 0,03 mg/l, il valore massimo (0,15 mg/l) è stato registrato a agosto.

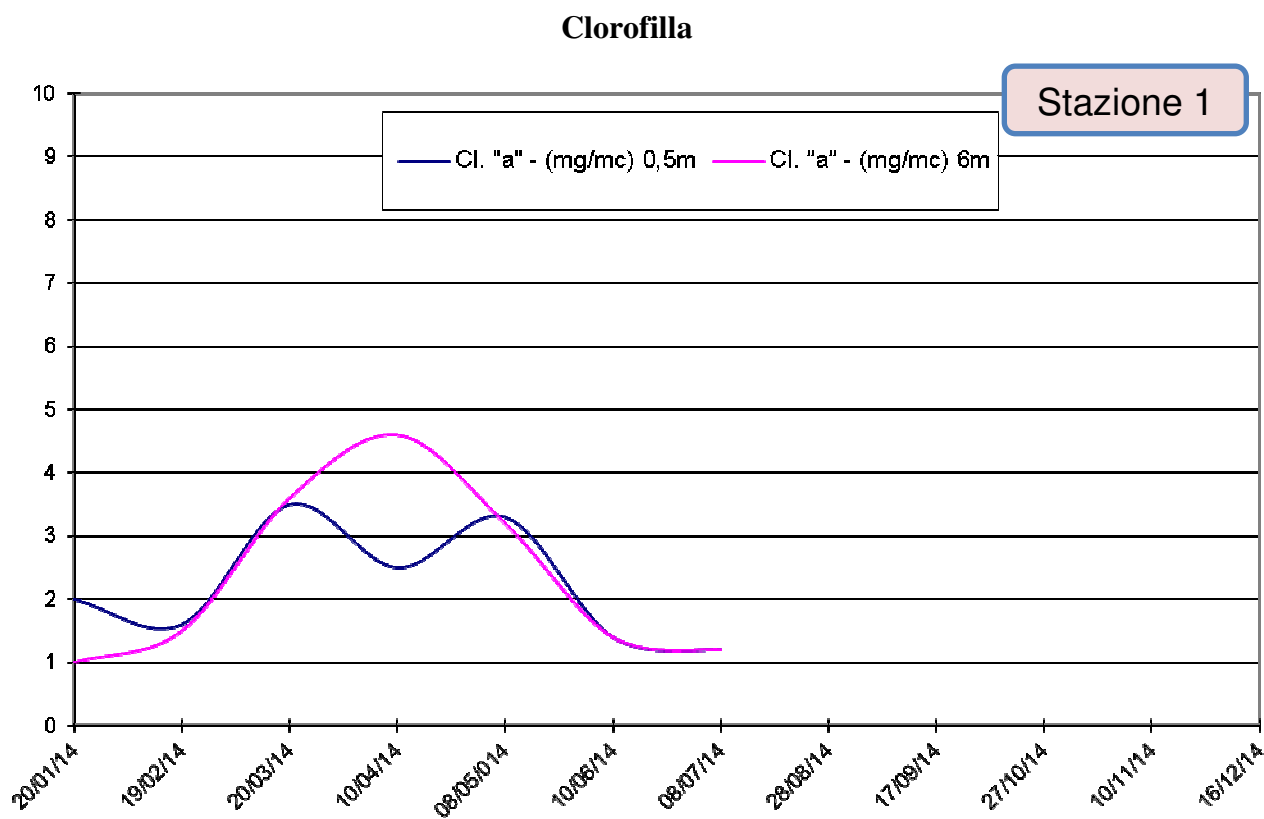
La concentrazione dell'azoto nitroso è risultata generalmente inferiore a 0,01 mg/l, il valore massimo (0,15 mg/l) è stato rilevato nel mese di gennaio.

I valori del fosforo totale generalmente sono oscillati nell'intervallo (0,010-0,065 mg/l), mentre ha raggiunto i valori massimi (0,040-0,065 mg/l) nei mesi di aprile e luglio-agosto.

Quindi, anche in questo monitoraggio, si evidenzia che il lago le Grazie è caratterizzato da valori di nutrienti maggiori rispetto al Fiastrone e Borgiano e definito un bacino meso-eutrofico.

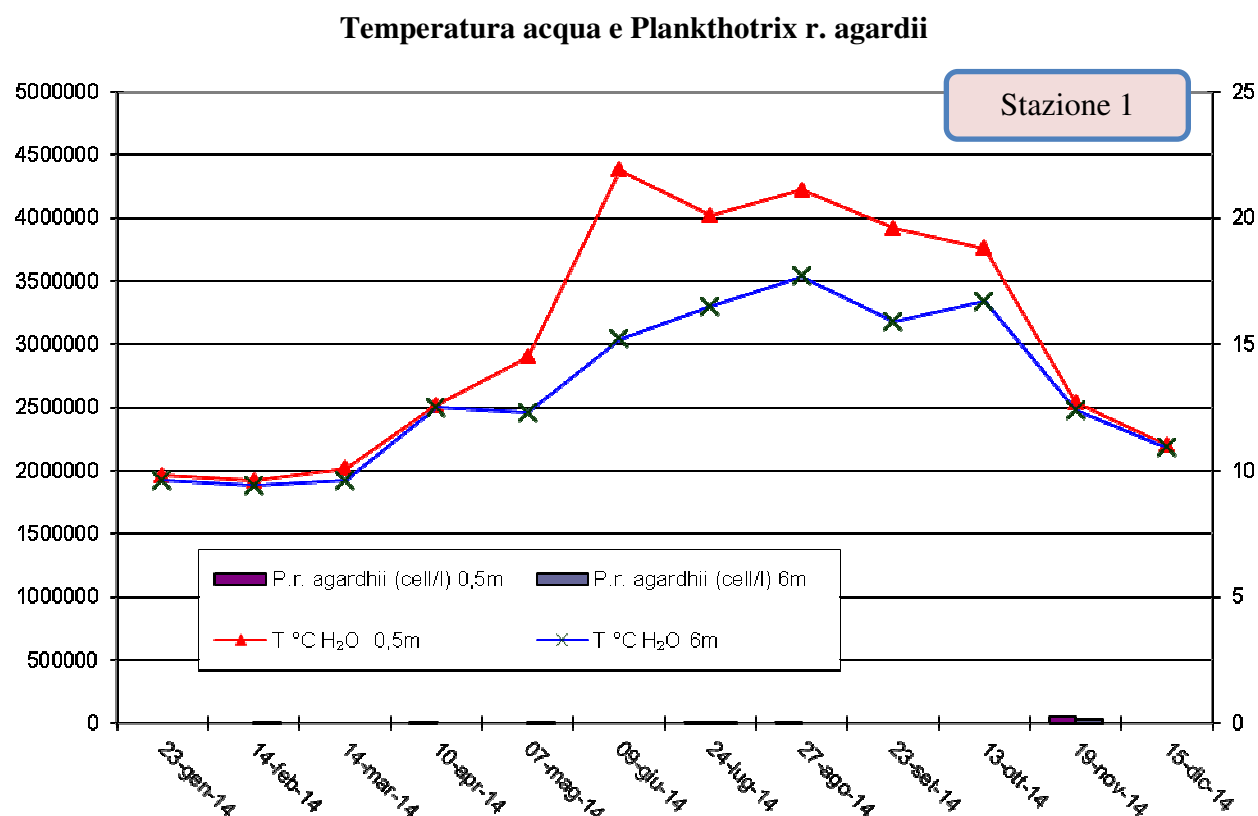


Il lago Le Grazie durante tutto il periodo monitorato ha mostrato valori di ossigeno disciolto compresi nell'intervallo (65-98%) di saturazione, naturalmente i valori minimi sono stati rilevati nel periodo ottobre-dicembre.



Il lago Le Grazie è stato caratterizzato da concentrazioni di clorofilla "a", nel periodo gennaio-luglio, che hanno oscillato nell'intervallo 1-4,5 ug/l.

6.4 Lago Polverina



L'andamento della temperatura, anche nel lago di **Polverina**, ha mostrato il tipico andamento stagionale con il valore minimo pari a 9,4 °C nei mesi più freddi: gennaio - febbraio, mentre i valori più elevati pari a 23-24°C sono stati registrati nel periodo giugno-settembre e la stratificazione delle acque con Δt pari 5 è stata rilevata maggiormente nel periodo giugno – settembre.

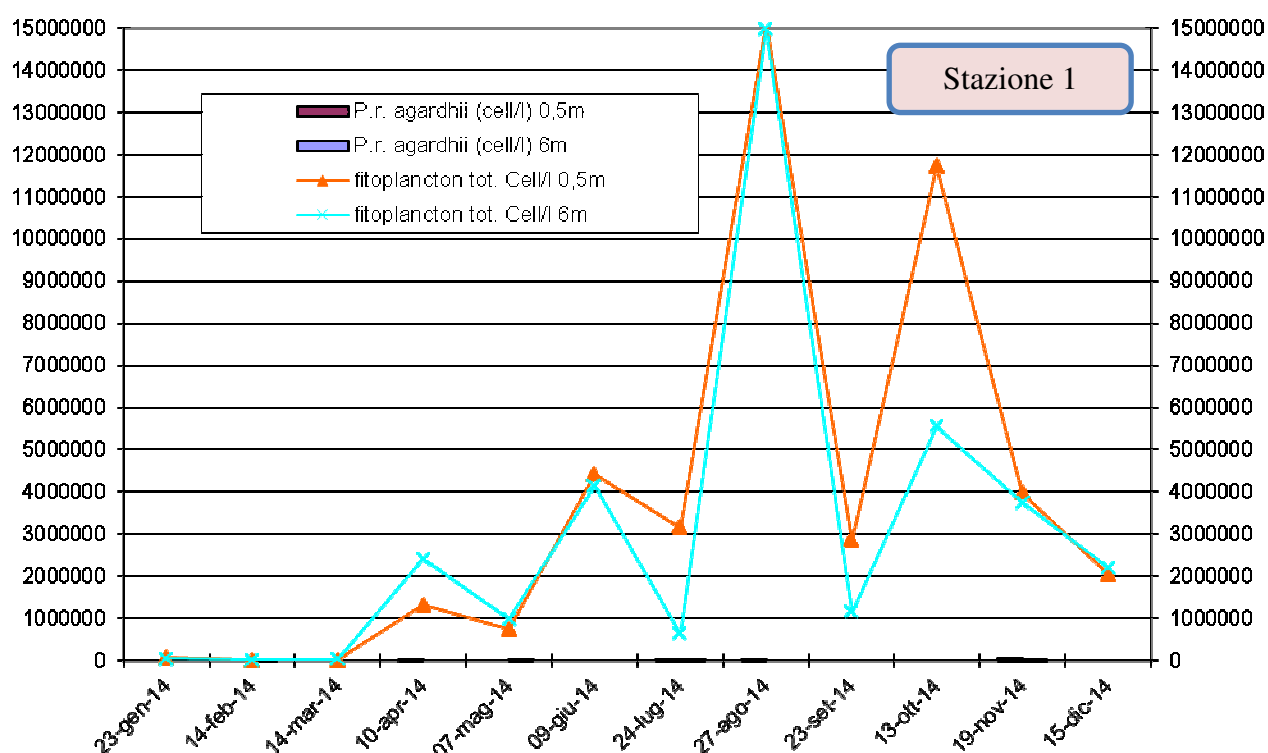
Anche in quest'anno di monitoraggio è stata rilevata la presenza della cianoficea *P.r. agardii*, già riscontrata negli anni precedenti, seppur con densità abbastanza contenute e non in tutti mesi, precisamente è stata riscontrata: a febbraio, aprile, maggio, luglio, agosto e novembre. I valori più elevati sono stati rilevati a novembre (38.000-51.800 cell/l).

Fitoplancton totale

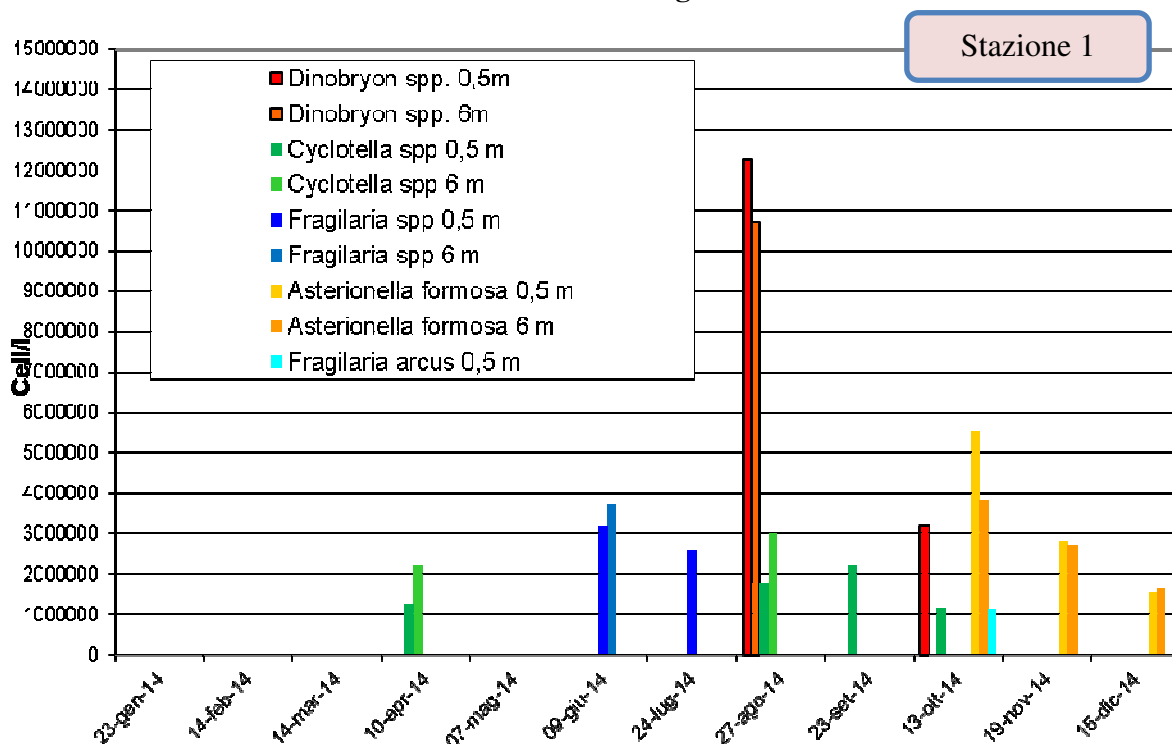
Il lago di Polverina, anche quest'anno, è stato caratterizzato da numerose specie algali che hanno sostenuto blooms soprattutto nel periodo aprile-dicembre.

I picchi delle densità relativi al Fitoplancton totale sono state rilevate nei mesi di aprile, giugno, agosto e nel periodo ottobre-dicembre. I valori massimi sono stati pari a 12.000.000 e 15.000.000 cell/l rispettivamente a ottobre e agosto. Nel mese di agosto è stata rilevata una fioritura plurispecifica sostenuta dal alghe appartenenti al gruppo delle Crysophiceae come il *Dinobryon* sp e alghe appartenenti al gruppo delle Bacillarioficee come la *Cyclotella* spp.

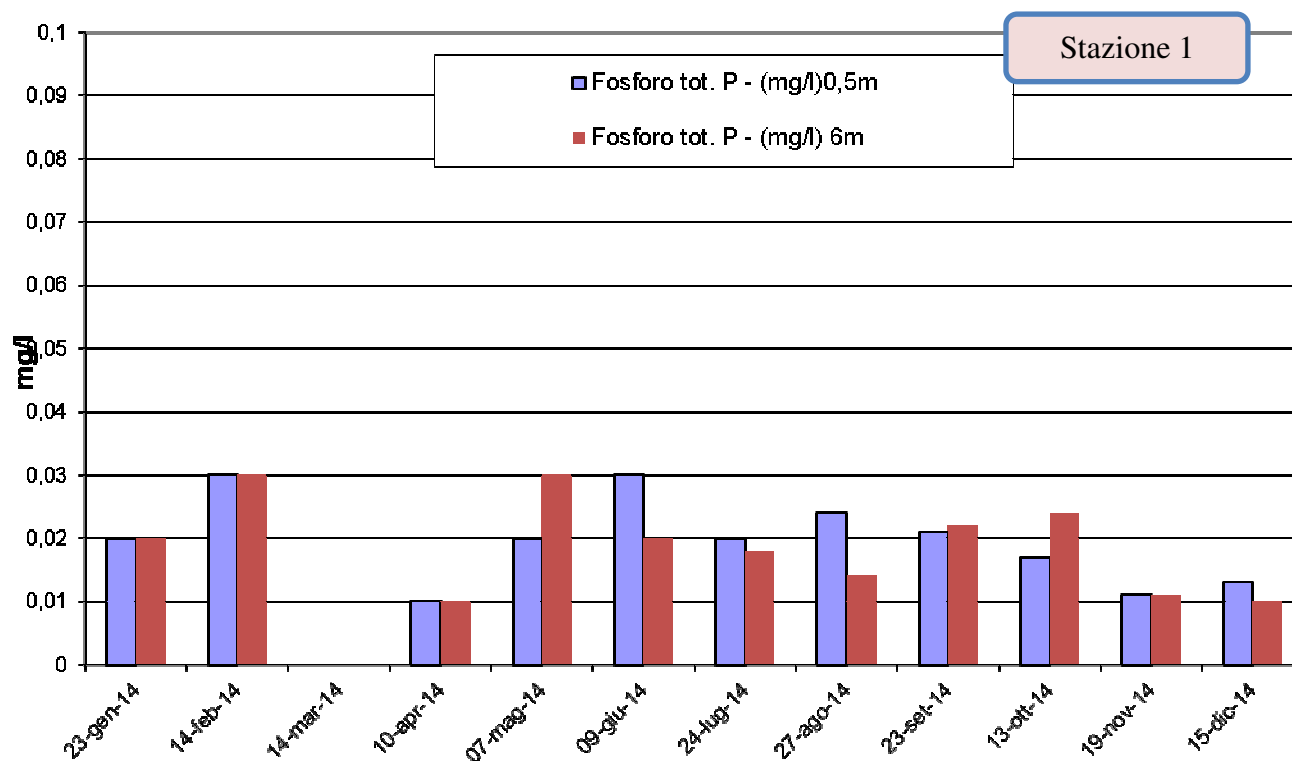
Nel mese di ottobre nonostante la densità totale della fioritura è risultata leggermente inferiore a sostenerla hanno contribuito anche altre Bacillarioficee come l'Asterionella formosa e la Fragilaria arcus. Da sottolineare che queste alghe non risultano potenzialmente tossiche per l'uomo e gli animali.



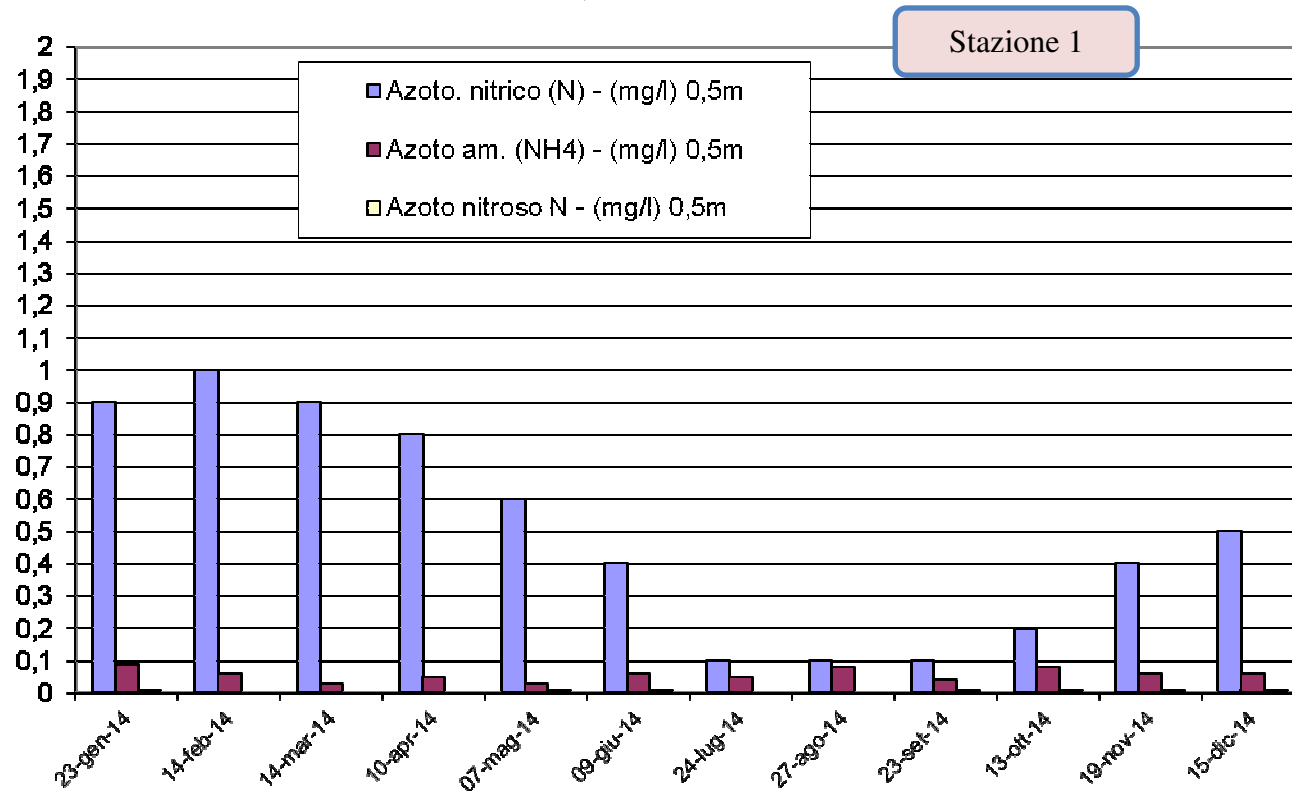
Altre fioriture algali

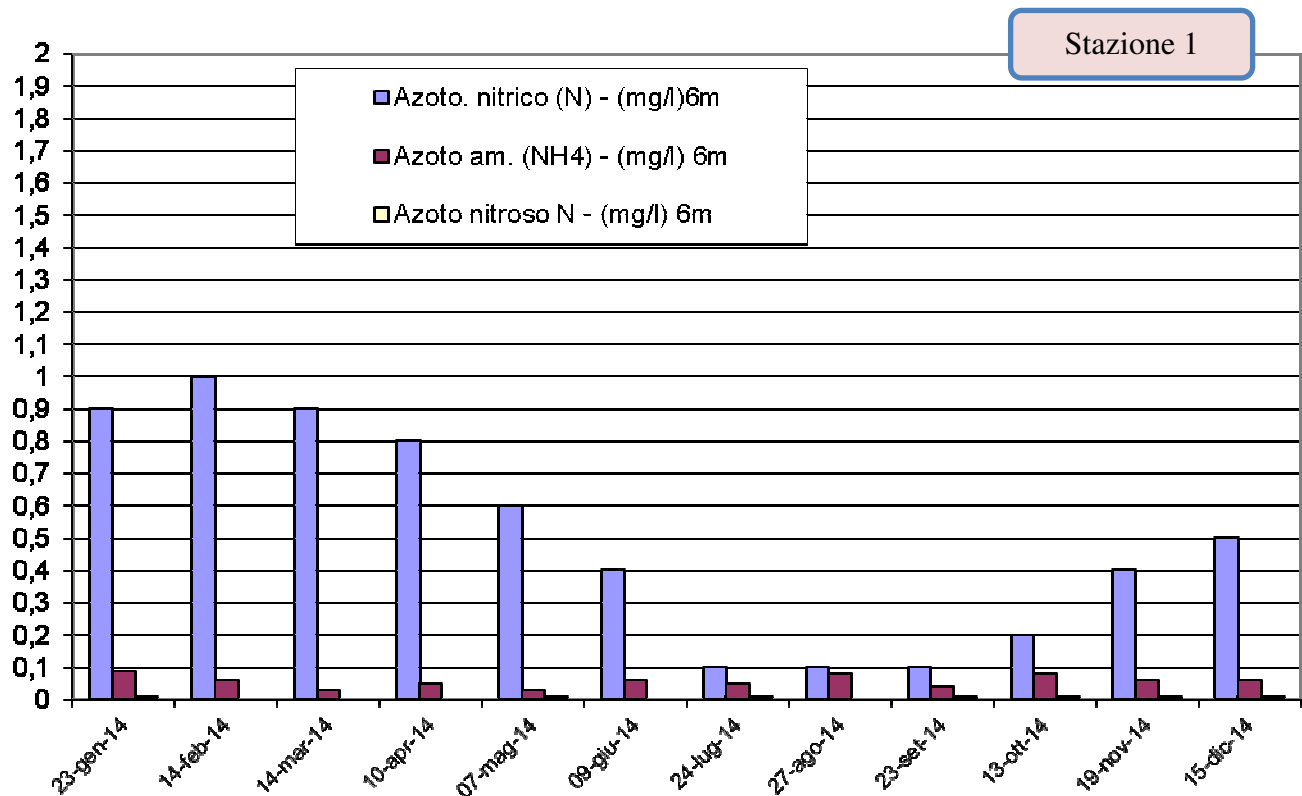


Fosforo totale



Azoto nitrico, nitroso e ammoniacale



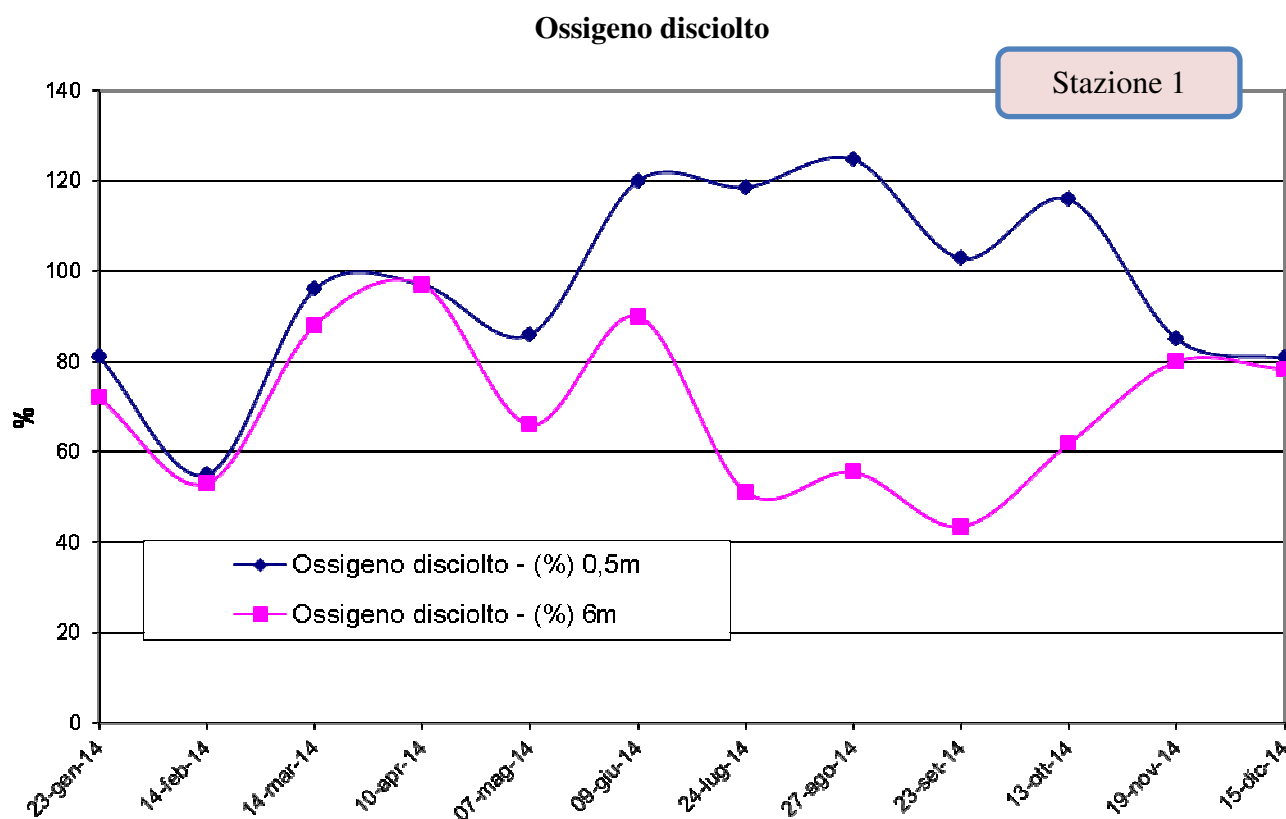


Anche nel lago di **Polverina** le concentrazioni dell'azoto nitrico in questo monitoraggio, sono risultate maggiori in due periodi: gennaio-marzo (0,9-1 mg/l) e dicembre (valore massimo 0,5 mg/l), evidenziando un comportamento analogo a quello dell'anno precedente.

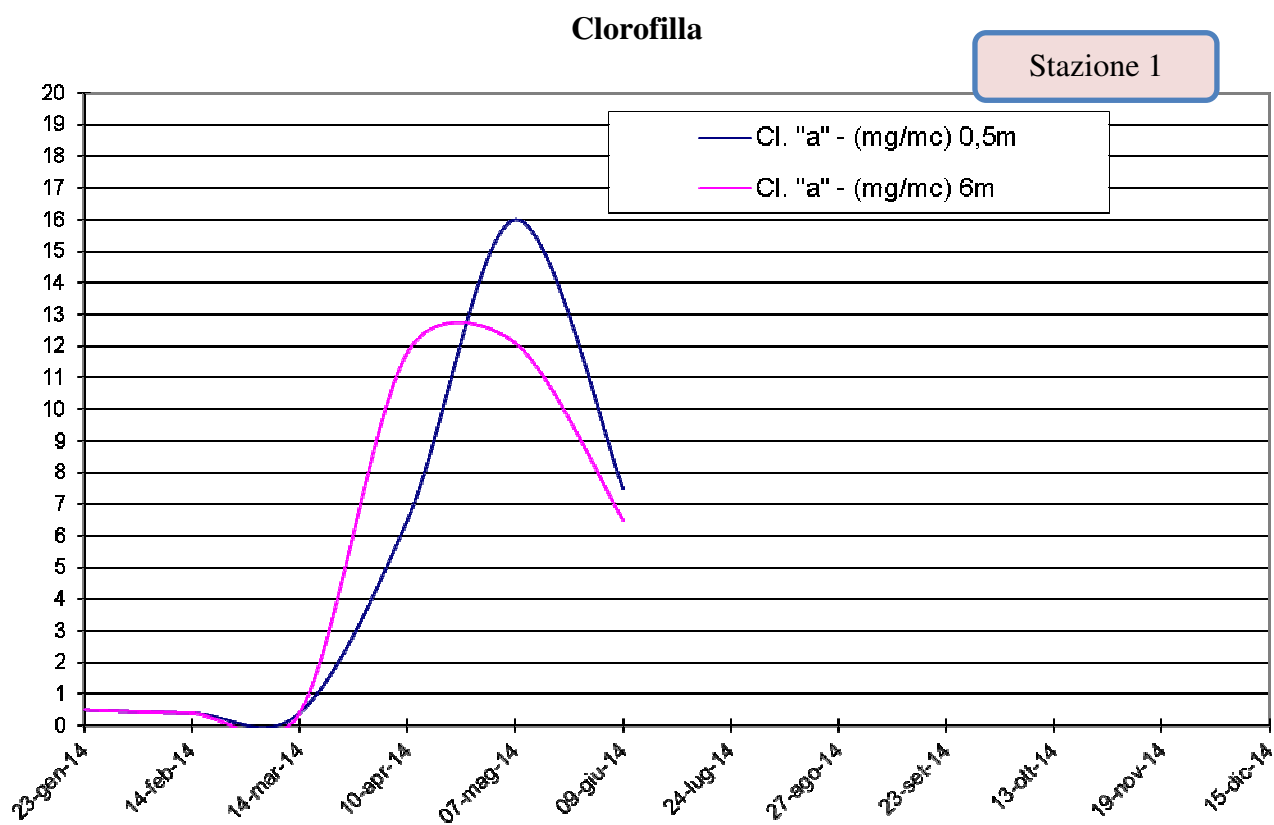
Le concentrazioni dell'azoto ammoniacale sono risultate sempre inferiori a 0,10 mg/l in entrambi i punti di campionamento.

La concentrazione dell'azoto nitroso è risultato generalmente sempre inferiore a 0,01 mg/l. Le concentrazioni del fosforo totale hanno oscillato nell'intervallo (0,010-0,020 mg/l), valori più elevati 0,030 mg/l sono stati rilevati nei mesi di febbraio e nel periodo maggio-giugno

Ancora una volta possiamo definire che il lago di Polverina è mesoeutrofico.



In questo monitoraggio, il lago di Polverina, è stato caratterizzato da valori di ossigeno disciolto generalmente sottosaturi nel punto di campionamento posto in profondità con valori oscillanti nell'intervallo (40-98%) ,i valori minimi sono stati registrati nel periodo luglio-settembre. Mentre in superficie i valori hanno oscillato nell'intervallo (78-120%), i valori piu' alti sono stati rilevati nel periodo giugno-settembre e ottobre.



Il lago di Polverina nel periodo gennaio-giugno, è stato caratterizzato da discrete concentrazioni di clorofilla “a” (0-16 ug/mc).

6.5 Lago di Castreccioni

Il lago di Castreccioni noto anche come lago di Cingoli è un invaso artificiale generato dalla realizzazione di una diga sul fiume Musone negli anni ottanta. Si trova nel territorio del comune di Cingoli, nella provincia di Macerata e rappresenta il più grande bacino artificiale delle Marche e dell'Italia centrale, ricco di fauna acquatica e uccelli migratori. Il lago ha una superficie di oltre 2 chilometri quadrati ed una profondità che raggiunge circa i 55 m in prossimità della diga. I lavori per la realizzazione di questo bacino artificiale sono iniziati nel 1981, per concludersi sei anni dopo. La diga, alta 67 metri e lunga 280, è stata costruita per rispondere a diverse esigenze: per uso irriguo, per l'acqua potabile e per regolare le piene del fiume Musone. L'ambiente è particolarmente suggestivo, con il profilo delle montagne intorno allo specchio d'acqua che si riflette sul lago. Lungo tutte le sponde del lago di Cingoli si trovano piante sommerse o semi affioranti che offrono ottimi ripari per persici trota e lucci di notevoli dimensioni. Nel lago sono presenti anche altre specie ittiche quali lucioperca, trote fario, persici reali, cavedani, pesci gatto, carassi, scardole e carpe. L'acqua è molto pulita e si incunea tra le colline così da formare tre lunghe ramificazioni; le acque del lago di Cingoli sono di "categoria B" e per pescare occorre la licenza di pesca B ed il tesserino segna catture regionale. La capacità massima è stata raggiunta nell'inverno tra il 2012-2013 grazie alla neve e alla pioggia.

Il lago di Castreccioni rappresenta una fonte idropotabile di notevole entità e qualità, che copre i fabbisogni di un bacino di utenza che supera i 100.000 abitanti distribuiti tra le provincie di Macerata e soprattutto di Ancona. La qualità delle acque potabilizzate è garantita dalla presenza di un ottimo potabilizzatore, recentemente potenziato con una sezione di ultrafiltrazione, che può garantire l'erogazione di una buona acqua potabile conforme alle caratteristiche previste dal Decreto 31 e la cui gestione è affidata alla Società Acquambiente Marche srl.

Il rinvenimento della *P. rubescens* nel lago di Castreccioni

Il rinvenimento dell'alga cianoficea *Planktothrix rubescens agardii* è un fatto recente che è stato rilevato occasionalmente grazie alle attività ordinarie di sorveglianza algale che ARPAM effettua sulle acque superficiali di qualsiasi natura, se le stesse sono destinate alla balneazione. Non sono note le cause di tale comparsa, anche se il fenomeno sta subendo una notevole generalizzazione su scala globale, senza precise correlazione tra cause ed effetto. Storicamente si è sempre ammesso che le fioriture algali sono supportate da acque eutrofiche, cioè ricche di nutrienti quali azoto e fosforo, ma in questo caso non abbiamo acque espressamente eutrofiche in quanto i nutrienti sono presenti a concentrazioni relativamente basse (oligo-meso trofia), analogamente a quanto accade presso il lago

Fiastrone ove, a fronte di una situazione di evidente oligotrofia, ovvero scarsissima presenza di nutrienti, le fioriture di alghe cianoficee (cianobatteri) sono molto più frequenti ed intense rispetto a quelle verificatesi recentemente anche presso il lago di Castreccioni.

Per lo studio della specifica problematica sono stati considerati due distinti aspetti:

- stato trofico del lago
- presenza di alghe e tossine in ingresso e in uscita dal potabilizzatore

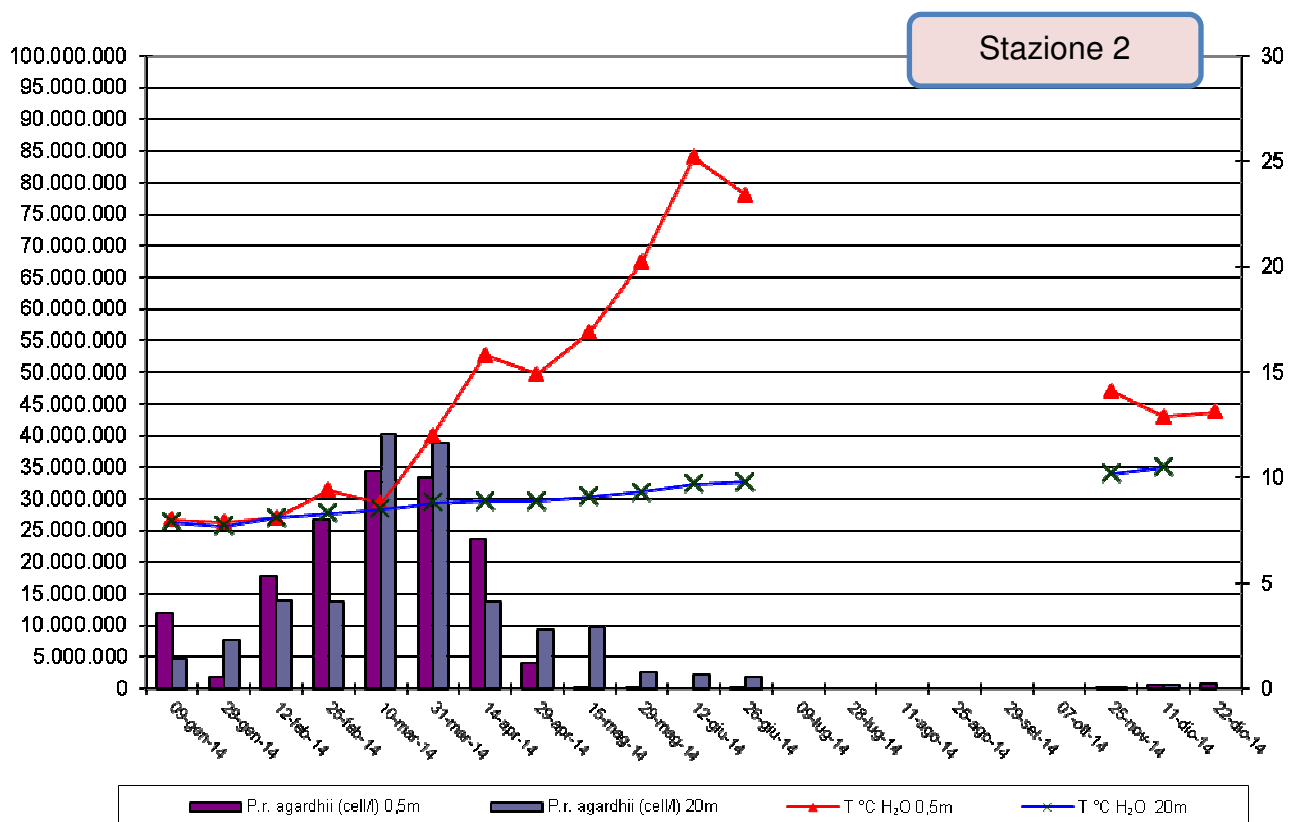
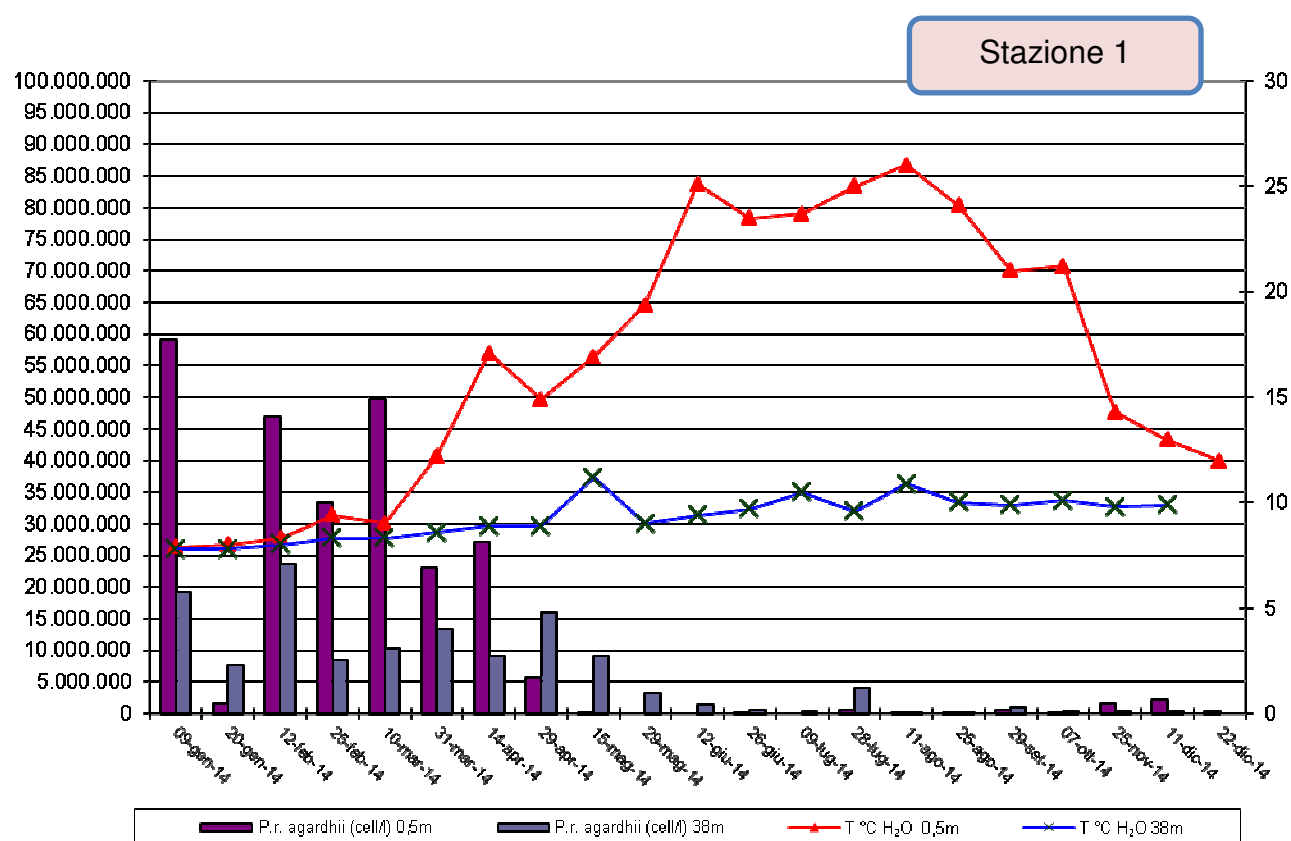
Per quanto riguarda il primo punto, la metodologia utilizzata ha previsto la definizione di un elevato numero di punti da campionamento, in totale undici, localizzati sull'intera superficie dell'invaso ed a diversa profondità, al fine di meglio comprendere sia la dinamica riproduttiva che la localizzazione della *P. rubescens* al suo interno. Ciò ha permesso in più di occasioni di pilotare l'utilizzo alternato, a seconda dei casi, di una delle tre prese dell'acqua lacustre ciascuna delle quali è posta a diversa profondità.

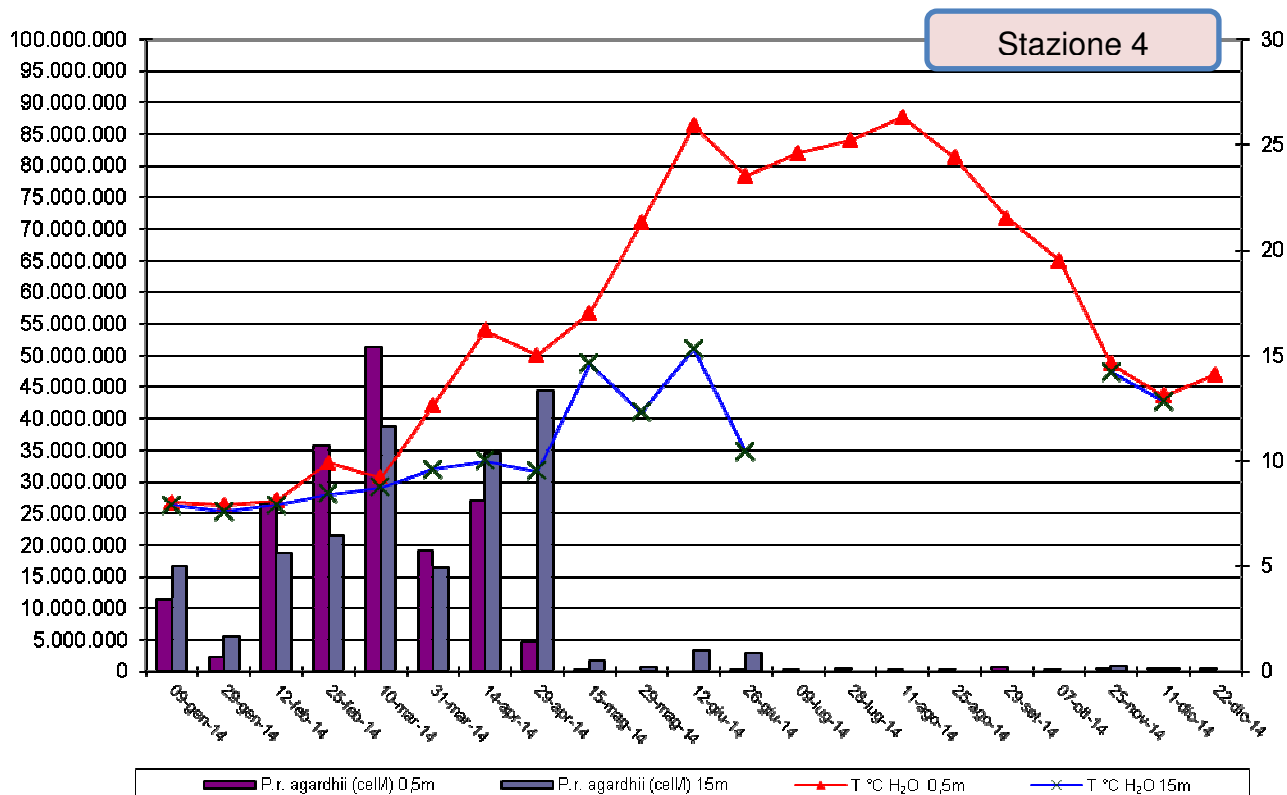
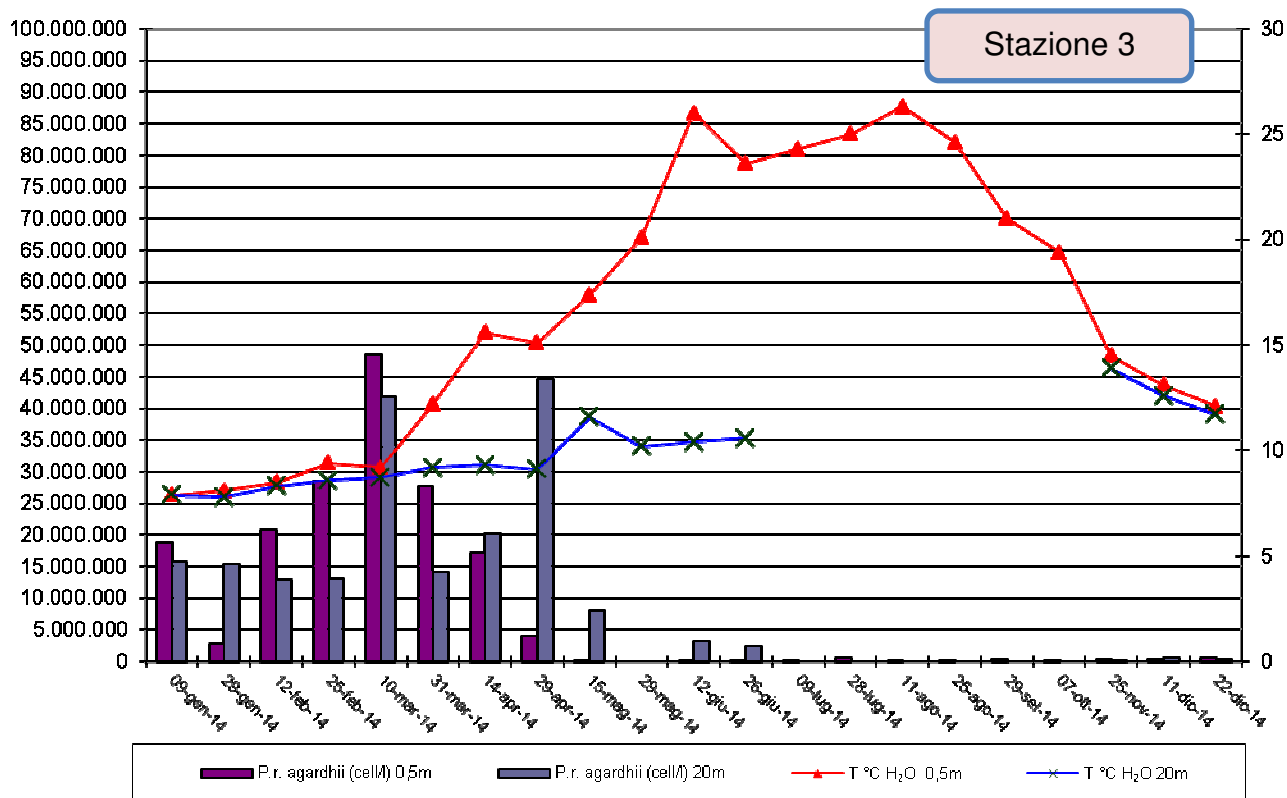
Le indagini hanno riguardato sia la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton che delle microcistine totali, oltre ad un adeguato numero di parametri chimici e chimico-fisici di supporto.

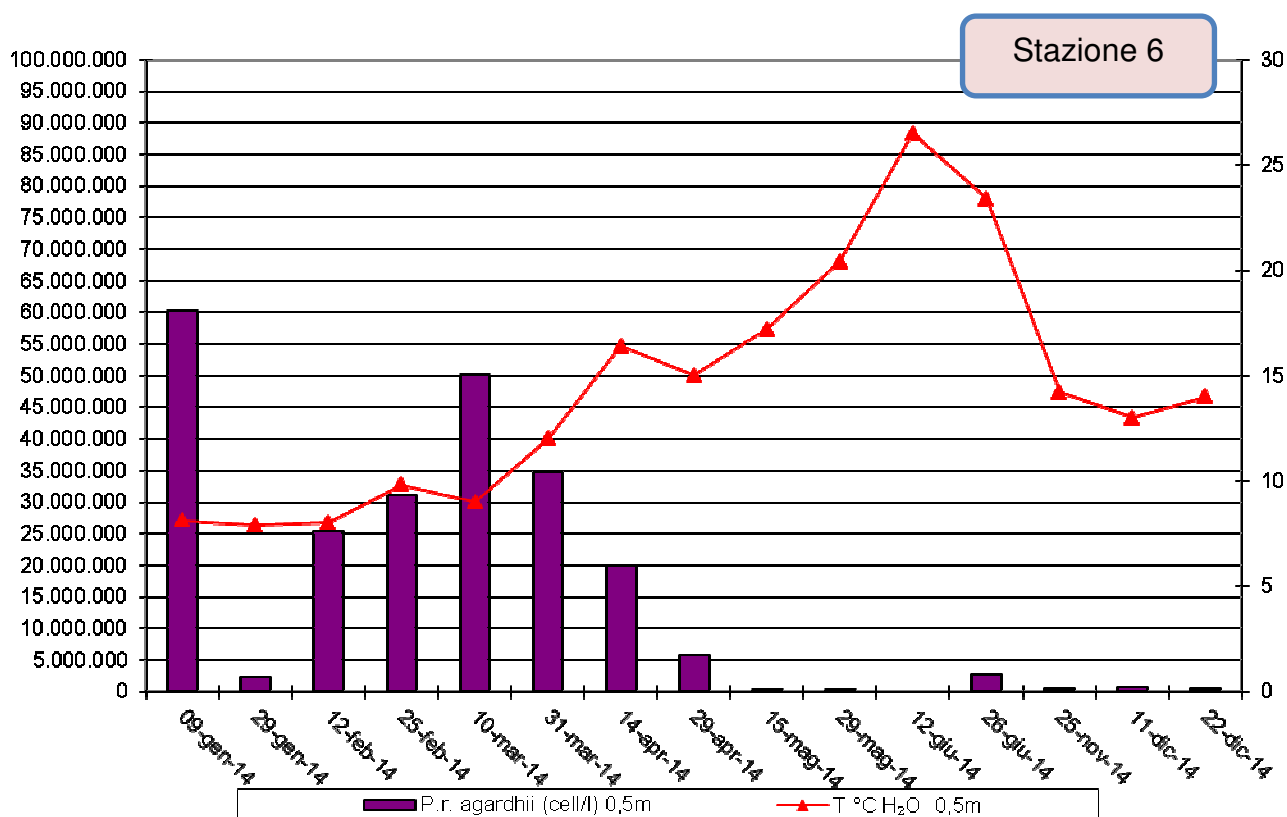
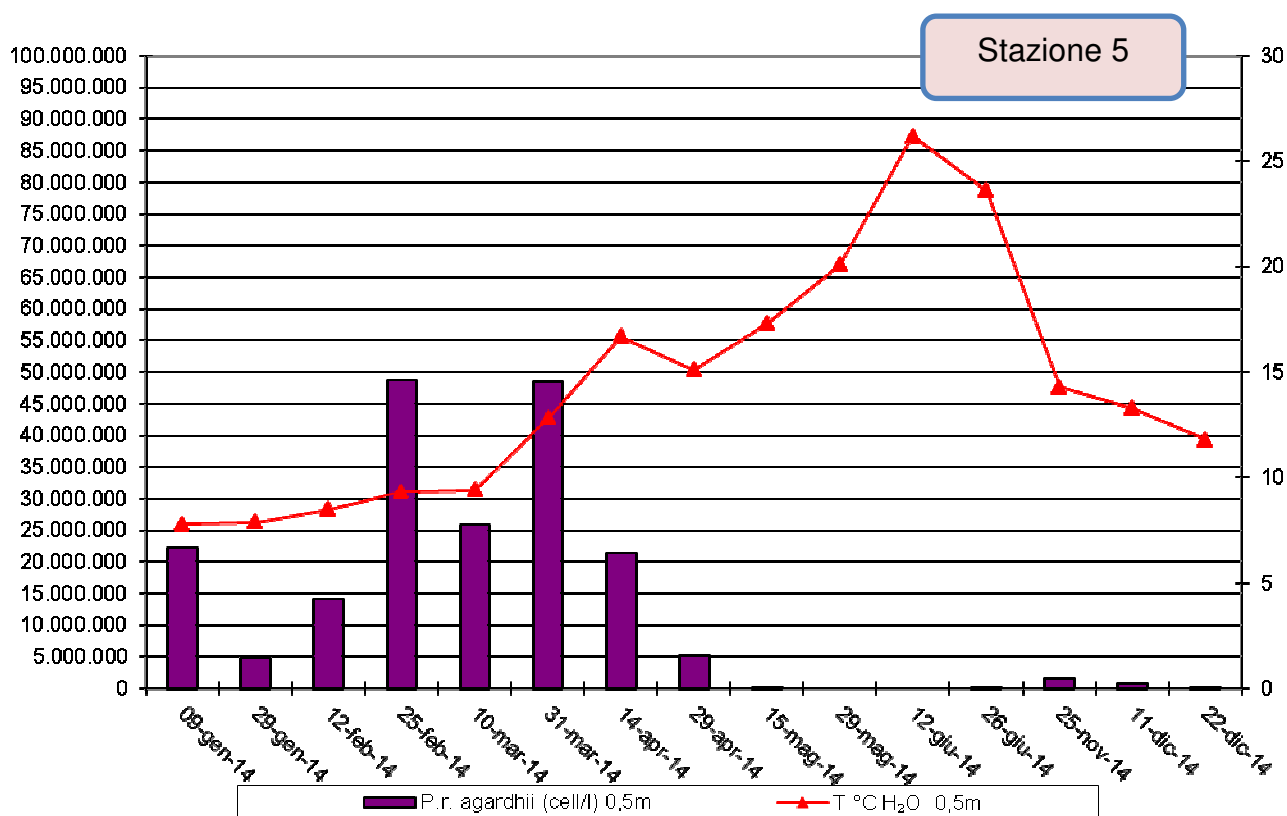
Per quanto riguarda invece il secondo punto, sono stati effettuati a cura dell'ASUR ZT 2 di Jesi campionamenti in ingresso al potabilizzatore ed in uscita delle acque potabilizzate, con frequenza settimanale. In tali campioni è stata effettuata sia l'analisi quali quantitativa del fitoplancton che la determinazione delle microcistine totali (intracellulari e disciolte)

Anche durante l'anno 2014 è stato eseguito il monitoraggio sia sul lago Castreccioni che all'ingresso e all'uscita del potabilizzatore.

Temperatura dell'acqua e presenza di *Planktothrix rubescens* e *agardhii*



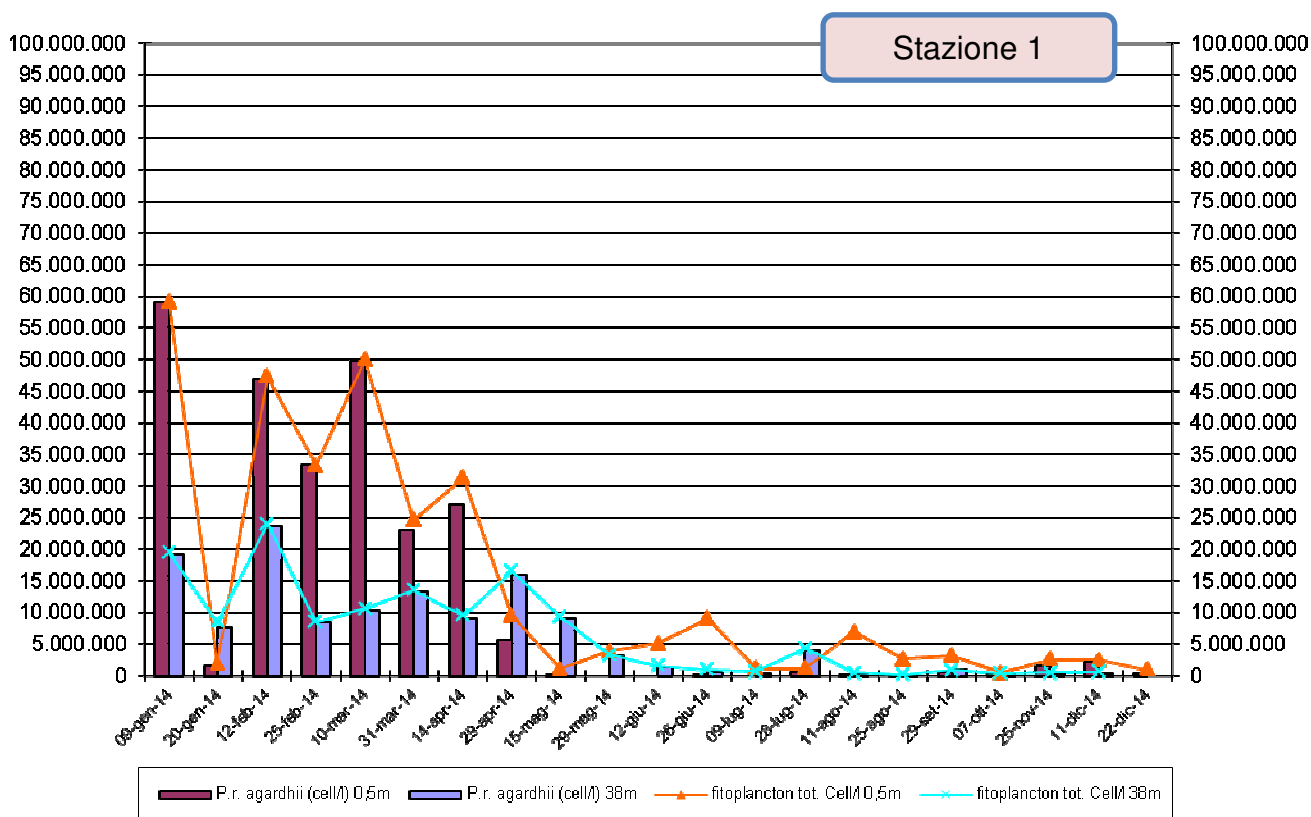


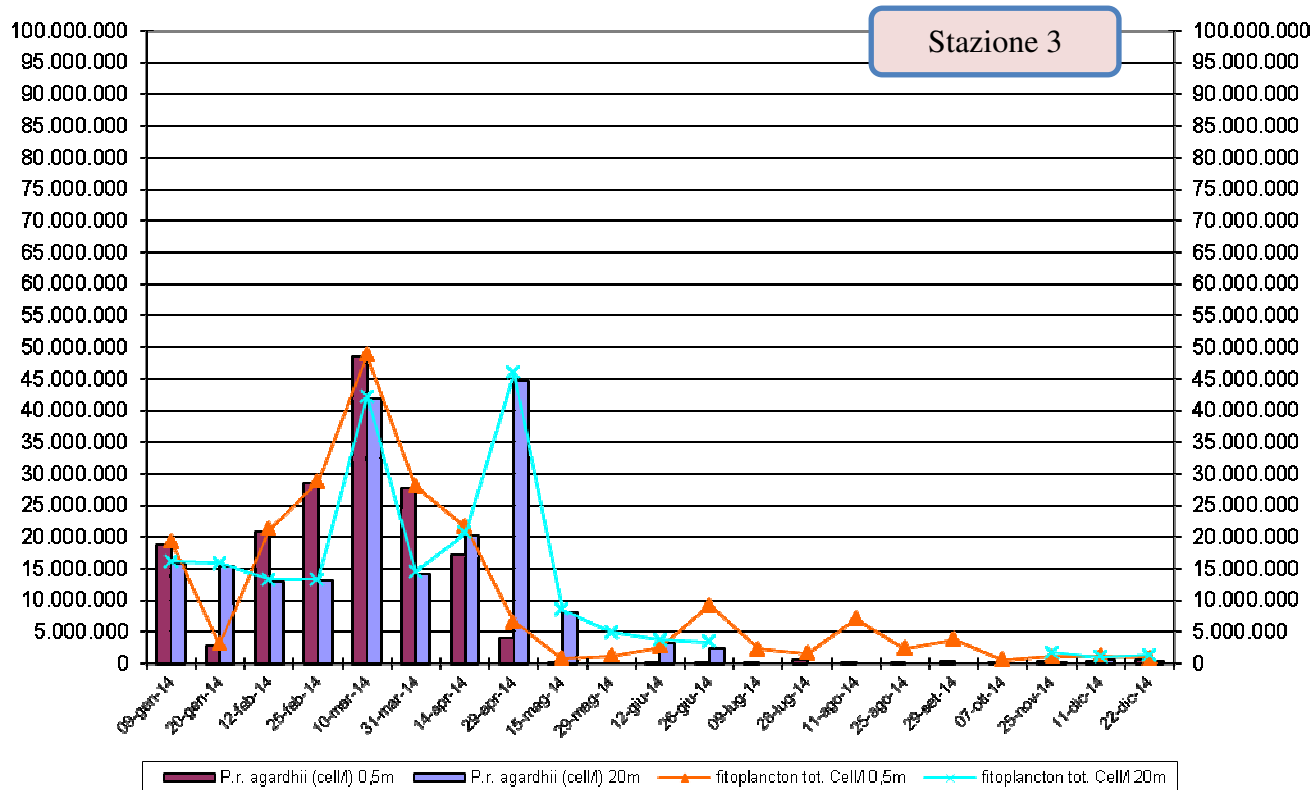
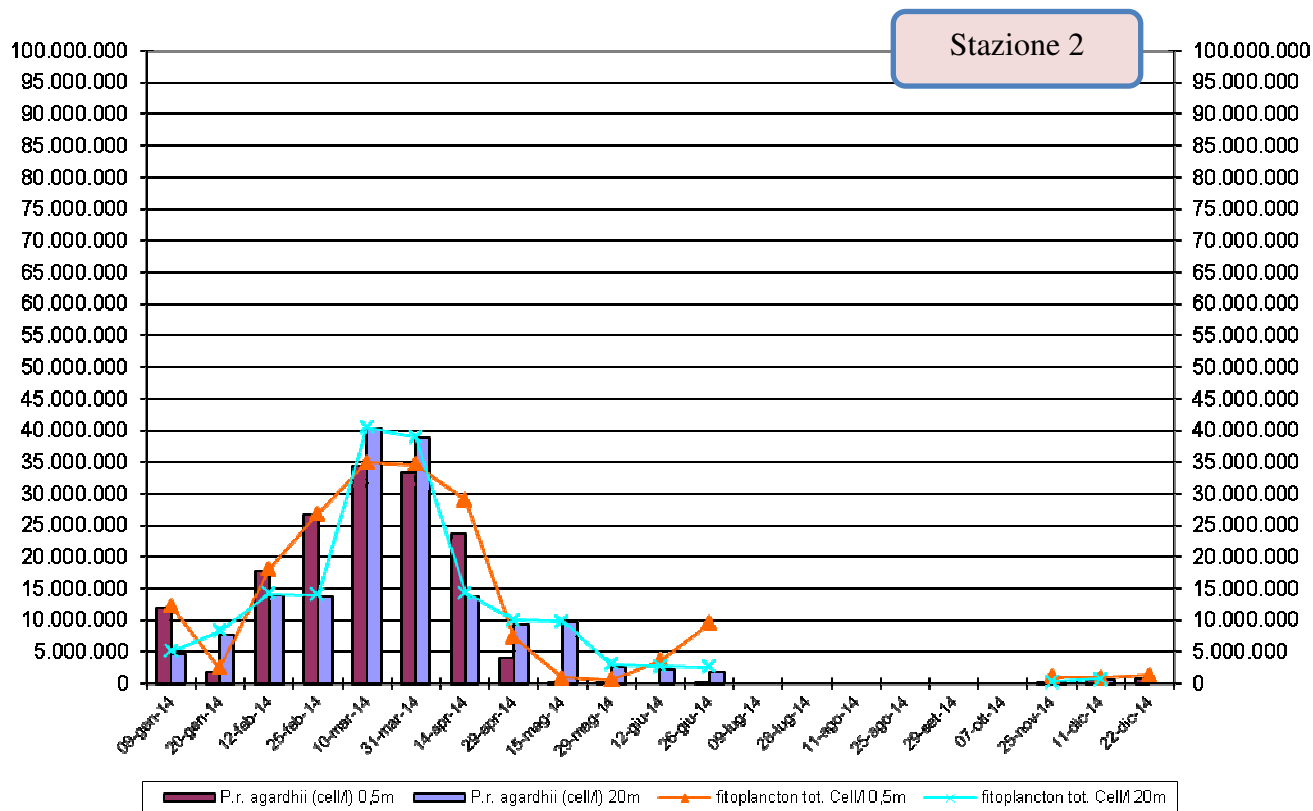


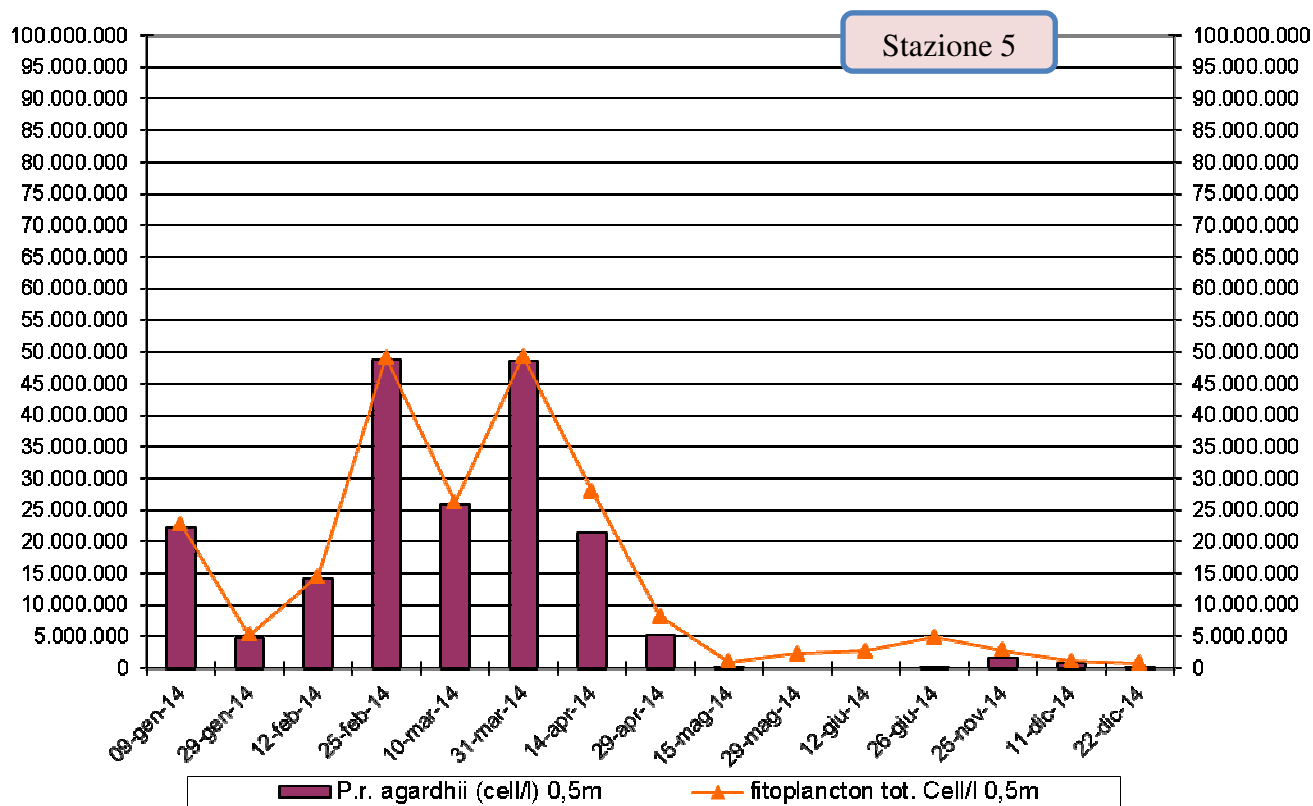
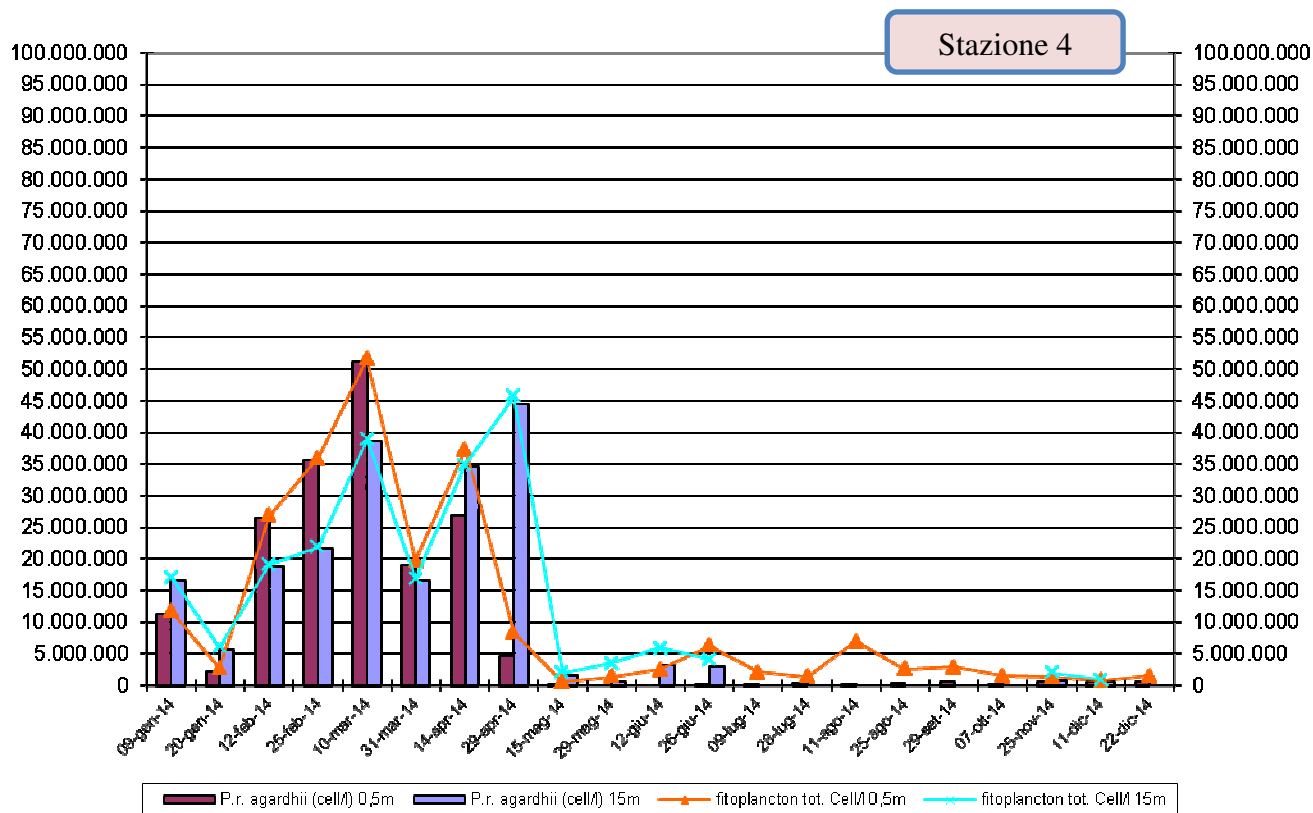
L'andamento della temperatura nelle varie stazioni indagate ha evidenziato la presenza di valori minimi nel periodo invernale e massimi nel periodo estivo. Al di là di questo normale evento, è stato rilevato, precisamente presso la stazione n°1, un periodo nel quale è evidente il rimescolamento delle acque, compreso tra Marzo e Dicembre 2014. Invece nel periodo gennaio-marzo 2014, la differenza termica tra superficie e fondo è minima a causa di una corrente d'acqua che si determina tra fondo e superficie la quale provvede anche a far ricircolare e rendere disponibili sostanza organica e nutrienti eventualmente depositati sul fondo.

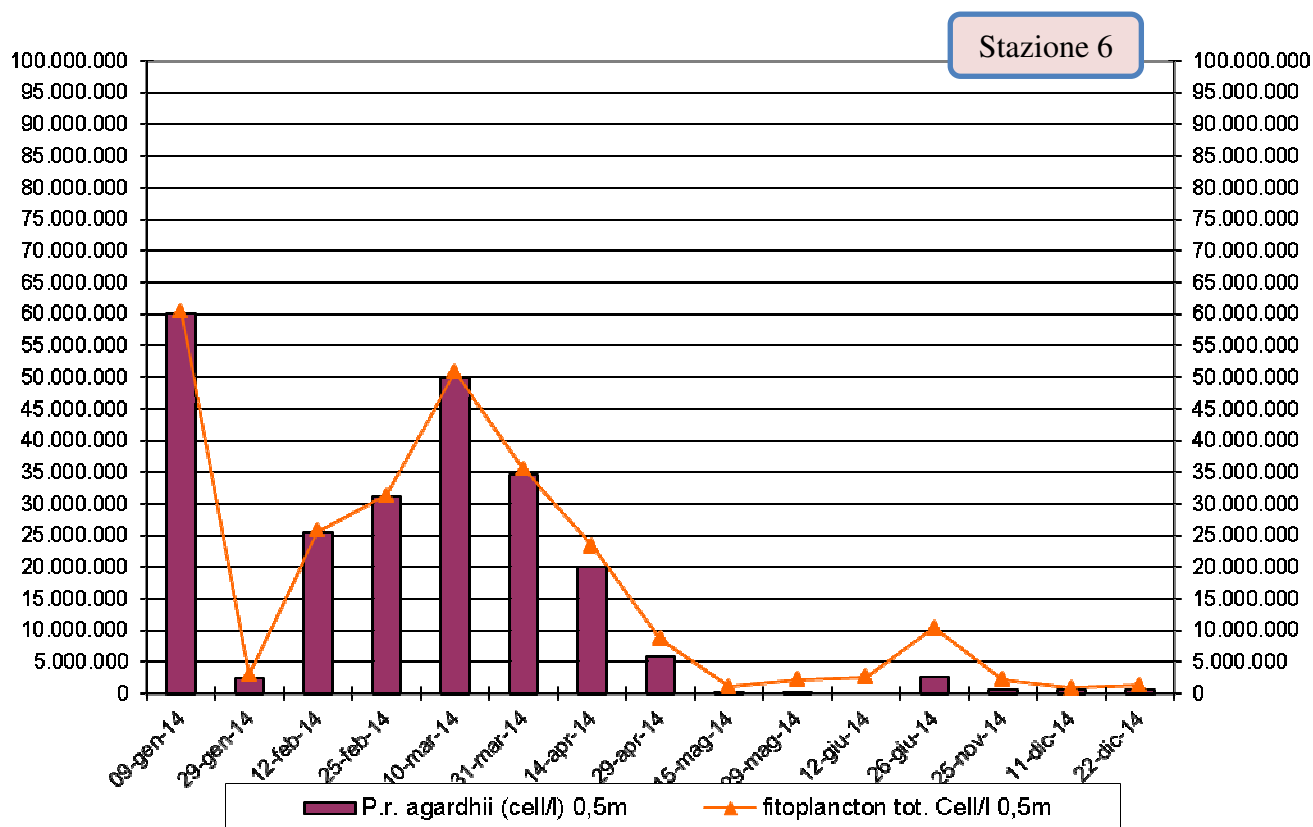
Per quanto riguarda invece la concentrazione del genere *Planktothrix*, si rileva come i valori più elevati siano stati determinati generalmente su tutti i punti nel periodo gennaio-aprile. Le densità maggiori (40.000.000-60.000.000 cell/l) sono state rilevate precisamente in superficie presso la stazione 1,5,6 ; invece su tutta la colonna nelle stazioni 2, 3 e 4. A differenza dell'anno precedente(e del lago Fiastrone) non è stato rilevato un incremento della cianoficea nel periodo ottobre-dicembre 2014.

Fitoplancton totale



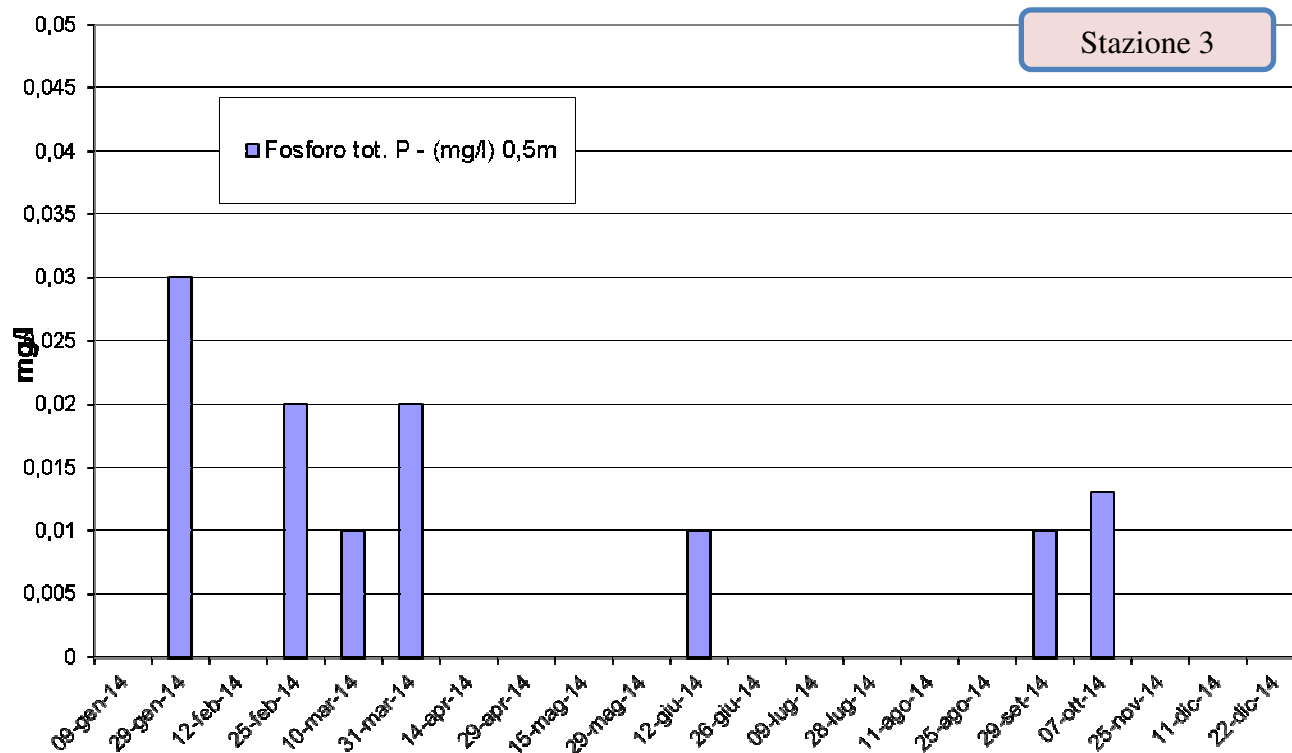
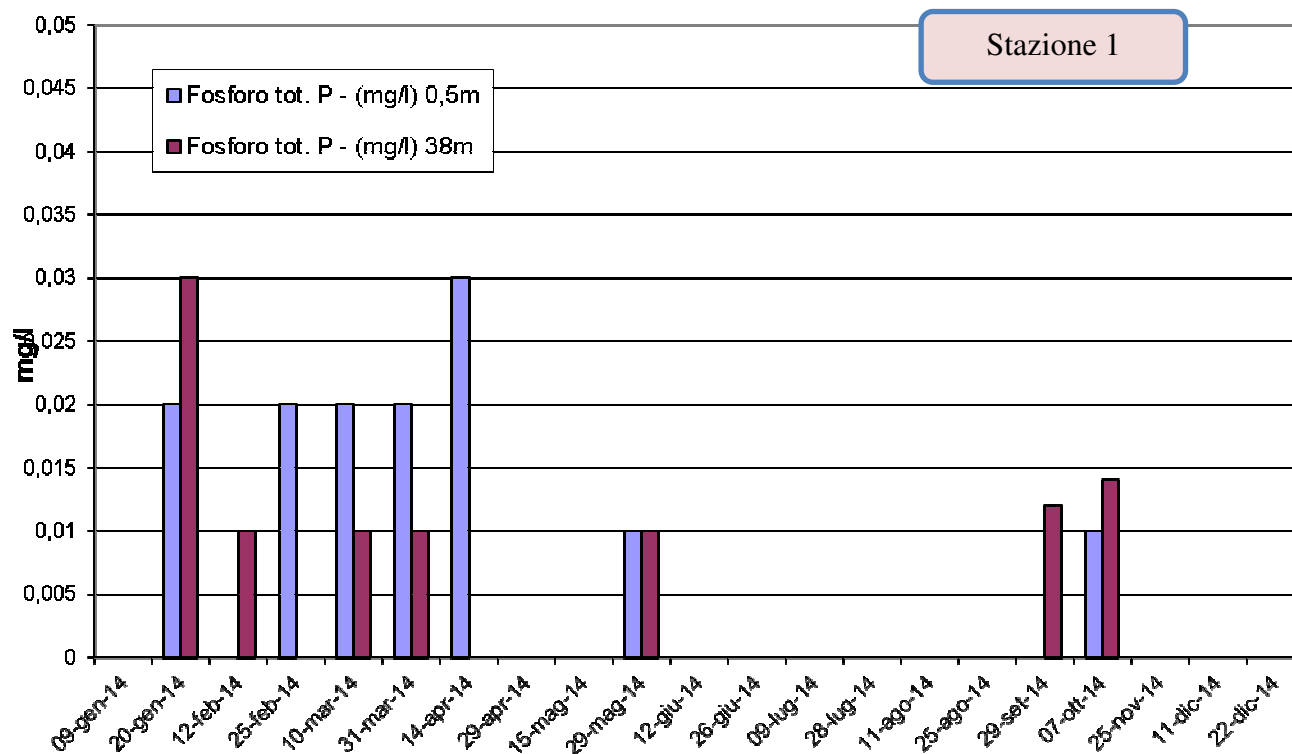


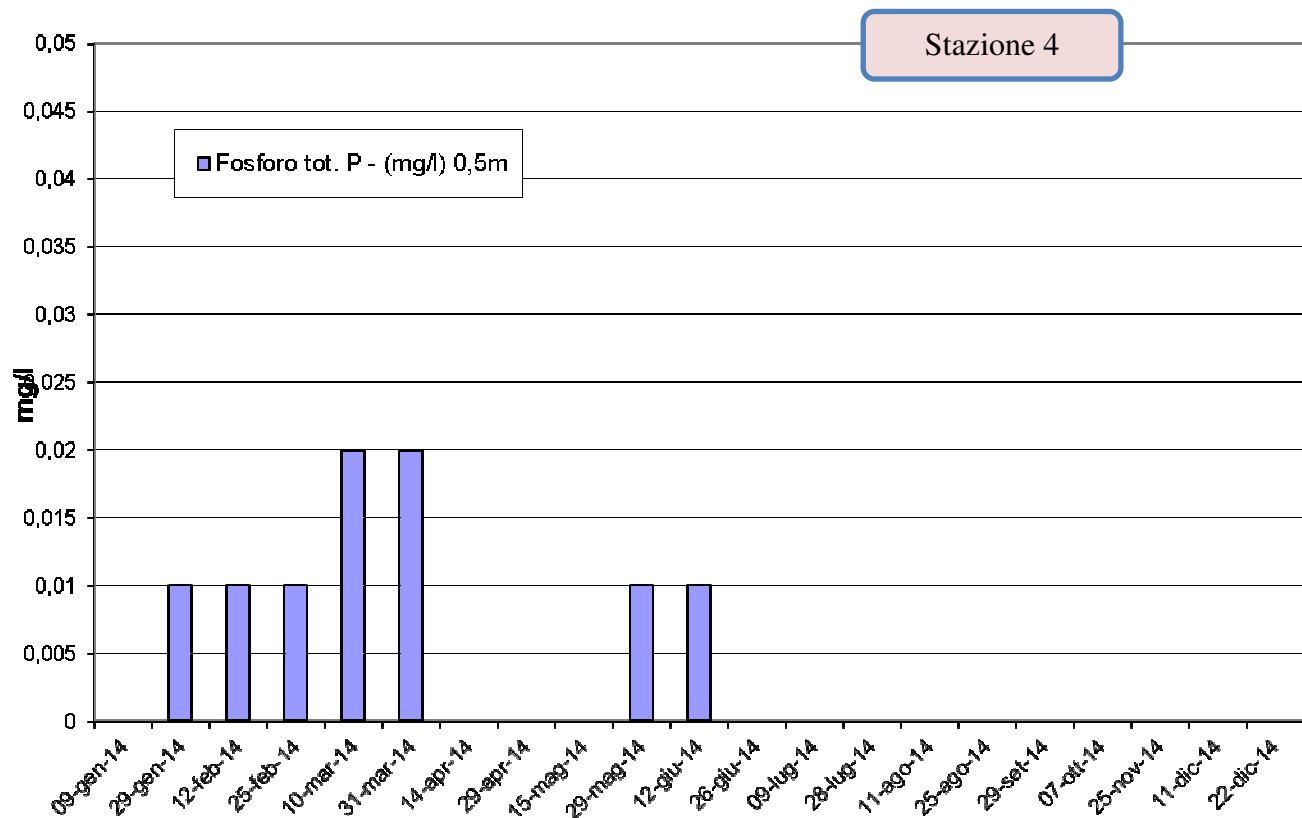




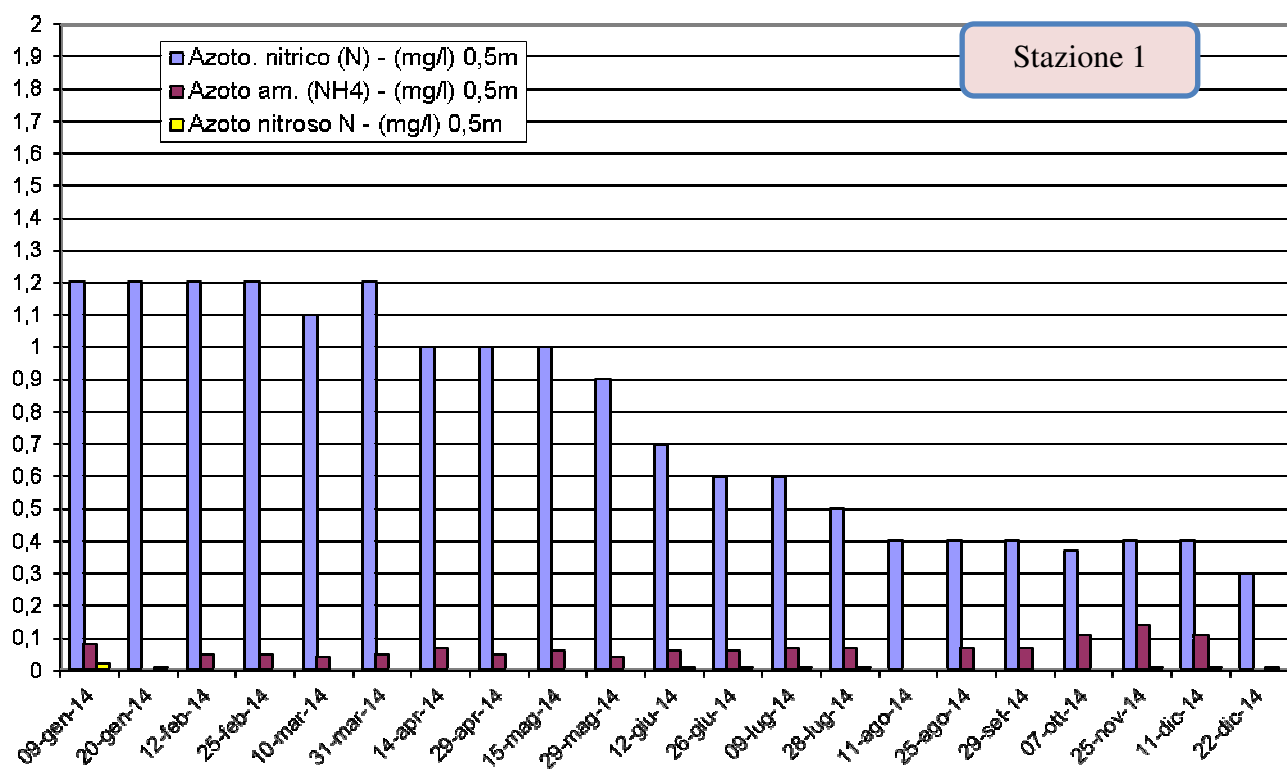
I grafici evidenziano chiaramente come sia il genere *Planktothrix* a costituire la componente prevalente del fitoplancton, ed infatti in tutte le stazioni i relativi picchi di concentrazione sono praticamente sovrapposti a quelli relativi al fitoplancton totale. Eccezioni del periodo estivo in cui, alla scarsa presenza della *Planktothrix* si contrappone la presenza di altre specie. Questa situazione, sulla base dello studio pluriennale condotto in vari laghi ed invasi italiani ed europei, ed in parte verificata anche negli studi da noi condotti negli invasi dell'alto bacini del fiume Chienti, è abbastanza tipica delle fasi iniziali della contaminazione da cianofitiche le quali, una volta giunte nell'invaso oligotrofico iniziano una fase più o meno lunga ed intensa di proliferazione in assenza, o scarsa copresenza, di altre specie algali. Con il progredire degli anni poi di norma si dovrebbe assistere ad una sempre più articolata struttura delle popolazioni fitoplanctoniche, struttura che dovrebbe garantire un maggiore equilibrio ecologico tra le specie, determinando anche contenimento dell'intensità delle fioriture di cianofitiche.

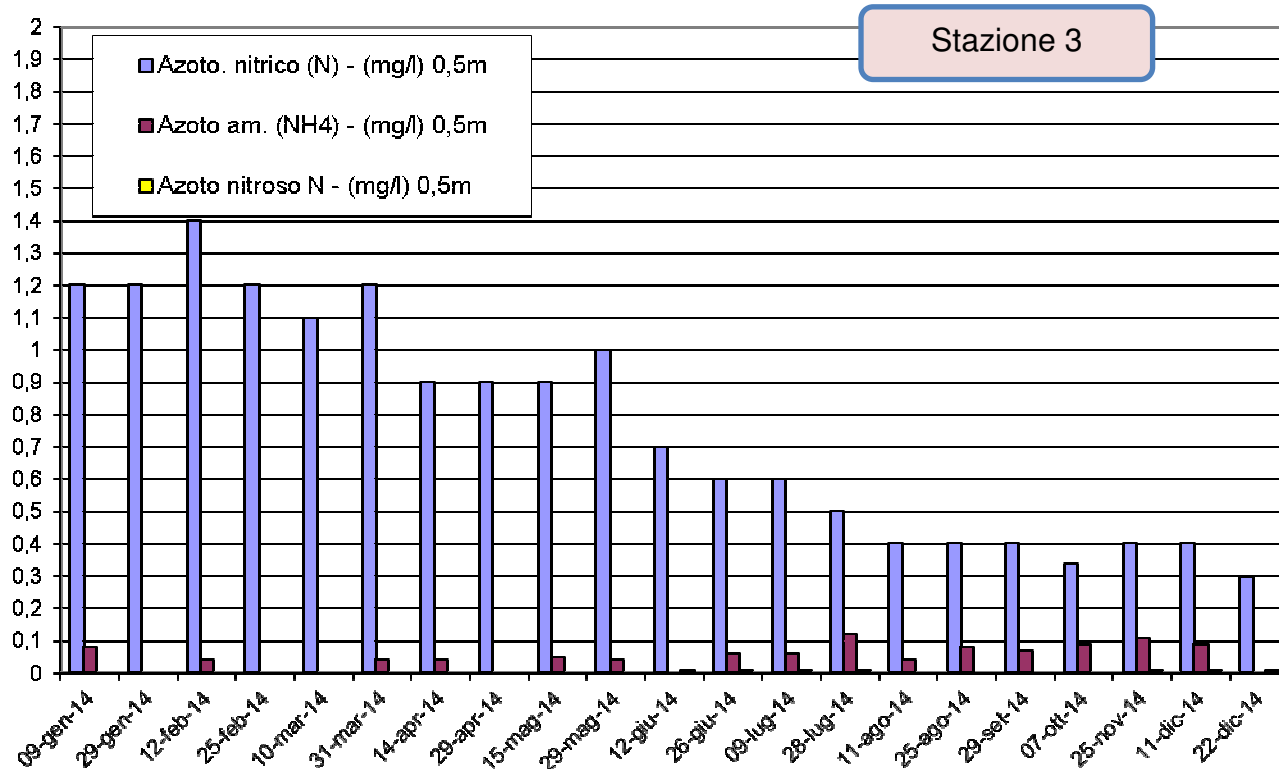
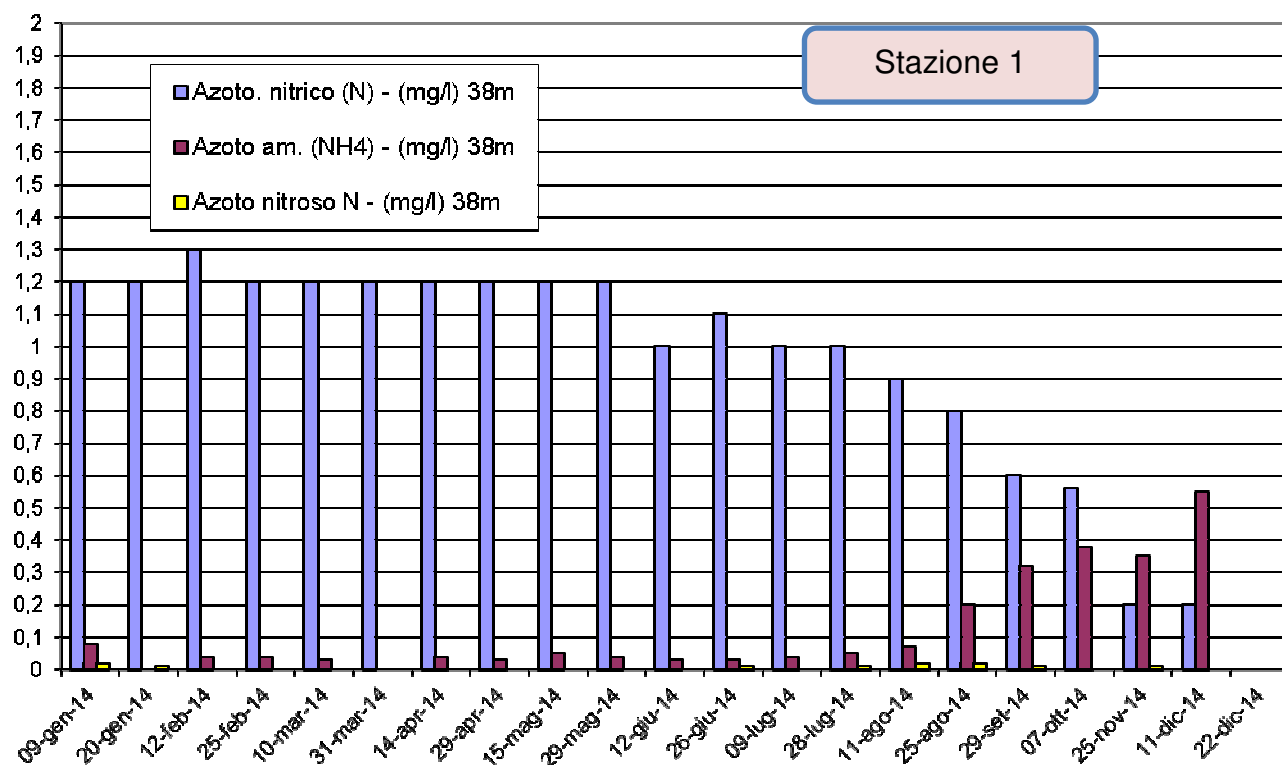
Fosforo totale

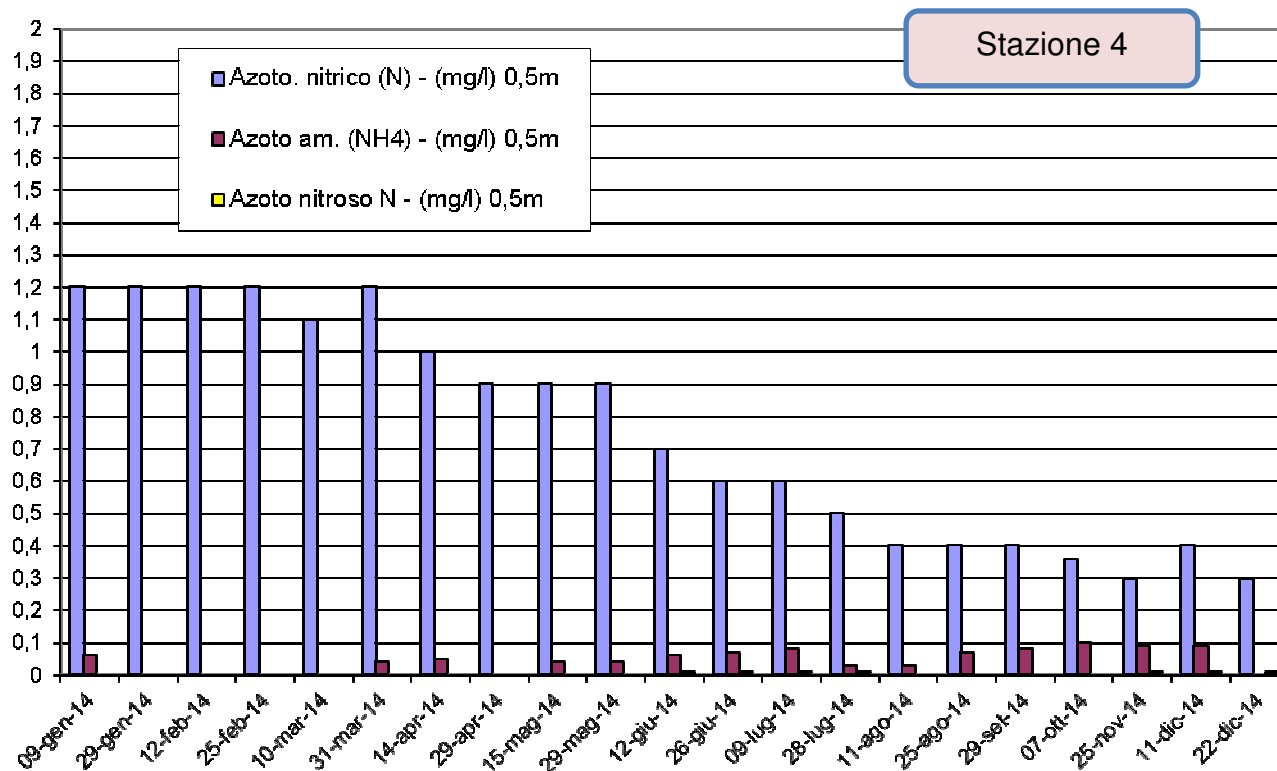




Azoto nitrico, nitroso, ammoniacale







Dall'andamento delle concentrazioni dell'azoto si evidenzia come i valori siano relativamente elevati e abbastanza distribuiti lungo tutta la colonna d'acqua e presso tutte le stazioni. In particolare nei periodi di massima stratificazione gli strati più superficiali ne risultano momentaneamente depauperati a causa dell'utilizzo da parte degli organismi fotosintetici.

Di fatto le concentrazioni di azoto e fosforo che raggiungono le acque superficiali, determinano il livello di intensità e la distribuzione della biomassa microalgale.

Il nitrato, costituisce la componente di gran lunga principale della frazione dell'azoto inorganico solubile, in tutte le stazioni (S1, S3, S4) e gioca un ruolo importantissimo nel processo di eutrofizzazione.

Precisamente i valori di azoto nitrico più elevati (1.1 – 1.4 mg/l) sono stati registrati nel periodo gennaio-aprile, verosimilmente in relazione al maggior apporto di piogge, su tutti i punti di campionamento, mentre nei restanti mesi è stata rilevata una concentrazione mediamente pari a 0,6 mg/l.

Le concentrazioni dell'azoto nitroso sono state generalmente <0,01 mg/l, il valore maggior è stato pari a 0,02 mg/l a gennaio presso la stazione 1

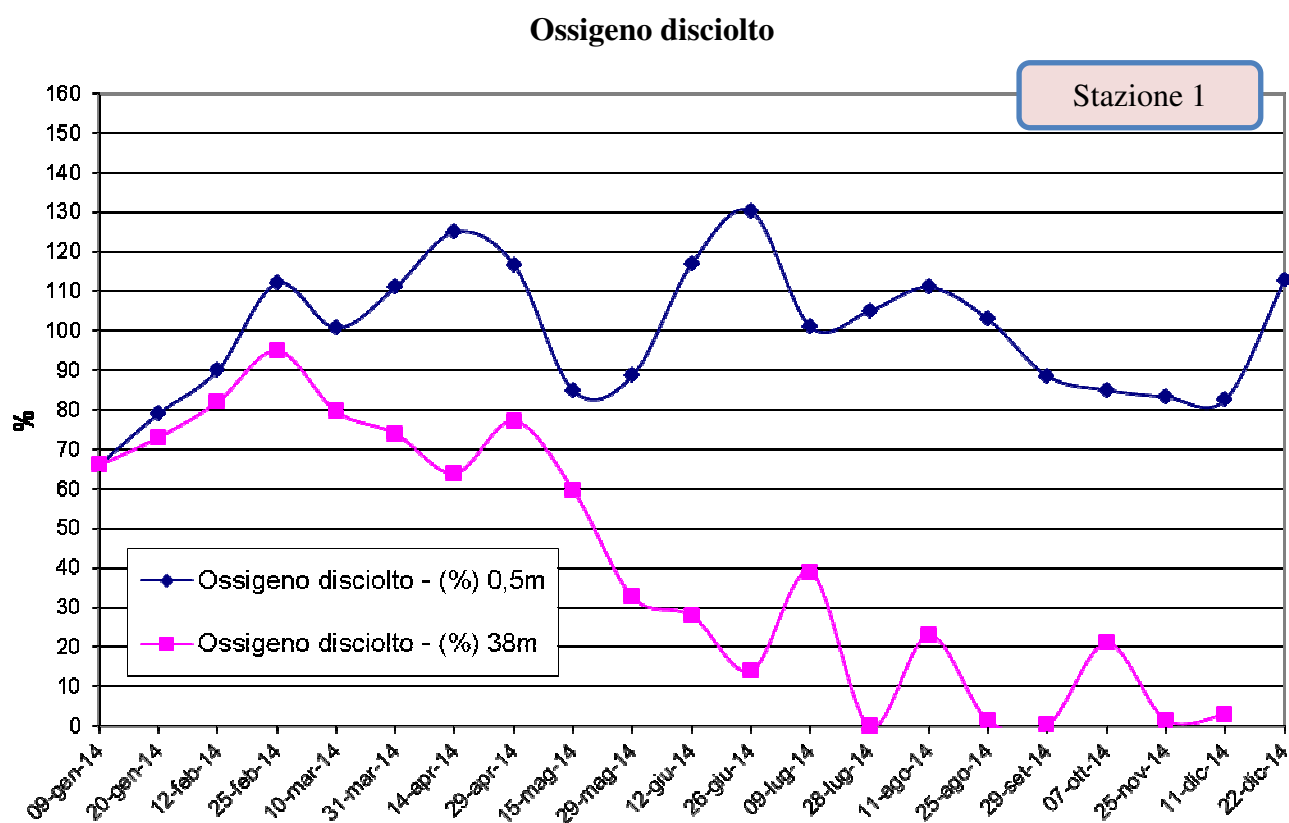
Per quanto riguarda l'azoto ammoniacale, esso è stato rilevato in tutte le stazioni, seppur i valori massimi 0,2- 0,55 mg/l, sono stati rilevati nella stazione n°1 in profondità, nel periodo luglio-dicembre, mentre nei restanti mesi è risultato <0,03 mg/l.

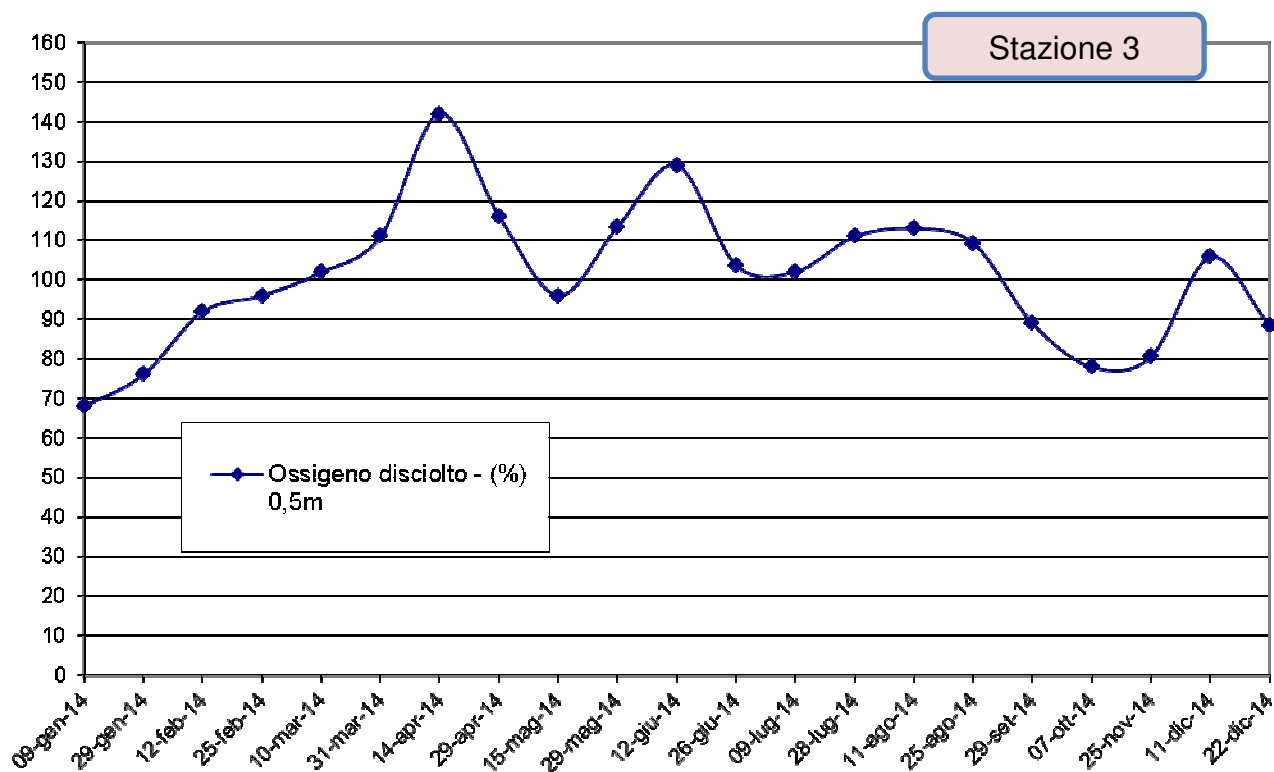
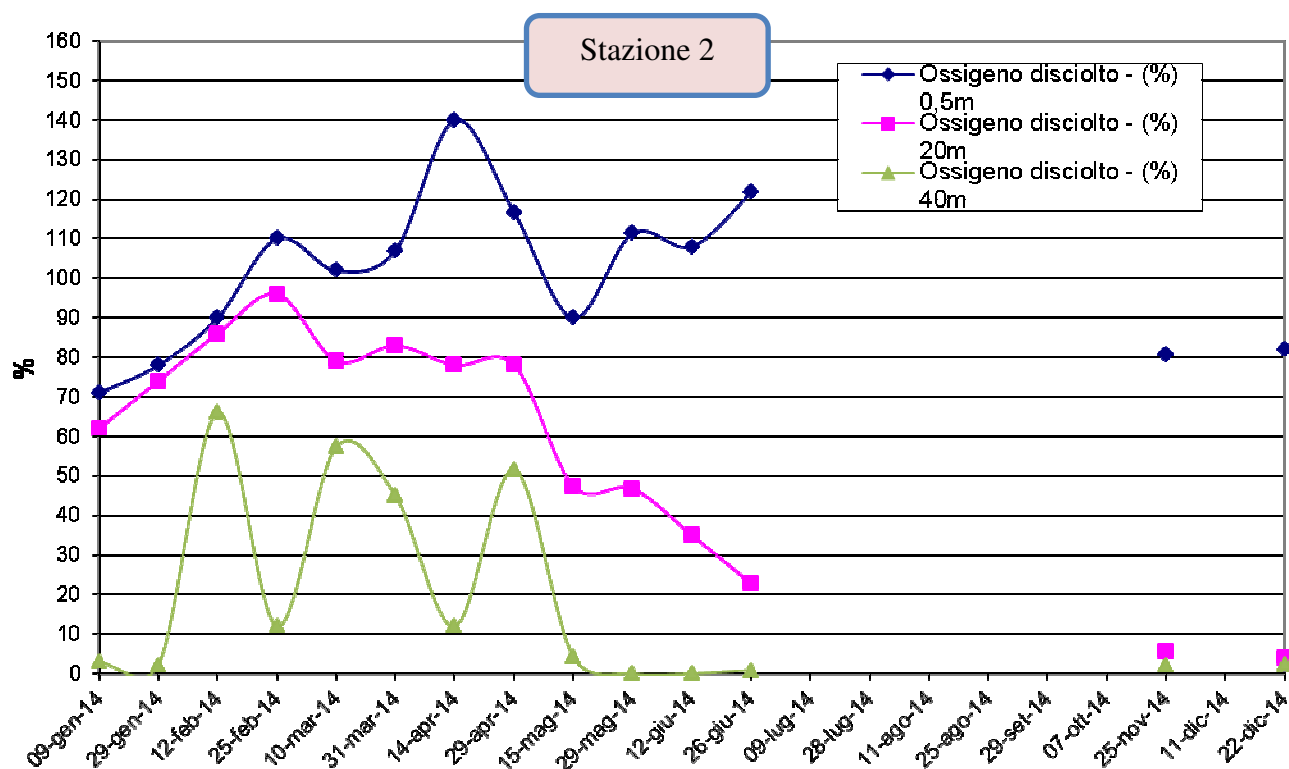
La concentrazione di fosforo totale è in relazione, oltre che alla portata delle acque dolci fluviali, al particolato organico in sospensione sia esso di origine detritica che fitoplanctonica ed è risultata spesso inferiori al limite di determinazione (0,010 mg/l) con valori mediamente pari a 0,02 – 0,03 mg/l.

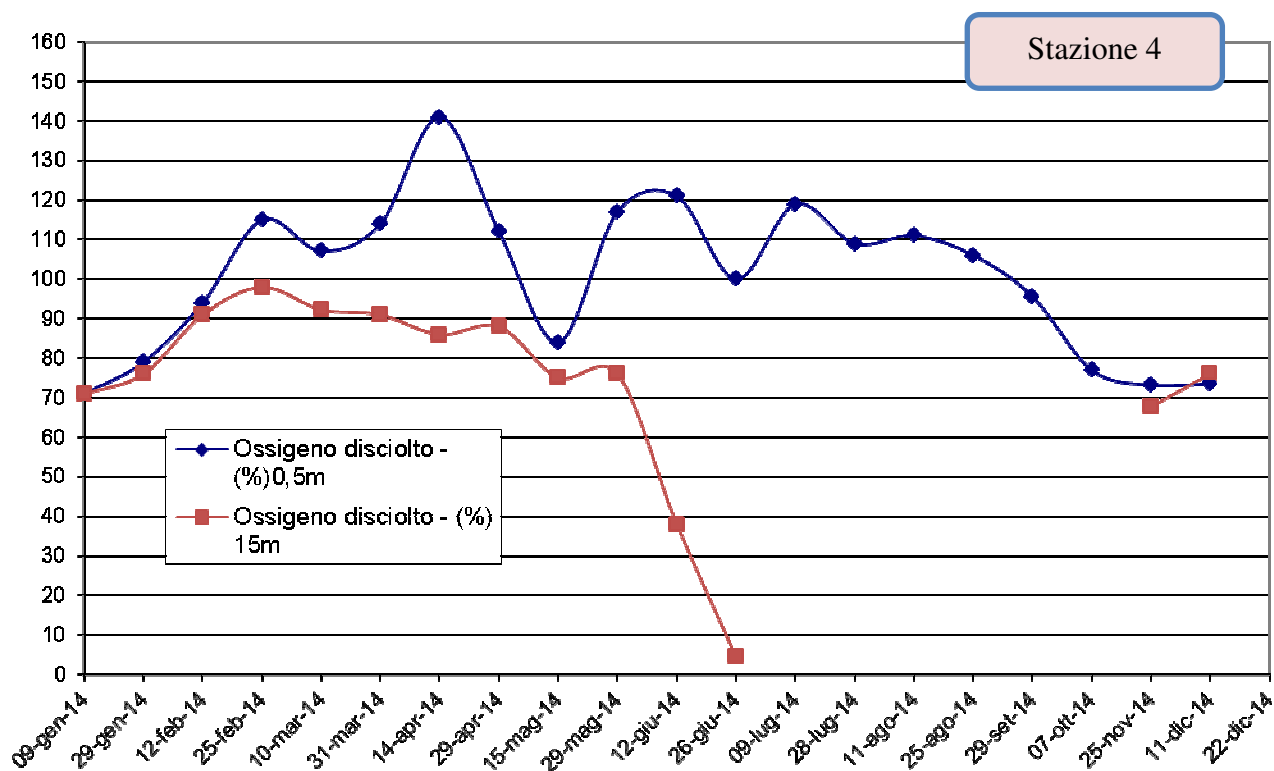
Le concentrazioni di fosforo reattivo (ortofosfato) invece, direttamente assimilabile dalla componente algale, si mantengono prevalentemente a livelli molto bassi.

In definitiva, il lago di Castreccioni è stato caratterizzato da valori di nutrienti relativamente contenuti, anche se più elevati rispetto a quelli riscontrati presso il lago Fiastrone. Sulla base dello schema di classificazione della trofia delle acque interne (OECD – 1982), esso va definito come un lago oligo-mesotrofico.

Nel Lago di Castreccioni l'attuale rapporto tra le concentrazioni medie misurate di azoto inorganico totale e fosforo indicano in quest'ultimo l'elemento limitante per la produttività algale; tale situazione è tipica della maggior parte dei laghi italiani.

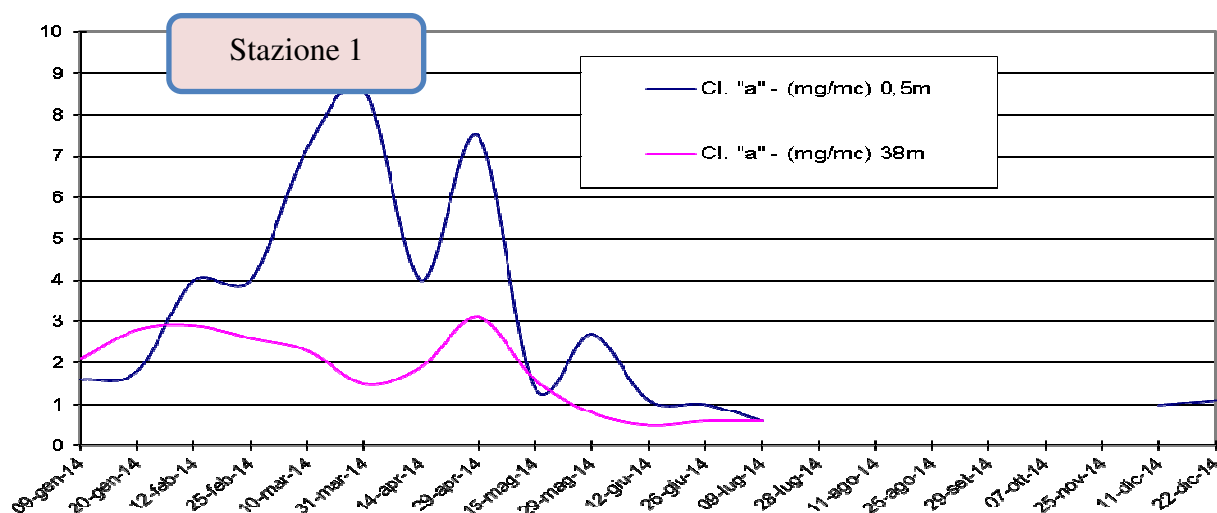


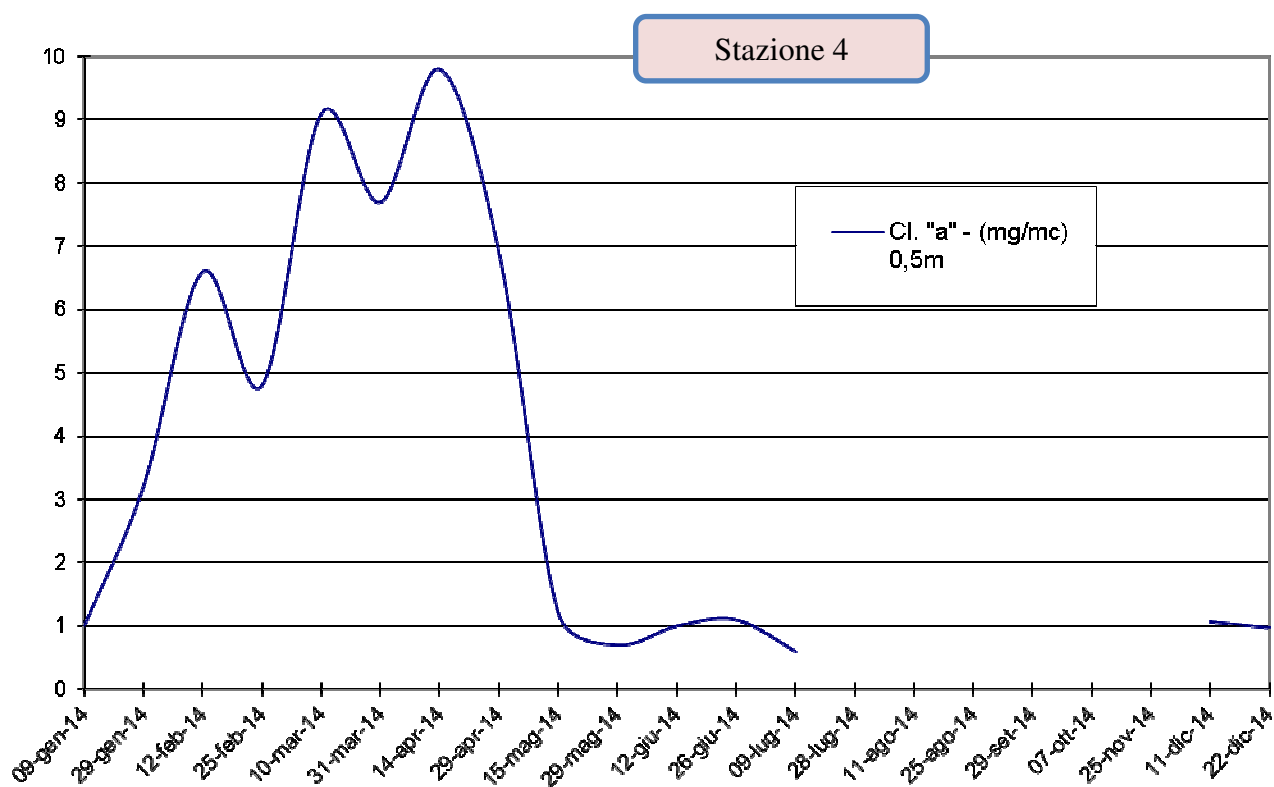
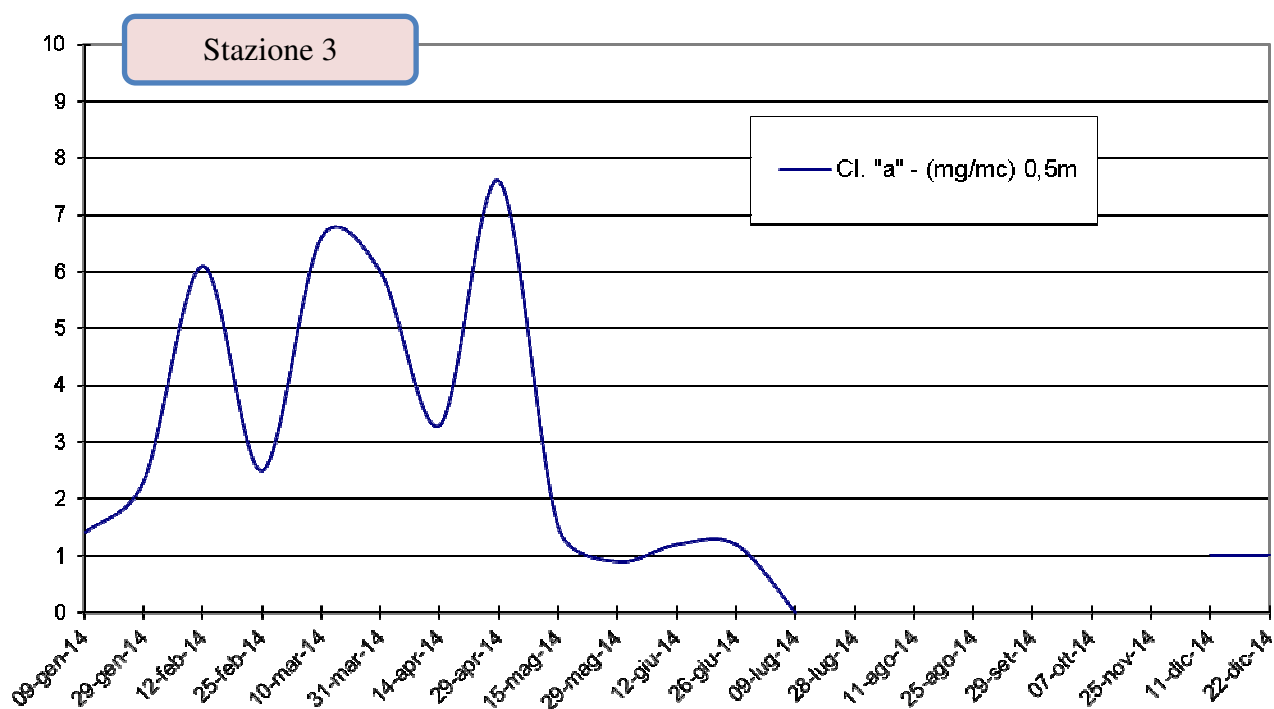




Dal grafico dell'andamento della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto si vede, in particolare a livello della stazione 2 corrispondente al centro del lago, che in superficie persiste durante il periodo estivo uno stato di sovrasaturazione e seguito della produzione primaria da parte delle alghe. Successivamente, si osserva un consumo d'ossigeno nelle acque che in alcune situazioni determina un deficit d'ossigeno soprattutto in profondità. Le misurazioni dell'ossigeno disciolto a livello delle stazioni 5 e 6 non hanno dato risultati significativi per cui i relativi grafici non vengono riportati

Clorofilla





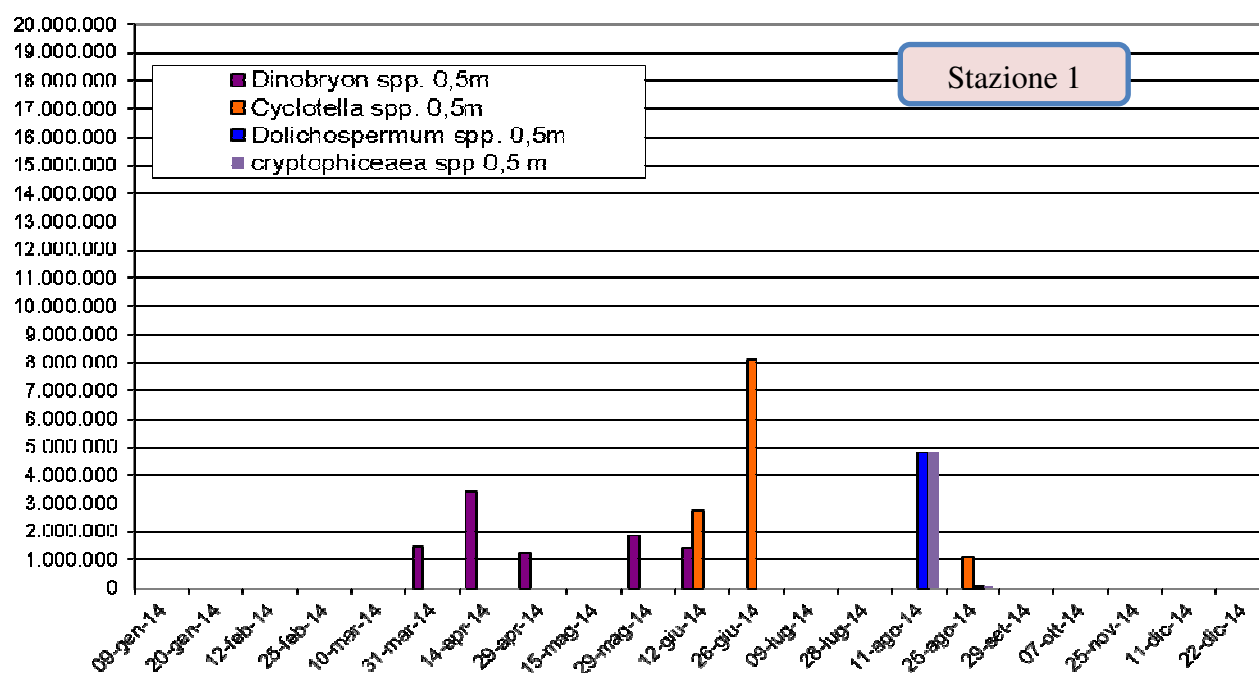
I valori di Clorofilla "a" misurati, nel periodo gennaio-luglio, indicano un lago che versa in una condizione di meso-oligotrofia.

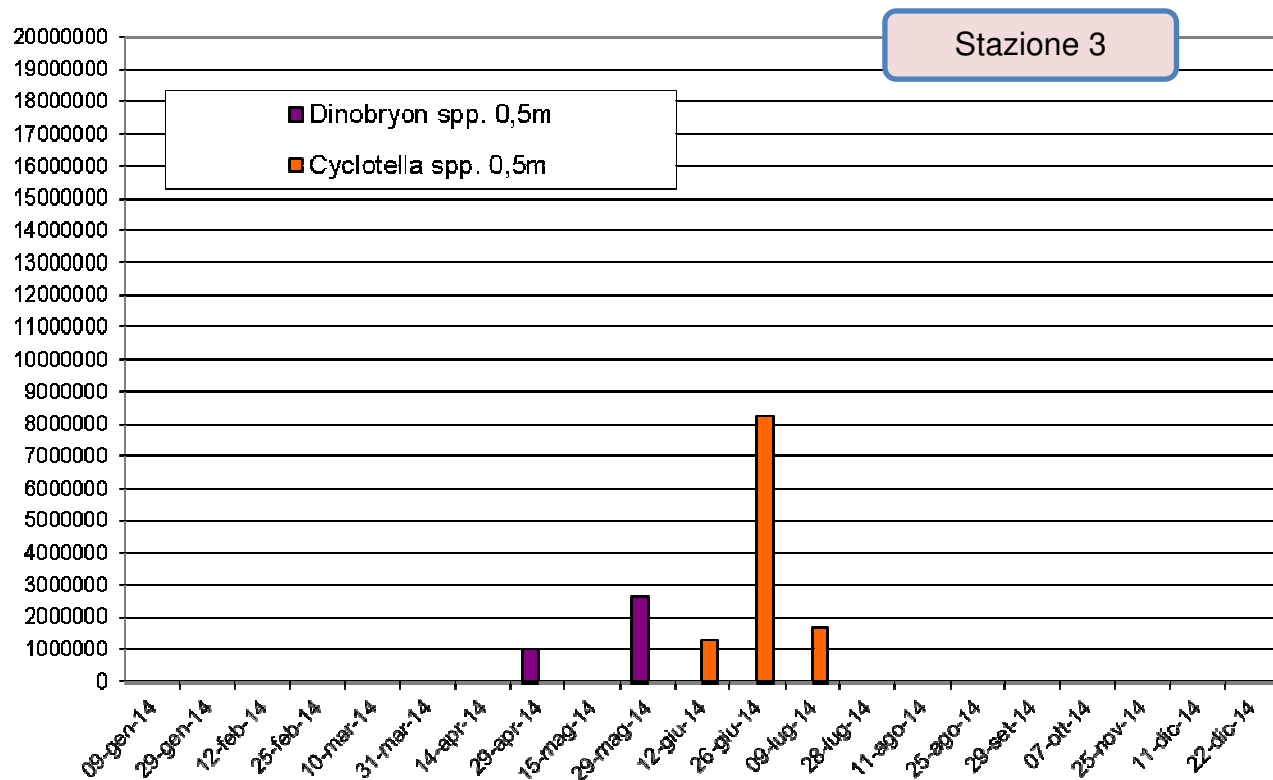
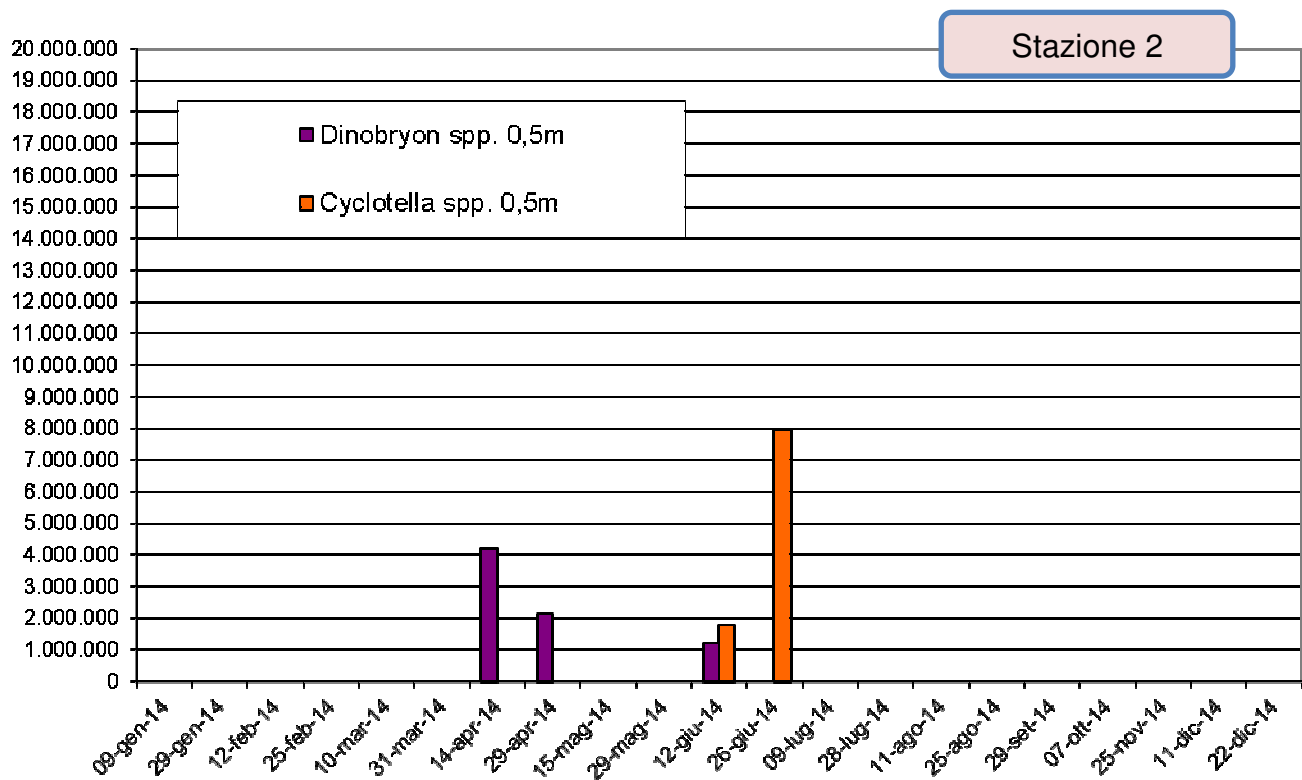
All'inizio dei periodi di maggiore attività fotosintetica da parte del fitoplancton, si assiste generalmente all'aumento della concentrazione della Clorofilla "a", in quanto sono maggiormente disponibili i nutrienti che favoriscono il proliferare dei produttori primari anche se non è stata verificata l'esistenza di una correlazione stretta tra questo parametro e la biomassa.

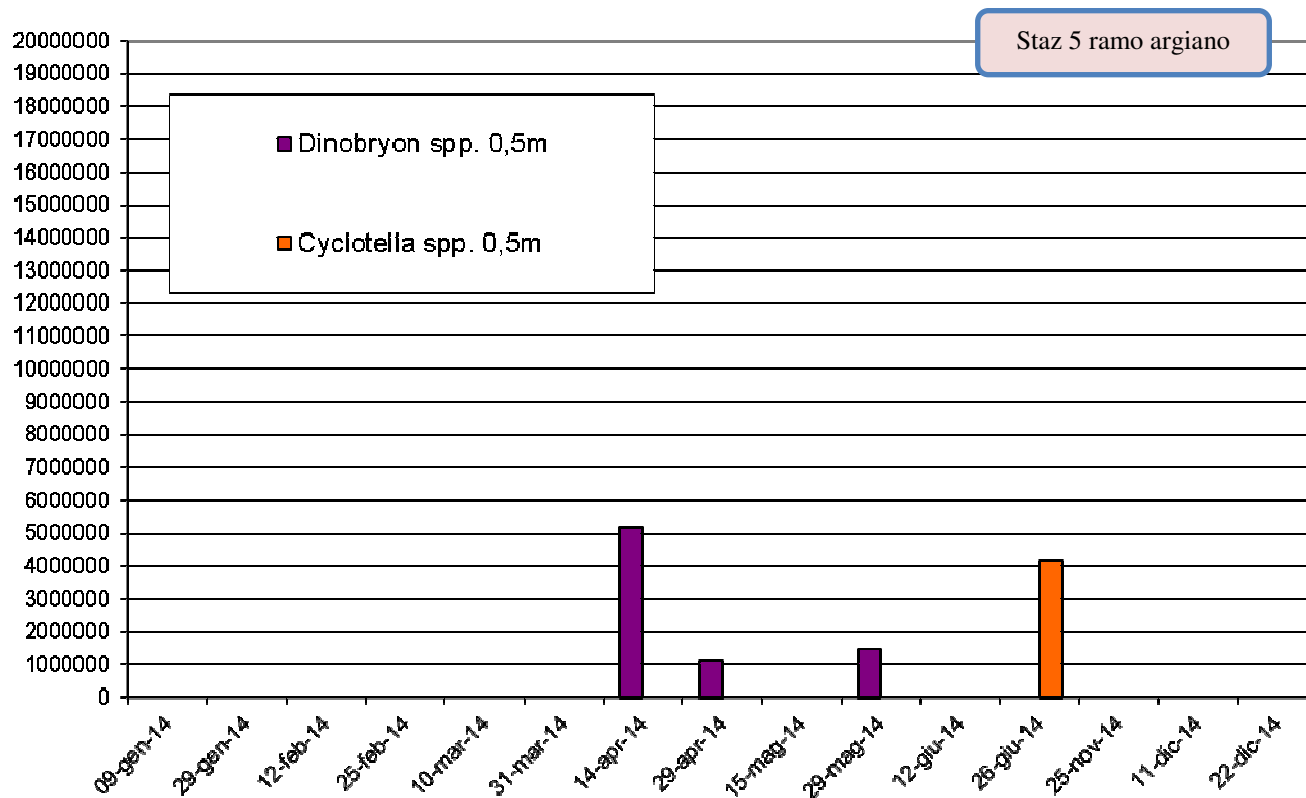
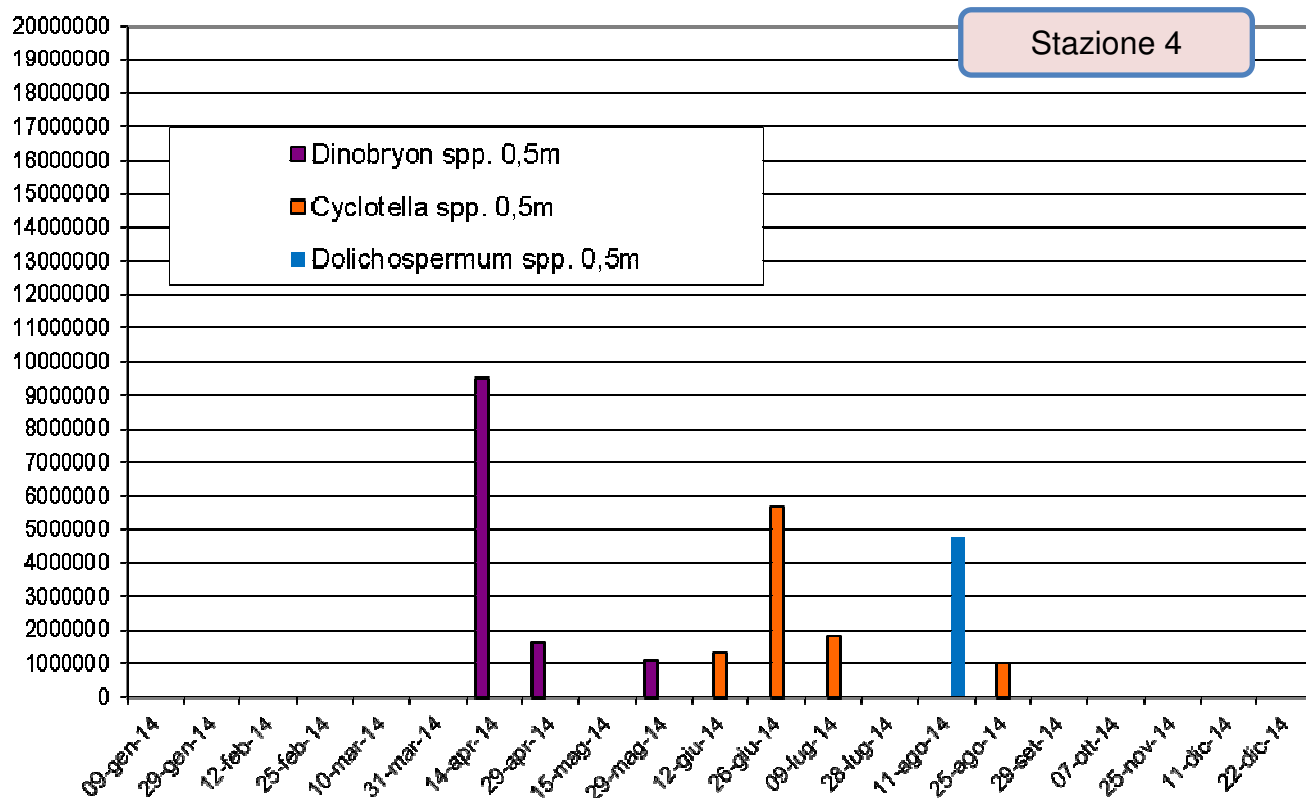
Nello specifico la concentrazione di clorofilla "a" ha oscillato nell'intervallo 0,1-9,8 mg/mc con picchi fino a 6,5 – 9,8 mg/mc rilevati presso tutte le stazioni in superficie .

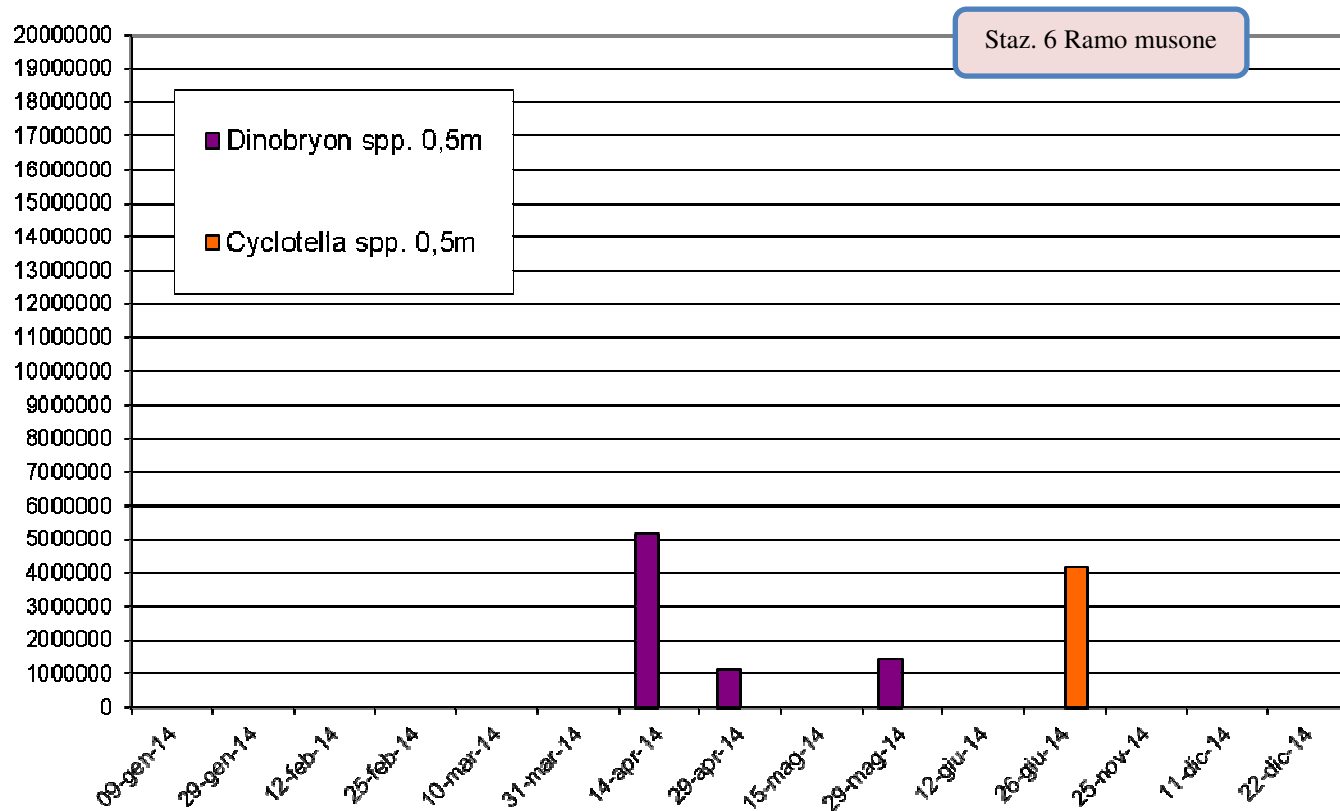
Altre fioriture algali

Soprattutto nel periodo estivo come già evidenziato in precedenza gli incrementi relativi al Fitoplancton totale è dovuto soprattutto da specie appartenenti al gruppo delle Diatomee , delle Crysoficeae che hanno sostenuto varie fioriture, inoltre il lago è stato interessato anche dal fioritura del genere *Dolichospermum* appartenente al gruppo dei cianobatteri, presso la stazione 1 e 4 .









7 RICERCA MICROCISTINE

Dallo studio relativo alla ricerca delle microcistine totali (disciolte e intracellulari) nell'acqua del lago Fiastrone, Borgiano, le Grazie e Castreccioni, si evidenzia quanto segue.

Nel lago Fiastrone i valori più elevati (9,38-10 ug/l) sono stati rilevati presso la stazione 1 nei mesi di novembre e dicembre 2014.

Rispetto ai dati rilevati nel 2012, anche in quest'ultimo monitoraggio, la concentrazione di microcistine ha subito un incremento ed inoltre sembra più evidente, rispetto a precedenti monitoraggi, una relazione di proporzionalità diretta tra concentrazione e densità cellulare.

Nel lago di Borgiano sono state rilevate concentrazioni generalmente inferiori al limite di quantificazione del metodo (LOQ) pari a 0,16 ug/l ad eccezione di gennaio e dicembre in cui sono state rilevate rispettivamente le seguenti concentrazioni: 0,21 e 1,98 ug/l.

Anche nel lago le Grazie, generalmente le concentrazioni sono risultate inferiori al limite di determinazioni del metodo pari a 0,16 ug/l, tranne ad ottobre in cui è stato registrato un picco pari a 10,5 ug/l.

Durante quest'anno di monitoraggio, nel lago di Castreccioni sono state rilevate concentrazioni di microcistine molto spesso superiori al LOQ con valori medi notevolmente più alti rispetto al Fiastrone. I valori massimi sono risultati oscillanti nell'intervallo 5-10 ug/l in particolare in superficie, presso la stazione 1, nel periodo gennaio-aprile 2014, in corrispondenza delle densità maggiori della cianoficea.

Ricerca di microcistine totali (disciolte e intracellulari)

Lago Fiastrone

Data	Staz.1 0,5 m	P.rubescens cell/l	Staz.2 0,5m	P.rubescens cell/l
16/01/2014	1.3	12.836.880	0.95	5.501.520
13/02/2014	1.04	10.064.600	0.82	8.104.600
12/03/2014	1.37	9.218.880	1.46	8.846.400
08/04/2014	0.42	17.908.800	0.31	8.195.200
07/05/2014	<0,16	5.362.720	0.23	7.269.680
07/07/2014	<0,16	60.480	<0,16	75.600
16/09/2014	1.01	18.030.400	0.91	15.037.920
13/10/2014	3.15	26.931.000	2.13	7.013.520
10/11/2014	9.38	266.511.000	7.9	26.127.920
15/12/2014	10.0	82.036.800	7.5	19.985.920

Lago Borgiano

Data	Staz.3 0,5 m	P.rubescens cell/l		
16/01/2014	0.21	2.408.000		
13/02/2014	0.16	3.882.240		
14/03/2014	<0,16	2.529.600		
08/04/2014	<0,16	1.857.360		
09/05/2014	<0,16	1.720.400		
07/07/2014	<0,16	35.040		
16/09/2014	<0,16	25.440		
13/10/2014	<0,16	21.640		
19/11/2014	1.98	4.797.520		
15/12/2014	<0,16	284.480		

Lago Le Grazie

Data	Staz.1 0,5 m	P.rubescens cell/l		
20/01/2014	0.16	938.400		
19/02/2014	<0,16	1.827.360		
20/03/2014	<0,16	1.457.800		
10/04/2014	<0,16	405.600		
08/05/2014	<0,16	524.160		
08/07/2014	<0,16			
17/09/2014	<0,16	38.560		
27/10/2014	<0,16	0		
16/10/2014	10.5	91.802.400		

Lago di Castreccioni

Data	Staz.1 a 0,5m	P.rubescens cell/l	Staz.1 prof.	P.rubescens cell/l
09/01/2014	10	58.980.960	4.67	19.194.120
29/01/2014	5.98	1.483.520	5.04	7.632.320
12/02/2014	8.06	46.936.800	6.34	23.671.920
25/02/2014	8.06	33.240.000	5.62	8.436.000
10/03/2014	9.4	49.704.600	1.7	10.353.000
31/03/2014	9.44	23.023.000	6.3	13.356.000
14/04/2014	5	27.060.000	<0.16	9.130.000
29/04/2014	1.04	5.699.200	2.98	15.964.000
15/05/2014	0.59	130.560	3.12	9.016.800
29/04/2014	0.51	0	0.28	3.170.720
12/06/2014	0.22	0	0.24	1.280.480
26/06/2014	<0,16	15.600	0.19	477.360
25/11/2014	0.25	1.459.200	0.16	345.600
11/11/2014	0.25	2.064.480	<0.16	277.440
22/12/2014	<0,16	304.200		
Data	Staz.2 a 23 m	P.rubescens cell/l	Staz.2 a 40 m	P.rubescens cell/l
09/01/2014	4.4	4.648.680	1.47	7.326.000
29/01/2014	5.18	7.622.560	5.02	4.675.040
12/02/2014	8.44	13.928.400	3.76	16.497.840
25/02/2014	7.4	13.596.000	1.4	5.616.000

10/03/2014	8.42	40.188.000	0.68	7.231.800
31/03/2014	8.34	38.721.800	0.74	2.650.000
14/04/2014	1.6	13.780.000	<0,16	4.390.000
29/04/2014	4.52	9.214.400	0.82	6.177.600
15/05/2014	3.3	9.661.440	2.89	7.662.240
29/05/2014	<0.16	2.553.600	0.25	1.936.480
12/06/2014	0.66	2.094.560	<0,16	161.120
26/06/2014	0.64	1.759.160	1.28	44.200
25/11/2014	<0,16	124.800	0.32	57.600
11/12/2014	<0.16	489.600	0.67	97.920

8 SEDIMENTI

Il fabbisogno dei tre elementi fondamentali (carbonio, azoto e fosforo) è stimato, per le alghe più diffuse, come segue:

- alghe azzurre (cianoficee): C/N/P = 61/9/1 in peso
- alghe verdi (cloroficee): C/N/P = 138/10/1 in peso

E' sufficiente la carenza in acqua di uno solo dei tre elementi, rispetto ai rapporti in peso citati, perché la crescita cellulare risulti limitata.

Tuttavia, nella realtà, il carbonio non costituisce mai un fattore limitante, perché è largamente sovrabbondante in tutte le acque naturali, data la cospicua presenza di CO₂ disciolta dall'aria, bicarbonati, CO₂ prodotta da reazioni di biodegradazione naturale in acqua.

Pertanto, le problematiche connesse ai fenomeni di eutrofizzazione vengono sempre riferite ai due nutrienti per eccellenza: Azoto e Fosforo, del cui apporto sono principalmente responsabili le attività antropiche.

V'è comunque da osservare che:

- il fosforo viene assimilato dalle alghe solo come ortofosfato (PO₄⁻);
- l'azoto viene assimilato sia come nitrato (NO₃⁻) che come ammonio (NH₄⁺).

Inoltre, alcune cianoficee sono in grado di utilizzare direttamente l'azoto atmosferico (N₂).

In generale, dai rilievi analitici delle concentrazioni di N e P nei bacini eutrofizzati, si rileva che il fattore limitante è il fosforo.

Unica eccezione è rappresentata dai bacini in cui l'apporto dei nutrienti è dominato dai reflui urbani (N/P nei reflui urbani = 3÷4, ovvero apprezzabilmente inferiore al rapporto prima indicato come fabbisogno per la crescita algale).

L'importanza del fosforo come unico elemento limitante la produzione fitoplanctonica è stato comunque seriamente rimesso in discussione (Sterner, 2008; Lewis & Wurtsbaugh, 2008), operando una revisione critica del paradigma della limitazione da P, sostenuto da Schindler (1977).

Le conclusioni sono che entrambi gli elementi possono essere limitanti e che la compensazione di un deficit di azoto con uno spostamento della struttura della biocenosi algale verso la prevalenza di specie azoto fissatrici è un fenomeno controverso e poco documentato, soprattutto nei laghi oligotrofi.

In ogni caso il trasferimento degli elementi nutritivi e degli oligoelementi dai sedimenti alla colonna d'acqua è un fenomeno provato e in grado di sostenere di norma il mantenimento della concentrazione di nutrienti e micronutrienti.

Questo fenomeno merita particolare attenzione, specie per i laghi in evidente stato di eutrofizzazione. In questi laghi, a causa del forte arricchimento della catena alimentare, si determinano consistenti depositi bentonici che, soprattutto nelle stagioni calde, rilasciano (attraverso la loro biodegradazione) consistenti carichi di fosforo ed azoto.

Questi carichi interni (in alcuni casi superano addirittura l'entità dei carichi esterni), nei periodi di circolazione idrica, vanno ad alimentare il fitoplancton che si moltiplica, per poi restituire la propria biomassa al bentos una volta esaurito il proprio ciclo vitale.

Si ha dunque una sorta di “vizio interno”, un ciclo che tende a perpetuarsi allontanando a dismisura i tempi naturali di recupero.

Nei nostri laghi il fenomeno non si pone esattamente in questi termini, comunque l'analisi dei sedimenti ha evidenziato concentrazioni di TOC simili tra i vari laghi e non particolarmente elevate.

Tali concentrazioni rilevate sono praticamente sempre comprese tra 1.3% e 2.4%, senza sostanziali differenze tra i due campionamenti effettuati a febbraio e settembre 2013.

Per quanto riguarda azoto e fosforo, in generale possiamo affermare che i sedimenti dei laghi presi in esame possono rappresentare una discreta riserva di nutrienti che si possono rendere disponibili nella colonna d'acqua in funzione del rimescolamento nonché delle condizioni chimico fisiche delle acque.

	TOC		Fosforo totale		Azoto totale	
	Marzo 2014	Nov. 2014	Marzo 2014	Nov. 2014	Marzo 2014	Nov. 2014
FIATRONE	1.4	<0.5	496	465	2625	215
BORGIANO	1.6	<0.5	730	537	6019	452
LE GRAZIE	1.5	1.3	608	536	1223	646
POLVERINA	1.4	<0.5	609	720	829	628
CASTRECCIONI	1.4	2.2	513	265	3397	2036

9 BIBLIOGRAFIA

Ministero della Sanità (1998) Circolare ministeriale del 31/07/1998.

Paola Adde, Enzo Funari Qualità degli ambienti acquatici e implicazioni sanitarie.

Istituto Superiore Sanità, Rapporti ISTISAN 00/30 Aspetti sanitari della problematica dei cianobatteri nelle acque superficiali italiane.

Istituto Superiore Sanità, Rapporti ISTISAN 04/32 Dinamica di specie algali tossiche nei laghi di Albano e Nemi.

Istituto Superiore Sanità, Rapporti ISTISAN 08/6 Cianobatteri potenzialmente tossici: aspetti ecologici, metodologici e valutazione del rischio.

WHO Guidelines for safe recreational water environments, volume 1: coastal and fresh waters(2003)

WHO Guidelines for Drinking-water Quality (2004).

Istituto Superiore Sanità, Rapporti ISTISAN 11/35 Pt.1 Cianobatteri in acque destinate al consumo umano STATO DELLE CONOSCENZE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Istituto Superiore Sanità Rapporti ISTISAN 11/35 Pt.2 Cianobatteri in acque destinate al consumo umano LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEL RISCHIO

10 ALLEGATI

Si allegano alla Relazione “Monitoraggio Acque e Laghi Fiastrone, Borgiano, Le Grazie, Polverina e Castreccioni Anno 2014”:

1. Tabelle e dati del Monitoraggio Acque e Laghi Fiastrone, Borgiano, Le Grazie, Polverina e Castreccioni anno 2014.

Lago Fiastrone

Stazione 1 in prossimità della diga

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Dolichos permum spp.	Planktolynghy a spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Micro cistine (ppb)	Fosforo orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (µg/l)	O ₂ disc. (%)
16-gen-14	0,5	6,9	5	1,5	12.836.880	12.930.094					8,0	2,0	0,2	0,1	<0,01	<0,5	<0,01	1,3	<10	1869	92,0
16-gen-14	38	6,9	5	1,5	5.739.240	5.830.012					8	1,8	0,2	0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	1850	16
13-feb-14	0,5	7	7,5	2,0	10.064.600	10.416.900					8,3	3,3	0,1	0,03	<0,01	<0,5	<0,01	1,04	<10	2286	99
13-feb-14	38	6,8	7,5	2,0	8.555.400	8.799.960					8,3	3,2	0,2	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2290	96
12-mar-14	0,5	8,1	8	2,5	9.218.880	9.363.084					7,9	2,8	0,2	0,05	<0,01	<0,5	<0,01	1,37	<10	2262	95
12-mar-14	38	7,9	8	2,5	8.194.560	8.333.456					7,9	2,5	0,1	0,04	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2252	86
08-apr-14	0,5	10,8	16,5	3,5	17.908.800	18.071.500					8,1	2,1	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01	0,42	<10	2318	104
08-apr-14	38	8,8	16,5	3,5	6.323.200	6.421.156					8,1	1,6	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2323	87
07-mag-14	0,5	13,6	18	4,0	5.362.720	5.547.056					7,7	0,7	0,1	0,05	<0,01	<0,5	<0,01	<0,16	<10	2253	99
07-mag-14	38	10,1	18	4,0	9.457.360	9.568.240					7,7	1,7	0,1	0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2244	70
03-giu-14	0,5	16,3	16,5	3,0	1.280.480	5.849.680					8	1,4	<0,1	0,06	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2234	115
03-giu-14	38	11,2	16,5	3	17.943.680	18.665.072					8	1,3	0,1	0,06	<0,01	<0,5	0,02		<10	2267	85
24-giu-14	0,5	20	23	2,5	43.000	2.006.568	1.086.608				7,7	0,6	<0,1	0,06	<0,01		<0,01		<10	1645	96
24-giu-14	39	14,5	23	2,5	13.622.400	16.022.308		2.259.760			7,7	1,5	0,1	0,08	<0,01		<0,01		<10	2210	80
07-lug-14	0,5	22,8	25	3	60.480	1.688.460	1.254.888				7,9	0,9	<0,1	0,10	<0,01	<0,5	0,05	<0,16	28	1519	118
07-lug-14	38	13,1	25	3	3.961.440	4.826.952					7,8	1,2	0,1	0,05	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2304	70
24-lug-14	0,5	21,2	22	3	15.200	707.788				4.240	7,72		<0,1	0,06	<0,01		0,022		<10	1183	106
24-lug-14	38	13,1	22	3	2.297.960	2.433.944					7,64		0,1	0,04	0,01		0,01		<10	2234	61,9

11-ago-14	0,5	23,9	26,5	4	62.160	3.355.356	1.245.272			2.440	7,87		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	761	107
11-ago-14	38	15,8	26,5	4	14.696.400	15.062.762				80	7,57		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2154	59
27-ago-14	0,5	21	24	2	7.398.720	13.627.384	1.658.760	4.096.416		120	7,83		<0,1	0,07	<0,01		0,032		<10	799	102
27-ago-14	38	16,1	24	2	12.388.320	12.967.880				80	7,77		<0,1	0,03	<0,01		0,012		<10	2047	71,9
16-set-14	0,5	19,9	20	5	18.030.400	18.443.832			9.040	6.640	8,01		<0,1	0,06	<0,01	<0,5	<0,010	1,01	<10	1094	98,1
16-set-14	38	17	20	5	8.354.400	8.444.348				160	7,96		<0,1	0,06	<0,01	<0,5	<0,010		<10	1893	54,4
26-set-14	0,5	19	13,5	3	360.528.000	360.844.025				11.600	7,36		<0,1	0,06	<0,01		<0,010		<10	2540	90,4
26-set-14	38	16,4	13,5	3	3.294.400	3.437.588				320	7,38		<0,1	0,05	<0,01		<0,010		<10	4040	41,4
13-ott-14	0,5	18,4	17	4,5	26.931.000	27.204.950					8,03		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,010	3,15	<10	1341	111
13-ott-14	38	17,3	17	4,5	2.414.240	2.537.724					7,72		0,1	0,05	<0,01	<0,5	0,012		<10	1860	43,3
10-nov-14	0,5	15,4	12,5	2	266.511.000	266.633.400					8,04		<0,1	0,03	<0,01	<0,5	0,021	9,38	<10	1627	95,7
10-nov-14	38	15	12,5	2	13.965.280	14.062.520					8		<0,1	0,04	<0,01	<0,5	0,011		<10	1641	83,3
15-dic-14	0,5	11,9	8	1,5	82.036.800	82.399.520					8,04	3,5	<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,015	10,00	<10	1832	115
15-dic-14	38	11,8	8	1,5	31.109.840	31.120.480					8	1,8	<0,1	0,04	<0,01	<0,5	<0,010			1865	89

Lago Fiastrone																					
Stazione 2 al centro del lago																					
Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Dolichospermum spp.	Planktolyngbya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Microcistine (ppb)	Fosforo orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (µg/l)	O ₂ disc. (%)
16-gen-14	0,5	6,9	5	1,5	5501520	5557030					8	1,7	0,2	0,03	<0,01	<0,5	<0,01	0,95	<10	1850	92
16-gen-14	11,5	6,9	5	1,5	4652520	4755148					8,1	2	0,2	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	1864	83
16-gen-14	23	6,9	5	1,5	5467560	5539178					8	1,5	0,3	0,05	<0,01	<0,5	<0,01		<10	1846	82

Lago Fiastrone																					
Stazione 2 al centro del lago																					
Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Dolichos permum spp.	Planktolyngby a spp. Filamentii/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Micro cistine (ppb)	Fosforo orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (µg/l)	O ₂ disc. (%)
13-feb-14	0,5	8,4	7,5	2	8104600	8450448					8,3	2,7	0,2	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01	0,82	<10	2468	87
13-feb-14	11,5	8,3	7,5	2	6448400	6705380					8,2	2,6	0,2	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2295	81
13-feb-14	23	8	7,5	2	6967800	7172616					8,3	2,6	0,2	0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2332	80
12-mar-14	0,5	7,9	8	2,5	8.846.400	8.974.736					7,9	2,6	0,1	0,04	<0,01	<0,5	<0,01	1,46	<10	2262	85
12-mar-14	11,5	7,8	8	2,5	10.243.200	10.339.436					7,9	2,7	0,1	0,05	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2262	80
12-mar-14	23	7,7	8	2,5	10.615.680	10.732.988					7,9	2,7	0,2	0,06	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2262	59
08-apr-14	0,5	10,8	17	3	8.195.200	8.364.988					8,1	2,1	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01	0,31	<10	2337	97
08-apr-14	11,5	10,0	17	3	8.996.000	9.155.172					8,1	1,6	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2276	94
08-apr-14	23	9,0	17	3	9.266.400	9.457.508					8,1	2,9	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2328	90
07-mag-14	0,5	13	18	3	7.269.680	7.408.540					7,8	1,1	0,1	0,03	<0,01	<0,5	<0,01	0,23	<10	2290	88
07-mag-14	11,5	11,2	18	3	4.356.000	4.446.376					7,9	1,2	0,1	0,04	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2286	81
07-mag-14	23	10,6	18	3	5.314.320	5.381.656					7,8	1	0,1	0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2178	77
03-giu-14	0,5	16,6	16,5	3,5	788.640	4.497.080		3.279.056			8	1,8	<0,1	0,03	<0,01	<0,5	0,01		<10	2215	114
03-giu-14	11,5	13,6	16,5	3,5	1.662.080	5.565.884		3.105.968			8	1,8	0,1	0,05	<0,01	<0,5	0,01		<10	2229	94
03-giu-14	23	12,1	16,5	3,5	6.919.680	8.309.736					8,1	1,8	0,1	0,04	<0,01	<0,5	0,01		<10	2258	88
24-giu-14	0,5	19,3	23	2	9.600	2.654.648	1.586.640				7,8	1	<0,1	0,05	<0,01		<0,01		<10	1659	96
24-giu-14	11,5	18,1	23	2	3.096.000	6.932.960	1.173.152	2.529.008			7,8	1,1	<0,1	0,06	<0,01		<0,01		<10	1874	95
24-giu-14	23	15,5	23	2	15.875.600	20.966.464					7,8	0,9	0,1	0,05	<0,01		<0,01		<10	2127	88
07-lug-14	0,5	22,9	25	3,0	75.600	1.551.484	1.139.496				7,8	1	<0,1	0,05	<0,01	<0,5	0,02	<0,16	<10	1496	118
07-lug-14	11,5	17,1	25	3,0	3.598.560	5.819.104	1.519.328				7,9	3,1	<0,1	0,08	<0,01	<0,5	0,01		<10	1715	114

07-lug-14	23	13,7	25	3,0	5.821.200	6.963.748					7,8	1,9	0,1	0,07	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2276	90
-----------	----	------	----	-----	-----------	-----------	--	--	--	--	-----	-----	-----	------	-------	------	-------	--	-----	------	----

Lago Fiastrone

Stazione 2 al centro del lago

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Dolichos permum spp.	Planktolingby a spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Micro cistine (ppb)	Fosforo orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (µg/l)	O ₂ disc. (%)
24-lug-14	0,5	21,8	22	3,0	925.680	1.789.588				3.720	7,81		<0,1	0,04	<0,01		<0,010		<10	1220	98,1
24-lug-14	11,5	18,7	22	3,0	763.280	1.278.640				21.640	7,8		<0,1	0,04	<0,01		<0,010		<10	1454	87,9
24-lug-14	23	14,3	22	3,0	4.230.520	4.554.852					7,75		<0,1	0,04	<0,01		0,023		<10	2141	53,8
11-ago-14	0,5	23,8	26,5	3,5	71.040	4.877.848	2.668.440			40	7,87		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	743	110
11-ago-14	11,5	19,4	26,5	3,5	8.729.040	11.229.376	1.322.200			640	7,83		<0,1	0,04	<0,01	<0,5	<0,010		<10	1308	98,8
11-ago-14	23	16,5	26,5	3,5	8.134.080	8.443.188				40	7,6		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	1995	58,4
27-ago-14	0,5	20,7	24	1,5	26.570.880	29.564.888		1.615.488		2.240	7,9		<0,1	0,04	<0,01		0,011		<10	921	108
27-ago-14	11,5	20,6	24	1,5	26.127.360	30.744.784	1.427.976	2.656.420		1.680	7,9		<0,1	<0,03	<0,01		0,012		<10	944	104
27-ago-14	23	20,5	24	1,5	52.073.280	52.924.572				240	7,72		<0,1	0,05	<0,01		<0,010		<10	1771	93,4
16-set-14	0,5	20	20	4,5	15.037.920	15.556.852			5.040	7.920	8,04		<0,1	0,06	<0,01	<0,5	<0,010	0,91	<10	1061	96,5
16-set-14	11,5	19,5	20	4,5	20.768.000	21.282.008			3.560	10.080	8,04		<0,1	0,04	<0,01	<0,5	<0,010		<10	1103	85
16-set-14	23	18,5	20	4,5	50.749.440	51.013.528			18.640	520	7,99		<0,1	0,06	<0,01	<0,5	0,013		<10	1351	67
26-set-14	0,5	19	13,4	3,0	40.052.480	40.342.348			5.800	17.280	7,52		<0,1	0,04	<0,01		<0,010		<10	2630	86,4
26-set-14	11,5	18,9	13,5	3,0	10.894.720	11.210.200				8.600	7,64		<0,1	0,04	<0,01		<0,010		<10	2490	82,4
26-set-14	23	18,4	13,5	3,0	43.736.640	43.888.852				120	7,65		<0,1	0,05	<0,01		<0,010		<10	3130	50,2
13-ott-14	0,5	18,2	17	5,5	7.013.520	722.664					7,96		<0,1	0,03	<0,01	<0,5	<0,010	2,13	<10	1346	111
13-ott-14	11,5	18,1	17	5,5	64.405.200	64.519.628				1.200	7,93		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	1407	96,3
13-ott-14	23	17,6	17	5,5	19.871.640	19.957.020					7,79		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,013		<10	1519	89,4
10-nov-14	0,5	15,4	12,5	2,0	26.127.920	26.242.146					8		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,010	7,9	<10	1599	85,6
10-nov-14	11,5	15,4	12,5	2,0	19.114.200	19.283.516					7,99		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,010		<10	1622	78,6

10-nov-14	23	15,3	12,5	2,0	13.499.080	13.587.144					7,98		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,015		<10	1645	73,7
15-dic-14	0,5	11,9	8	1,5	19.985.920	20.178.838					8,03	2,1	<0,1	0,04	0,01	<0,5	<0,010	7,5	<10	1814	91,3
15-dic-14	11,5	11,9	8	1,5	23.623.560	23.730.730					8,01	2	<0,1	0,04	0,01	<0,5	<0,010		<10	1818	85,7
15-dic-14	23	11,8	8	1,5	27.868.880	27.889.600					8,04	1,5	<0,1	<0,03	0,01	<0,5	0,012		<10	1828	81,6

Lago Fiastrone

Stazione 3 all'inizio del lago

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Dolichospermum spp.	Planktolyngbya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Microcistine (ppb)	Fosforo orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (µg/l)	O ₂ disc. (%)
16/01/2014	0,5	6,6	5	3	973520	1007092					8	0,2	0,2	0,04	<0,01	<0,5	<0,01		<10	1766	89
16/01/2014	4	6,4	5	3	532040	562368					8	0,4	0,2	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	1757	88
13/02/2014	0,5	8	7,5	2	1195600	1346988					8,1	0,7	0,2	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2197	85
13/02/2014	4	8	7,5	2	784000	9666288					8,3	0,8	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,01		<10	2215	83
12-mar-14	0,5	7,8	9	2,5	6.786.120	6.867.272					7,9	0,8	0,1	0,04	<0,01	<0,5	<0,010		<10	2245	93
12-mar-14	4	7,6	9	2,5	4.586.160	4.702.680					7,9	0,9	0,2	0,04	<0,01	<0,5	<0,010		<10	2234	93
08-apr-14	0,5	11,5	17	3	8.424.000	8.551.320					8,1	2,9	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	2281	103
08-apr-14	4	10,8	17	3	7.872.800	8.066.360					8,1	2	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	2332	101
07-mag-14	0,5	12,7	18	3	5.140.080	5.297.652					7,8	2,5	0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,02		<10	2281	101
07-mag-14	4	12	18	3	4.462.480	4.629.824					7,8	2,3	0,1	0,04	<0,01	<0,5	0,01		<10	2636	98
03-giu-14	0,5	17,3	21	2	1.085.440	4.152.128		2.406.404			8	1,5	<0,1	0,06	<0,01	<0,5	0,02		<10	2206	107
03-giu-14	4	16,9	21	2	915.840	4.026.720		2.305.436			8,1	1,9	<0,1	0,04	<0,01	<0,5	0,02		<10	2220	106
24-giu-14	0,5	18	24	1,5	58.800	1.509.360					7,8	2,3	<0,1	0,05	<0,01		<0,010		<10	1757	96
24-giu-14	4	17,8	24	1,5	114.400	2.136.704	1.067.376				7,8	2,1	<0,1	0,07	<0,01		<0,010		<10	1855	80
07-lug-14	0,5	23,2	25	2,5	60.480	1.410.056					7,9	2,7	<0,1	0,05	<0,01	<0,5	0,03		<10	1510	119

07-lug-14	4	21,7	25	2,5	37.800	656.948					7,9	0,9	<0,1	0,05	<0,01	<0,5	0,01		<10	1542	113
Lago Fiastrone																					
Stazione 3 all'inizio del lago																					
Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Dolichos permum spp.	Planktolyngby a spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Micro cistine (ppb)	Fosforo orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (µg/l)	O ₂ disc. (%)
24-lug-14	0,5	22,2	22,5	2,5	24.360	548.908				17.120	7,88		<0,1	<0,03	<0,01		<0,010		<10	1220	107
24-lug-14	4	21,5	22,5	2,5	11.200	850.908				18.800	7,91		<0,1	0,03	<0,01		0,018		<10	1225	103
11-ago-14	0,5	23,9	27	2,5	3.200	3.922.400	2.836.720			240	7,82		<0,1	0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	747	103
11-ago-14	4	23,1	27	2,5	62.160	3.236.200	1.778.960			680	7,9		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	757	100
27-ago-14	0,5	19,6	24	0,5	12.418.560	14.772.912		1.007.276		680	7,8		<0,1	0,09	<0,01		0,019		<10	1304	83,5
27-ago-14	4	19,4	24	0,5	12.640.320	15.091.820	1.048.144	1.045.740	9.600	1.280	7,89		<0,1	<0,03	<0,01		<0,010		<10	1294	77,8
16-set-14	0,5	20,5	20	3,5	15.642.080	16.083.196			10.640	7.720	8		<0,1	0,05	<0,01	<0,5	0,013		<10	1052	93,2
16-set-04	4	20,3	20	3,5	12.630.720	13.277.624			6.080	3.520	8,03		<0,1	0,05	<0,01	<0,5	0,04		12	1066	61,4
26-set-14	0,5	19,1	16,5	2,5	17.724.800	18.213.844			3.920	12.080	7,74		<0,1	0,05	<0,01		<0,010		<10	2500	96,2
26-set-14		18,8	16,5	2,5	16.407.040	16.673.196			1.880	19.640	7,81									2570	93,1
13-ott-14	0,5	18,5	17	4	7.151.040	7.376.370					7,93		<0,1	0,03	<0,01	<0,5	0,012		<10	1355	111
13-ott-14	4	18,4	17	4	16.418.360	16.623.216				2.240	7,99		<0,1	0,04	<0,01	<0,5	0,016		<10	1351	104
10-nov-14	0,5	15,5	13,5	2,5	29.847.160	29.947.766					8,03		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,021		<10	1612	93,1
10-nov-14	4	15,2	13,5	2,5	20.150.200	20.296.676					8,05		<0,1	<0,03	<0,01	<0,5	0,01		<10	1612	90,8
15-dic-14	0,5	11,8	8	2	35.870.000	36.048.122					8	2,1	<0,1	<0,3	<0,01	<0,5	0,016		<10	1804	92,2
15-dic-14	4	11,6	8		18.517.360	18.688.800					8,03	1,2	<0,1	0,05	<0,01	<0,5	<0,010		<10	1879	86

Lago Borgiano

Stazione 1 in prossimità della diga

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	Fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp	Fragilaria spp,	Dinobryon spp.	Fragilaria arcus.	Asterionella spp.	Plankton ngbya spp. Filamenti/ L	pH	Cl. "a" mg/ mc	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P (mg/l)	Microcistine (ppb)	Fosf. orto fosfa. (µg/l)	Silice reatt. (µg/l)	O ₂ disc. (%)
16-gen-14	0,5	7,9	9	1	1328000	1417864							8	1	0,9	0,03	0,04	0,9	0,01		<10	2341	91
16-gen-14	14	7,8	9	1	1376000	1455248							8	1,3	0,8	0,05	0,04	0,9	0,02		<10	2346	90
13-feb-14	0,5	8,9	10	0,5	1820160	1879210							8,2	1	0,9	0,04	<0,01	1	0,02		<10	3253	59
13-feb-14	14	9,1	10	0,5	1843200	1895680							8,1	0,8	0,9	0,05	<0,01	1,1	0,01		<10	3239	57
14-mar-14	0,5	10	11,5	0,8	971040	1169357							7,9	1	0,9	0,05	<0,01	0,8	<0,01		<10	3220	94
14-mar-14	14	9,3	11,5	0,8	1411680	1693696							8	0,9	0,8	0,04	<0,01	0,9	<0,01		<10	3212	76
08-apr-14	0,5	11,9	20	0,8	1.892.240	2.330.168							8,1	5	0,6	<0,03	<0,01	0,9	<0,010		<10	2851	80
08-apr-14	14	11,8	20	0,8	1.185.920	2.009.084							8	6,1	0,6	<0,03	<0,01	0,9	<0,010		<10	2926	77
09-mag-14	0,5	12,9	17	1	510.000	687.840							7,8	5,6	0,5	<0,03	<0,01	0,6	0,01		<10	2912	105
09-mag-14	14	12,2	17	1	537.200	746.624							7,9	6,8	0,5	<0,03	<0,01	0,6	0,02		<10	2939	95
09-giu-14	0,5	18,9	24,5	1	116.640	1.525.424							8	3,5	0,5	0,05	<0,01	0,6	0,01		<10	2917	99
09-giu-14	14	14,4	24,5	1	1.043.280	1.520.232							8	1,7	0,4	0,07	<0,01	0,6	0,01		<10	2795	78
24-giu-14	0,5	18,6	26	1,5	29.040	9.403.916		9.192.896					8	3,7	0,4	0,07	0,01		<0,010		<10	2491	97
24-giu-14	14	16,8	26	1,5	111.320	2.807.484		2.432.848					8	1,6	0,4	0,1	0,01		<0,010		<10	2729	76
07-lug-14	0,5	23,7	30,5	2,5	58.400	1.151.240							7,9	1,2	0,3	0,04	<0,01	<0,5	0,01		<10	2697	122
07-lug-14	14	16,4	30,5	2,5	67.160	498.256							7,8	1,1	0,4	0,07	0,01	<0,5	0,02		<10	2935	76
24-lug-14	0,5	21,1	23,5	1,5	4.800	2.550.904						15.920	7,9		0,3	0,07	<0,01		0,019		15	2702	115
24-lug-14	14	17,9	23,5	1,5	3.800	677.568						6.000	7,84		0,3	0,09	0,01		0,012		<10	2846	56,4

Lago Borgiano

Stazione 1 in prossimità della diga

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	Fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp	Fragilaria spp.	Dinobryon spp.	Fragilaria arcus.	Asterionella spp.	Plankton bya spp. Filamenti/ L	pH	Cl. "a" mg/mc	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P (mg/l)	Microcistine (ppb)	Fosforo fosfa. (µg/l)	Silice reatt. (µg/l)	O ₂ disc. (%)
11-ago-14	0,5	24,1	30	1,5	0	3.518.608	1.442.400					104.240	7,89		0,1	0,03	<0,01	<0,5	<0,010		<10	2355	121
11-ago-14	14	20	30	1,5	8.720	514.652						16.920	7,56		0,2	0,07	0,01	<0,5	<0,010		<10	2762	61,6
27-ago-14	0,5	21,4	26,8	1,5	0	9.673.264			7.308.160			67.440	7,78		0,1	0,06	<0,01		0,015		<10	2258	105
27-ago-14	14	18,1	26,8	1,5	20.600	674.904						4.160	7,62		0,2	0,12	<0,01		0,013		<10	2627	35,3
16-set-14	0,5	18,7	18,2	1	18.160	1.409.564						15.840	7,99		0,3	0,21	0,01	0,53	0,028		<10	2388	89,5
16-set-14	14	17	18,2	1									7,91		0,7	0,31	0,02	0,93	0,024		<10	2617	62,8
23-set-14	0,5	19,6	17,6	1,5	1.400	4.371.928	1.086.608		1.807.808	1.019.296		17.360	8,13		0,4	0,24	0,01		0,014		10	2276	98,6
23-set-14	14	17,1	17,6	1,5	26.800	568.520						1.440	7,78		0,3	0,06	<0,01		0,016		<10	2631	45,3
13-ott-14	0,5	17,9	19,5	1,5	22.600	4.510.112					3.644.464		7,9		0,3	0,08	0,01	<0,5	0,02		<10	2145	96
13-ott-14	14	16,9	19,5	1,5	10.600	4.558.332					3.740.624		8		0,3	0,07	0,01	<0,5	0,02		<10	2164	74
19-nov-14	0,5	13,2	16	1	1.623.440	2.088.520							8,21		0,4	0,05	0,01	0,6	0,014		<10	2229	91,4
19-nov-14	14	12,4	16	1	1.215.760	1.497.184							8,38		0,4	0,04	0,01	0,8	0,014		<10	2262	52,2
15-dic-14	0,5	10,2	10	1,5	182.880	1.035.888							8,01	1,4	0,6	0,06	0,01	0,98	0,012		<10	2529	92,4
15-dic-14	14	9,6	10		172.720	1.052.368							8,02	1,5	0,6	0,09	0,01	1,04	0,011		<10	2645	79

Lago Bоргiano

Stazione 2 al centro del lago

Data_prelievo	Profondità (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasparenza (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Fragilaria spp.	Dinobryon spp.	Navicula spp.	Asterionella spp.	Plankton ngbya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" mg/mc	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P (mg/l)	Microcistine - (ppb)	Fosforo ortofosfato (µg/l)	Silice reatt. (µg/l)	O2 disc. (%)
16/01/2014	0,5	7,8	9	1	1296000	1413592							8	1,5	0,7	<0,03	0,04	0,9	0,02		<10	2322	88
16/01/2014	7	7,6	9	1	1592000	1718884							8	1,3	0,7	0,03	0,05	0,9	0,01		<10	2308	83
13/02/2014	0,5	8,7	10	0,5	2269440	2338668							8	0,8	0,8	0,19	<0,01	1,1	0,01		<10	3178	58
13/02/2014	7	8,5	10	0,5	2822400	2877810							8,3	1,3	0,8	0,03	<0,01	0,9	0,02		<10	3136	58
14/03/2014	0,5	9,6	11,5	0,8	1787040	1940560							8	0,9	0,8	0,04	<0,01	0,7	<0,01		<10	3160	89
14/03/2014	7	9,2	11,5	0,8	1713600	1984000							8,1	1,2	0,9	0,03	<0,01	0,8	<0,01		<10	3146	83
08-apr-14	0,5	12,2	20	0,8	1.918.400	3.391.932							8	6,2	0,6	<0,03	<0,01	0,8	0,02		<10	2921	82
08-apr-14	7	11,8	20	0,8	2.650.880	3.766.336							8,1	7	0,6	<0,03	<0,01	0,9	0,02		<10	2898	77
09-mag-14	0,5	12,3	17	0,8	938.400	1.121.180							7,9	3,7	<0,1	<0,03	<0,01	0,5	0,01		<10	2973	95
09-mag-14	7	12	17	0,8	979.200	1.148.636							7,9	4,2	<0,1	<0,03	<0,01	0,5	<0,010		<10	2945	91
09-giu-14	0,5	18,1	24,5	1	90.720	1.389.360							8	2,6	0,5	<0,03	<0,01	0,6	0,01		<10	2893	97
09-giu-14	7	15,9	24,5	1	492.480	1.631.092							8	2,9	0,5	<0,03	<0,01	0,6	0,02		<10	2837	92
24-giu-14	0,5	20,5	26	1	38.720	6.395.388		6.154.240					8	2,4	0,4	0,08	0,01		<0,010		<10	2528	77
24-giu-14	7	18,3	26	1	290.400	4.948.908		4.365.664					8	2,8	0,5	0,13	0,01		<0,010		<10	2738	76
07-lug-14	0,5	23,2	30,5	1,5	0	1.462.940							7,9	1,9	0,4	0,05	<0,01	<0,5	0,01		<10	2753	119
07-lug-14	7	18,9	30,5	1,5	58.400	982.576							7,9	1,2	0,4	0,05	<0,01	<0,5	0,02		<10	2903	96

Lago Borgiano

Stazione 2 al centro del lago

Data_prelievo	Profondità (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Fragilaria spp.	Dinobryon spp.	Navicula spp.	Asterionella spp.	Planktongybya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" mg/mc	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P (mg/l)	Microcistine - (ppb)	Fosforo ortofosfato (µg/l)	Silice reatt. (µg/l)	O ₂ disc. (%)
24-lug-14	0,5	22	23,5	1,5	17.280	1.125.432						8.480	7,99		0,3	0,12	<0,01		<0,010		<10	2636	86,4
24-lug-14	7	20,5	23,5	1,5	43.200	43.200						8.520	7,96		0,3	0,04	<0,01		<0,010		<10	2655	76,4
11-ago-14	0,5	23,5	30	1,5	85.760	4.223.472				2.500.160		118.880	7,91		0,2	0,04	<0,01	<0,5	<0,010		<10	2355	116
11-ago-14	7	21,1	30	1,5	9.600	2.635.584	1.221.232					123.400	7,79		0,2	0,05	<0,01	<0,5	<0,010		<10	2435	78,9
27-ago-14	0,5	20,6	26,8	1	4.800	6.555.360			4.654.144			63.760	7,76		0,1	0,03	<0,01		0,019		<10	2342	94,3
27-ago-14	7	19,2	26,8	1	189.120	234.720						52.720	7,79		0,2	0,08	<0,01		0,021		<10	2445	85,4
16-set-14	0,5	18,3	18,2	0,5	680	956.664						5.240	7,93		0,3	0,19	0,01	0,51	0,03		<10	2445	82,6
16-set-14	7	17,5	18,2	0,5	10.160	1.016.212						16.160	7,92		0,4	0,2	0,01	0,55	0,022		<10	2477	79,1
23-set-14	0,5	19,5	17,6	1	8.600	2.002.112						6.920	8,09		0,4	0,1	<0,01		0,022		24	2314	102
23-set-14	7	19,3	17,6	1	19.200	1.706.576						11.320	8,16		0,3	0,08	<0,01		0,013		<10	2309	99,2
13-ott-14	0,5	17,4	19,5	1,5	17.600	3.790.416					2.413.616		8		0,3	0,07	0,01	<0,5	0,02		<10	2211	93
13-ott-14	7	17	19,5	1,5	6.800	2.424.396					2.000.128		7,9		0,3	0,09	0,01	<0,5	0,03		<10	2258	69
19-nov-14	0,5	12,9	16	1	1.616.160	2.327.352							8,38		0,4	0,03	0,01	0,7	0,012		<10	2309	86,9
19-nov-14	7	12,5	16	1	1.448.720	2.136.932							8,33		0,5	0,05	0,01	0,8	0,016		<10	2379	83,4
15-dic-14	0,5	9,8	10	1,5	203.200	940.352							8,02	1,8	0,6	0,06	0,01	0,99	0,01		<10	2599	94
15-dic-14	7	9,3	10		127.000	1.224.876							8,03	1,4	0,6	0,05	0,01	1,05	0,012		<10	2664	95,4

Stazione 3 all'inizio del lago

[illegible]

Lago Borgiano

Stazione 3 all'inizio del lago

Data_prelievo	Profondità (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplankton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Fragilaria spp.	Dinobryon spp.	Navicula spp.	Asterionella spp.	Plankton ngbya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" mg/mc	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P (mg/l)	Microcistine ppb	Fosforo ortofosfato (µg/l)	Silice reatt. (µg/l)	O ₂ disc. (%)
16-set-14	0,5	18,3	18,2	0,5	25.440	521.595						9.480	7,93					0,53	0,021	<0,16		2477	84,6
23-set-14	0,5	19,4	17,6	0,8	205.800	4.134.128			1.307.776			19.680	8,13		0,3	0,08	0,01		0,022		<10	2304	102
13-ott-14	0,5	17,9	19,5	0,5	21.640	2.874.876					2.096.288		7,9		0,3	0,05	0,01	<0,5	0,03	<0,16	<10	2197	97
19-nov-14	0,5	12,9	16	0,5	4.797.520	5.346.020							8,3		1,1	<0,03	0,01	1,3	0,01	1,98	<10	2571	94,1
15-dic-14	0,5	9,4	10	0,5	284.480	1.249.620							8	1,3	0,6	0,07	0,01	1,04	0,011	<0,16	<10	2650	95,4

Lago POLVERINA

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (M)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Fragilaria spp.	Dinobryon spp.	Oscillatoria spp.	Asterionella spp.	Planktolyng bya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" mg/mc	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P (mg/l)	Fosf. orto fosfa. (µg/l)	O ₂ disc. (%)
23-gen-14	0,5	9,8	10	1	0	78638							7,9	0,5	0,9	0,09	0,01	1,1	0,02		81
23-gen-14	6	9,6	10	1	0	45898							7,9	0,5	0,9	0,08	0,01	1,1	0,02		72
14-feb-14	0,5	9,6	11	0,5	0	11720							8,2	0,4	1	0,06	<0,01	1,2	0,03		55
14-feb-14	6	9,4	11	0,5	7800	17960							8,3	0,4	1	0,05	<0,01	1,2	0,03		53
14-mar-14	0,5	10,1	7,5	1,5	0	13.040							8	0,4	0,9	0,03	<0,01	0,9	<0,01	<10	96
14-mar-14	6	9,6	7,5	1,5	0	31.880							8,1	0,4	0,9	0,04	<0,01	0,9	<0,01	<10	88
10-apr-14	0,5	12,6	12	1	6.800	1.311.408	1.259.696						8	6,5	0,8	0,05	<0,01	1,1	0,01		97
10-apr-14	6	12,5	12	1	0	2.408.444	2.218.892						7,9	11,8	0,8	<0,03	<0,01	1	0,01		97
07-mag-14	0,5	14,5	20,5	0,8	0	744.388							7,8	16	0,6	0,03	0,01	0,6	0,02		86
07-mag-14	6	12,3	20,5	0,8	4.360	979.060							7,9	12,1	0,6	0,04	0,01	0,7	0,03		66
09-giu-14	0,5	21,9	27,5	1,5	0	4.414.704		3.192.512					7,9	7,5	0,4	0,06	0,01	0,7	0,03		120
09-giu-14	6	15,2	27,5	1,5	0	4.144.496		3.731.008					7,9	6,5	0,5	0,06	<0,01	0,7	0,02		90
24-lug-14	0,5	20,1	23,5	1,5	4.800	3.159.345		2.605.664				36.320	7,94		0,1	0,05	<0,01		0,02	<10	119
24-lug-14	6	16,5	23,5	1,5	3.080	639.216						14.440	7,87		0,4	0,08	0,01		0,018	<10	51,1

Lago POLVERINA

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (M)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Fragilaria spp.	Dinobryon spp.	Oscillatoria spp.	Asterionella spp.	Planktolyng bya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" mg/mc	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P (mg/l)	Fosf. orto fosfa. (µg/l)	O ₂ disc. (%)
27-ago-14	0,5	21,1	27	1	1.040	15.103.896	1.740.496		12.260.400			350.960	7,81		0,1	0,08	<0,01	<0,5	0,024	<10	125
27-ago-14	6	17,7	27	1	0	14.957.792	3.009.808		10.692.992			353.040	7,79		0,1	0,04	<0,01	<0,5	0,014	<10	55,5
23-set-14	0,5	19,6	15	2	0	2.843.880	2.192.448			344.000		31120	8,17		0,1	0,04	0,01	<0,5	0,021	<10	103
23-set-14	6	15,9	15	2	0	1.148.578				12.000		480	7,75		0,4	0,19	0,01	0,6	0,022	<10	43,5
13-ott-14	0,5	18,8	19	1,5	0	11.712.452	1.182.768	1.134.688	3.182.896		5.560.452	29.280	7,9		0,2	0,08	0,01	0,5	0,017	30	116
13-ott-14	6	16,7	19	1,5	0	5.559.584					3.817.552	880	7,68		0,4	0,15	0,01	0,6	0,024	<10	61,9
19-nov-14	0,5	12,7	12	1	51.800	3.968.688					2.827.104		8,31		0,4	0,06	0,01		0,011	<10	85
19-nov-14	6	12,4	12	1	33.200	3.747.768					2.721.328		8,32		0,4	0,05	0,01		0,011	<10	80
15-dic-14	0,5	11	10	1	0	2.052.676					1.533.752		8,05	2,1	0,5	0,06	0,01	0,98	0,013	<10	80,7
15-dic-14	6	10,9	10	1	0	2.199.748					1.639.528		8,01	1,8	0,5	0,04	0,01	0,88	0,01	<10	78,3

Lago Le Grazie

[illegible]

Lago Le Grazie

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Planktolyng bya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Microcistine (ppb)	Fosf. orto fosfato (µg/l)	O ₂ disc. (%)
28-ago-14	0,5	19,5	20	0,8	4.160	471.784	16.960	7,82		0,3	0,1	<0,01	<0,5	0,067		<10	79,2
28-ago-14	6	19,1	20	0,8	10.080	177.388	12.020	7,75		0,3	0,13	<0,01	<0,5	0,052		<10	68,4
17-set-14	0,5	18,5	15	0,5	38.560	405.520		7,9		0,8	0,09	0,01	1	0,028	<0,16	<10	80
17-set-14	6	18	15	0,5				8		0,7	0,09	0,01	1	0,028		<10	74
27-ott-14	0,5	13,5	14,5	0,5	0	681.364		7,92		0,5	0,05	<0,01	0,86	<0,01	<0,16	<10	51,8
27-ott-14	6	13,1	14,5	0,5	22.280	845.408		7,99		0,4	0,08	<0,01	0,73	<0,01		<10	49,2
10-nov-14	0,5	14	12	0,7	3.370.800	3.787.840		8,07		0,3	0,05	<0,01	0,6	0,027		<10	61
10-nov-14	6	13,5	12	0,7	1.927.080	2.237.212		8,04		0,4	0,05	<0,01	0,6	0,027		<10	58,2
16-dic-14	0,5	9,6	10,8		91.802.400	92.390.480		8	9,8	0,5	0,04	<0,01	1	0,02	10,5	<10	65
16-dic-14	6	9,1	10,8		3.111.120	3.320.588		8	2,2	0,6	0,07	<0,01	1	0,02		<10	59

Lago Castreccioni

Stazione 1 in prossimità opera di presa

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Cryptophyce ae spp.	Dolichosper mum spp.	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosf. tot. P (mg/l)	Microci stine (ppb)	Fosf. orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (ug/l)	O₂ disc. (%)
09-gen-14	0,5	7,9	7,8	2,5	58.980.960	59.091.376					7,9	1,6	1,2	0,08	0,02	1,3	<0,01	10	<10	2211	66
09-gen-14	28	7,8	7,8	2,5	19.194.120	19.436.400					8	2,1	1,2	0,08	0,02	1,4	<0,01	4,67	<10	2206	66
29-gen-14	0,5	8	5,9	2,5	1.483.520	1.902.016					7,9	1,8	1,2	<0,03	0,01		0,02	5,98	<10	2183	79
29-gen-14	29	7,8	5,9	2,5	7.632.320	8.441.580					8	2,8	1,2	<0,03	0,01		0,03	5,04	<10	2183	73
12-feb-14	0,5	8,3	9,1	2,5	46.936.800	47.334.296					7,9	4	1,2	0,05	<0,01	1,3	<0,01	8,06	<10	2851	90
12-feb-14	30	8	9,1	2,5	23.671.920	23.942.080					7,9	2,9	1,3	0,04	<0,01	1,4	0,01	6,34	<10	2944	82
25-feb-14	0,5	9,4	12,3	3	33.240.000	33.259.560					8	4	1,2	0,05	<0,01		0,02	8,06		2917	112
25-feb-14	30	8,3	12,3	3	8.436.000	8.452.920					8	2,6	1,2	0,04	<0,01		<0,01	5,62		2959	95
10-mar-14	0,5	9	8,2	2,5	49.704.600	49.973.360					8	7,2	1,1	0,04	<0,01	1,2	0,02	9,4	<10	2926	100,7
10-mar-14	30	8,3	8,2	2,5	10.353.000	10.628.964					8	2,3	1,2	0,03	<0,01	1,3	0,01	1,7	<10	3001	79,6
31-mar-14	0,5	12,2	14,4	1,5	23.023.000	24.628.480		1.427.976			7,8	8,6	1,2	0,05	<0,01		0,02	9,44	<10	2897	111
31-mar-14	30	8,6	14,4	1,5	13.356.000	13.510.362					7,8	1,5	1,2	<0,03	<0,01		0,01	6,3	<10	2986	74
14-apr-14	0,5	17,1	18,9	2,5	27.060.000	31.331.544		3.442.528			8	4	1	0,07	<0,01	1,5	0,03	5	23	2837	125
14-apr-14	30	8,9	18,9	2,5	9.130.000	9.491.400					7,9	1,9	1,2	0,04	<0,01	1,6	<0,01	<0,16	<10	3019	64
29-apr-14	0,5	14,9			5.699.200	9.484.136		1.259.696	1.971.280		7,7	7,5	1	0,05	<0,01		<0,01	1,04		2711	116,7
29-apr-14	29	8,9			15.964.000	16.554.820					7,7	3,1	1,2	0,03	<0,01		<0,01	2,98		3047	77,25
15-mag-14	0,5	16,9		2,5	130.560	1.119.848					7,8	1,4	1	0,06	<0,01	1,2	<0,01	0,59	<10	2622	84,87
15-mag-14	30	11,2		2,5	9.016.800	9.257.908					7,8	1,6	1,2	0,05	<0,01	1,4	<0,01	3,12	<10	3060	59,73

Lago Castreccioni

Stazione 1 in prossimità opera di presa

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.	Cryptophyceae spp.	Dolichospermum spp.	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosf. tot. P (mg/l)	Microcistine (ppb)	Fosf. orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (ug/l)	O ₂ disc. (%)
29-mag-14	0,5	9,4		4	0	3.962.903		1.833.546	1.602.750		8,1	2,7	0,9	0,04	<0,01		0,01	0,51		2645	88,62
29-mag-14	30	9		4	3.170.720	3.367.880					7,8	0,8	1,2	0,04	<0,01		0,01	0,28		3052	32,7
12-giu-14	0,5	25,1	24	3	0	5.168.952	2.730.944	1.394.320			7,8	1,1	0,7	0,06	0,01	0,8	<0,01	0,22	<10	2323	117
12-giu-14	28	9,4	24	3	1.280.480	1.622.968					7,8	0,5	1	0,03	<0,01	1,2	<0,01	0,24	<10	3090	28
26-giu-14	0,5	23,5		2,5	15.600	9.050.224	8.096.792				8	1	0,6	0,06	0,01		<0,01	<0,16	<10	2337	130,2
26-giu-14	32	9,7		2,5	477.360	1.028.992					8	0,6	1,1	0,03	0,01		<0,01	0,19	<10	3131	14
09-lug-14	0,5	23,7	25	2,5	0	1.190.892					8	0,6	0,6	0,07	0,01		<0,01		<10	1164	101
09-lug-14	30	10,5	25	2,5	278.800	717.404					8,1	0,6	1	0,04	<0,01		<0,01		<10	3407	39
28-lug-14	0,5	25	27	3	601.800	1.198.592					8		0,5	0,07	0,01	0,9	<0,01		<10	2335	105
28-lug-14	30	9,6	27	3	3.964.800	4.357.968					8		1	0,05	0,01	1,2	<0,01		<10	3401	<10
11-ago-14	0,5	26		2	76.960	6.916.832				4.798.080	7,88		0,4	<0,03	<0,01	0,8	<0,01		<10	935	111
11-ago-14	30	10,9		2	100.640	515.086				168.000	7,44		0,9	0,07	0,02	1,2	<0,01		<10	3211	23
25-ago-14	0,5	24,1			226.800	2.764.656	1.076.992			48.000	8		0,4	0,07	<0,01		<0,01		<10	1187	102,9
25-ago-14	29	10			196.560	225.448					8,01		0,8	0,2	0,02		<0,01		<10	3660	1,4
29-set-14	0,5	21		3	520.800	3.178.832			1.009.680		8,09		0,4	0,07	<0,01		<0,01		<10	1201	88,5
29-set-14	28	9,9		3	849.400	909.096					7,63		0,6	0,32	0,01		0,012		<10	2959	0,3
07-ott-14	0,5	21,2	22	3	5.400	451.132					8		0,37	0,11	<0,01		0,01		<10	1229	85

[illegible]

LagoCastreccioni

Stazione 2 al centro del lago

[illegible]

LagoCastreccioni																					
Stazione 2 al centro del lago																					
Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Cyclotella spp.	Dinobryon spp.		Planktolyn g bya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosf. tot. P (mg/l)	Microci stine (ppb)	Fosf. orto fosfato (µg/l)	Silice reattiva (ug/l)	O ₂ disc. (%)
10-mar-14	0,5	8,8	8,2	2,5	34.251.600	34.870.148															101,9
10-mar-14	21	8,5	8,2	2,5	40.188.000	40.444.552												8,42			79,1
10-mar-14	42	8,2	8,2	2,5	7.231.800	7.489.140												0,68			57,4
31-mar-14	0,5	12	14,4	1,5	33.421.800	34.577.348															107
31-mar-14	23	8,8	14,4	1,5	38.721.800	38.935.976												8,34			83
31-mar-14	46	8,3	14,4	1,5	2.650.000	2.836.664												0,74			45
14-apr-14	0,5	15,8	18,9	2	23.690.000	28.977.464		4.192.576													140
14-apr-14	23	8,9	18,9	2	13.780.000	14.296.376												1,6			78
14-apr-14	46	8,5	18,9	2	4.390.000	4.837.060												<0,16			12
29-apr-14	0,5	14,9			4.035.200	7.219.416		2.134.752													116,7
29-apr-14	23	8,9			9.214.400	9.956.152												4,52			78,11
29-apr-14	45	8,3			6.177.600	6.917.908												0,82			51,65
15-mag-14	0,5	16,9		2,5	106.080	942.956															89,98
15-mag-14	25	9,1		2,5	9.661.440	9.848.136												3,3			47,45
15-mag-14	48,5	8,4		2,5	7.662.240	7.823.664												2,89			4,24
29-mag-14	0,5	20,2		4	280	634.756															111,4
29-mag-14	22,5	9,3		4	2.553.600	2.989.272												<0,16			46,79
29-mag-14	45	8,5		4	1.936.480	2.242.256												0,25			<10
12-giu-14	0,5	25,2	24	2,5	0	3.643.808	1.759.728	1.202.000													108
12-giu-14	22,5	9,7	24	2,5	2.094.560	2.744.996												0,66			35

12-giu-14	45	8,8	24	2,5	161.120	308.476											<0,16			<10
-----------	----	-----	----	-----	---------	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------	--	--	-----

LagoCastreccioni

Stazione 2 al centro del lago

[illegible]

Stazione 3 ponte dopo conf. Biancuccia

[illegible]

Stazione 3 ponte dopo conf. Biancuccia

[illegible]

[illegible]

LagoCastreccioni

Stazione 4 piattaforma Kambusa

[illegible]

Stazione 4 piattaforma Kambusa

[illegible][illegible]

[illegible]

Lago Castreccioni

inizio ramo torrente argiano

[illegible][illegible]

Lago Le Grazie

[illegible]

Lago Le Grazie

Data prelievo	Prof. (m)	T °C H2O	T °C aria	Trasp. (m)	P.r. agardhii (cell/l)	fitoplancton tot. Cell/l	Planktolyng bya spp. Filamenti/L	pH	Cl. "a" (mg/mc)	Azoto. nitrico (N) (mg/l)	Azoto am. (NH4) (mg/l)	Azoto nitroso N (mg/l)	Azoto Tot. (mg/l)	Fosforo tot. P - (mg/l)	Microcistine (ppb)	Fosf. orto fosfato (µg/l)	O ₂ disc. (%)
28-ago-14	0,5	19,5	20	0,8	4.160	471.784	16.960	7,82		0,3	0,1	<0,01	<0,5	0,067		<10	79,2
28-ago-14	6	19,1	20	0,8	10.080	177.388	12.020	7,75		0,3	0,13	<0,01	<0,5	0,052		<10	68,4
17-set-14	0,5	18,5	15	0,5	38.560	405.520		7,9		0,8	0,09	0,01	1	0,028	<0,16	<10	80
17-set-14	6	18	15	0,5				8		0,7	0,09	0,01	1	0,028		<10	74
27-ott-14	0,5	13,5	14,5	0,5	0	681.364		7,92		0,5	0,05	<0,01	0,86	<0,01	<0,16	<10	51,8
27-ott-14	6	13,1	14,5	0,5	22.280	845.408		7,99		0,4	0,08	<0,01	0,73	<0,01		<10	49,2
10-nov-14	0,5	14	12	0,7	3.370.800	3.787.840		8,07		0,3	0,05	<0,01	0,6	0,027		<10	61
10-nov-14	6	13,5	12	0,7	1.927.080	2.237.212		8,04		0,4	0,05	<0,01	0,6	0,027		<10	58,2
16-dic-14	0,5	9,6	10,8		91.802.400	92.390.480		8	9,8	0,5	0,04	<0,01	1	0,02	10,5	<10	65
16-dic-14	6	9,1	10,8		3.111.120	3.320.588		8	2,2	0,6	0,07	<0,01	1	0,02		<10	59