

# **LIFE NATURA PER LA RIQUALIFICAZIONE DI VALLE SANTA**

*"Ripristino di equilibri ecologici per la conservazione di habitat e  
specie d'interesse comunitario"*



## **MONITORAGGIO CHIMICO – BIOLOGICO IN VALLE SANTA**

**(GIUGNO 2003-DICEMBRE 2005)**

A cura di

Francesco Ghion  
Erika Manfredini  
Annalisa Ferioli  
Claudia Milan

*31 dicembre 2005*

## **Gruppo di lavoro ARPA Emilia Romagna**

### **Coordinatore**

Irene Montanari

ARPA Ingegneria Ambientale

### **Componenti**

Francesco Ghion

ARPA Sezione di Ferrara - Servizio Sistemi Ambientali

Claudia Milan

ARPA Sezione di Ferrara - Servizio Sistemi Ambientali

Erika Manfredini

ARPA Sezione di Ferrara - Servizio Sistemi Ambientali

Annalisa Ferioli

ARPA Sezione di Ferrara - Servizio Sistemi Ambientali

### Hanno collaborato

#### **Dipartimento Tecnico della Sezione Provinciale ARPA di Ferrara**

Resp. Pierluigi Trentini

Area Analitica Ambientale

Resp. Monica Ascanelli

Eccellenza "Fitofarmaci"

Ref. Marco Morelli

Area Analitica Biologia ed Ecotossicologia

Resp. Graziella Mirolo

#### **Servizio Sistemi Ambientali della Sezione Provinciale ARPA di Ferrara**

Resp. Giovanni Garasto

Eccellenza Ecosistemi Naturali

Resp. Claudia Milan

Ecosistemi Idrici

Resp. Silvia Bignami

# INDICE

1. INTRODUZIONE
2. MONITORAGGIO DELL'ACQUA
  - 2.1. Analisi chimica delle acque
    - 2.1.1. Monitoraggio manuale
    - 2.1.2. Monitoraggio automatico
    - 2.1.3. Considerazioni generali
  - 2.2. Popolazione fitoplanctonica
    - 2.2.1. Materiali e metodi
    - 2.2.2. Risultati dell'anno 2003
    - 2.2.3. Risultati dell'anno 2004
    - 2.2.4. Risultati dell'anno 2005
    - 2.2.5. Conclusioni
  - 2.3. Popolazione dei macroinvertebrati
    - 2.3.1. Materiali e metodi
    - 2.3.2. Risultati ed osservazioni dell'anno 2003
    - 2.3.3. Risultati ed osservazioni dell'anno 2004
    - 2.3.4. Risultati ed osservazioni dell'anno 2005
3. ANALISI CHIMICA DEI SEDIMENTI
4. CONSIDERAZIONI
5. BIBLIOGRAFIA

## 1. INTRODUZIONE

Valle Santa é situata nel Comune di Argenta, rientra nel territorio del Parco Regionale del Delta del Po ed è al confine di tre province: Ferrara, Bologna e Ravenna.

Nella valle sono presenti numerose specie, altrove scomparse, che hanno trovato habitat idonei per la loro sopravvivenza.

Valle Santa, Val Campotto e Cassa Bassarone sono zone umide d'acqua dolce molto strategiche per la conservazione della biodiversità dell'intero bacino del fiume Reno.

Valle Santa, come Val Campotto e Cassa Bassarone, è scampata alla bonifica grazie alla sua funzione di cassa di espansione, importante per garantire la sicurezza idraulica del territorio attraversato dal Reno.

Attualmente il Canale Emiliano Romagnolo alimenta Valle Santa, apportando acque di migliore qualità rispetto al passato; infatti, fino a qualche anno fa, i corsi d'acqua che afferiscono ai bacini dei fiumi Idice, Quaderna e Sillaro, e dei canali Lorgana, Della Botte, Menata e Garda alimentavano il corpo vallivo (Fig. 1).

Le acque della valle sono infine scaricate nel fiume Reno, a valle dell'abitato di Argenta.

La gestione del sistema idraulico è svolta dal Consorzio di Bonifica.

La Comunità Europea ha finanziato il Life Natura per favorire interventi di riqualificazione della valle e L'Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA) ha supportato le azioni del Life con attività di monitoraggio delle acque e dei sedimenti (Fig. 2).

All'interno della valle prevalgono i processi di autodepurazione della sostanza organica ad opera di batteri e quelli di assimilazione vegetale collegati ai fenomeni eutrofici.

Il monitoraggio integrato è stato pertanto finalizzato a:

- fornire informazioni sui principali parametri chimico-fisici dell'acqua,
- descrivere lo stato di eutrofizzazione della valle,
- descrivere le condizioni di ossigenazione mediante rilevazioni continue dell'ossigeno in periodi di maggior interesse,
- descrivere le biocenosi dell'ambiente acquatico.

Da giugno 2003 a dicembre 2005 sono stati effettuati campionamenti d'acqua con frequenze quindicinali nei periodi primaverili ed estivi, mentre i sedimenti sono stati raccolti nei periodi estivi ed autunnali.

Nei punti d'alimentazione e di scarico dell'acqua sono stati eseguiti campionamenti d'acqua e di sedimento; durante i lavori di dragaggio del canale sub-lagunare sono stati prelevati campioni di sedimento nel punto centrale del canale.

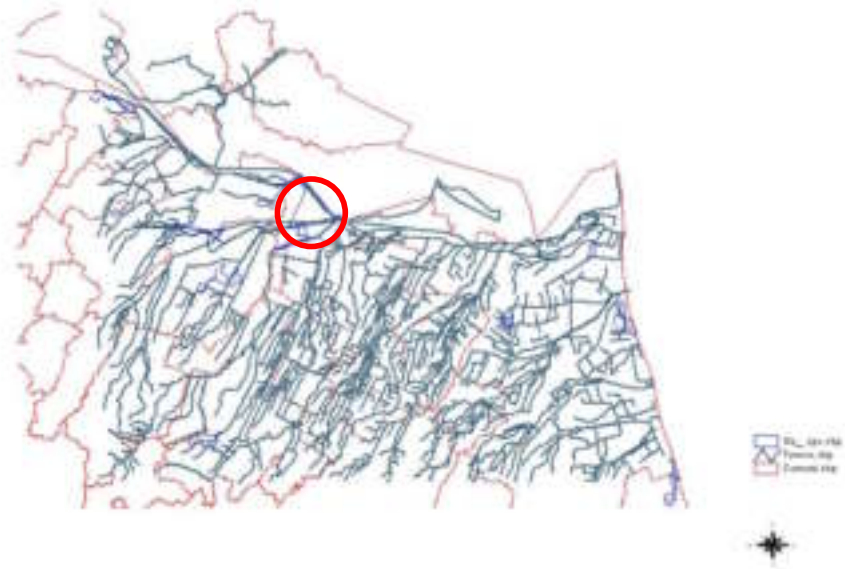


Figura 1. – Reticolo idrografico a cui appartiene Valle Santa.



Figura 2. – Valle Santa e schema del monitoraggio effettuato dall’Agenzia Regionale per la Prevenzione e l’Ambiente dell’Emilia-Romagna (ARPAER).

## **2. MONITORAGGIO DELL'ACQUA**

Lo stato dell'ambiente idrico di Valle Santa non era ben conosciuto dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA) all'inizio del Life perché la valle non è inserita nel monitoraggio istituzionale delle acque, che è applicato a varie tipologie di corpi idrici, tra cui zone umide di acque dolci, come Val Campotto e Cassa Bassarone, e acque di transizione come le Valli di Comacchio.

Il monitoraggio delle acque in Val Campotto e Cassa Bassarone è finalizzato alla classificazione delle acque idonee alla vita dei pesci ciprinicoli e si basa principalmente sulla rilevazione di parametri chimici e chimico-fisici.

In Valle Santa l'attività di monitoraggio dell'ambiente idrico è iniziata a giugno del 2003 con campionamenti per l'analisi chimica da effettuarsi in laboratorio (monitoraggio manuale) ed indagini di tipo biologico (determinazione della popolazione fitoplanctonica e dei macroinvertebrati nelle acque).

I campionamenti per i due tipi d'indagine sono stati effettuati negli stessi periodi, o addirittura nelle stesse giornate; pertanto, il quadro chimico e biologico che si ottiene fa riferimento alle stesse situazioni climatiche, stagionali e di gestione antropica della valle che influenzano l'ambiente fisico e le biocenosi presenti.

Gli schemi adottati per il monitoraggio chimico hanno subito delle modifiche durante la realizzazione del Life a causa di valutazioni e considerazioni che hanno permesso di orientare l'attività di monitoraggio allo studio dei principali fenomeni che caratterizzano le condizioni ambientali della zona umida.

Il monitoraggio manuale è stato affiancato dal monitoraggio con sonde multiparametriche (monitoraggio automatico) per la rilevazione dell'ossigeno disciolto e dei principali parametri chimico-fisici che sono importanti per descrivere l'andamento giornaliero dello stato di ossigenazione in periodi che si sono mostrati maggiormente critici per la valle.

### **2.1. Analisi chimica delle acque**

Durante il 2003 il monitoraggio chimico è stato finalizzato a rilevare le principali caratteristiche chimiche delle acque per poi individuare i principali fattori su cui concentrare le risorse nei due anni successivi.

Considerando che Valle Santa è situata all'interno di un'area protetta e che in essa non vi è uno sfruttamento antropico intensivo, è stato applicato lo schema di monitoraggio

adottato per Val Campotto e Cassa Bassarone, acque classificate idonee alla vita dei ciprinidi.

Sono stati inoltre ricercati parametri che possono consentire di confrontare le stazioni d'ingresso e di uscita dell'acqua applicando il metodo utilizzato per classificare la qualità chimica dei corsi d'acqua, il quale attribuisce un punteggio per ogni parametro considerato in funzione del suo 75° percentile; più è basso il punteggio ottenuto dall'applicazione di questo metodo, maggiore si può ritenere il livello d'inquinamento.

I parametri chimici determinati dal Dipartimento Tecnico della Sezione Provinciale ARPA di Ferrara ed i rispettivi metodi sono di seguito elencati:

- domanda in ossigeno biologico (BOD<sub>5</sub>): analisi chimica (tecnica volumetrica - metodo di Winkler),
- domanda in ossigeno chimico (COD): analisi chimica (tecnica volumetrica di retrotitolazione dopo ossidazione a caldo con bicromato),
- ammoniaca totale: analisi chimica (metodo spettrofotometrico),
- azoto nitrico: analisi chimica (tecnica cromatografica per scambio ionico o tecnica spettrofotometrica per acque ad elevata conducibilità elettrica),
- fosforo totale: analisi chimica (metodo spettrofotometrico),
- *Escherichia coli*: analisi batteriologica,
- temperatura: rilevamento in loco con termometro elettronico,
- ossigeno: analisi chimica (tecnica volumetrica - metodo di Winkler),
- pH: analisi chimica (metodo potenziometrico),
- materiali in sospensione: analisi chimica (tecnica gravimetrica),
- durezza totale: analisi chimica (tecnica volumetrica),
- conducibilità elettrica specifica a 20 °C (metodo conduttometrico),
- nitriti: analisi chimica (metodo spettrofotometrico)
- zinco: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma),
- rame: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma),
- arsenico: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma),
- cadmio: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma),
- cromo: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma),
- mercurio: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma),
- nichel: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma),
- piombo: analisi chimica (tecnica spettrometria di massa con sorgente al plasma).

Nei due anni successivi l'analisi dei metalli e l'analisi batteriologica non sono state ripetute perché si è evidenziato un basso livello di contaminazione delle acque tale da escludere gravi condizioni d'inquinamento locale.

È stato invece inserito tra i parametri la determinazione del fosforo reattivo, importante per completare il quadro dei nutrienti; le indagini condotte nel 2003 hanno infatti evidenziato che i principali fenomeni ambientali responsabili dello stato ambientale della valle sono legati ai processi di autodepurazione e di eutrofizzazione.

### **2.1.1. Monitoraggio manuale**

Per i parametri chimici principali sono stati calcolati i valori minimi, massimi, medi ed i percentili relativi al periodo annuale (Tab. 1a, 1b, 2a, 2b).

Ad una prima lettura non si osservano variazioni evidenti durante i tre anni tra le acque in ingresso e in uscita; infatti, le variabili chimiche conservative (pH, durezza totale, conducibilità elettrica, cloruri e solfati) evidenziano tale aspetto molto bene quando si confronta il 2004 con il 2005, e le stazioni tra loro (Fig. 3a, 3b, 4a, 4b).

Se si applica il metodo utilizzato per classificare la qualità chimica dei corsi d'acqua si può osservare una differenza temporale e spaziale per alcuni parametri: BOD<sub>5</sub>, nitrati, ossigeno disciolto ed azoto ammoniacale.

L'acqua all'ingresso della valle mostra, nel 2005, un leggero miglioramento per il BOD<sub>5</sub>, mentre si osserva un peggioramento per l'azoto nitrico (Tab. 3a, 3b).

L'acqua all'uscita della valle mostra punteggi legati ai valori di ossigeno e di azoto ammoniacale peggiori rispetto a quella in entrata (Tab. 3a, 3b).

Il confronto tra le due stazioni di monitoraggio dimostra che le condizioni chimico-fisiche in ingresso appaiono più alterate di quelle in uscita sia nel 2004 che nel 2005 e la causa è probabilmente imputabile alla qualità dell'acqua di alimentazione alla valle; in particolare si osserva un maggior apporto di nitrati nell'anno 2005 e di fosforo e di ammoniaca nel 2004 (Fig. 5a, 5b).

L'idoneità dell'acqua alla vita dei ciprinidi non è ottimale soprattutto per alcuni parametri che confermano valori massimi nettamente superiori ai valori limite indicati nell'allegato 2, sezione B, del D.L.vo 152/99.

Come precedentemente segnalato, nel corso del 2003 è stato verificato che l'inquinamento da metalli tossici non rappresenta un problema per la vita dei pesci; non sono invece ottimali i seguenti parametri (Tab. 4, 5, 6) :

- la temperatura dell'acqua, che potrebbe dipendere da fattori climatici e dalle caratteristiche di questo tipo di bacino idrico,
- i materiali in sospensione totali, i cui valori massimi sono più elevati nell'acqua in ingresso alla valle rispetto a quella in uscita,
- il BOD<sub>5</sub>,
- il fosforo totale.

La temperatura dell'acqua assume valori oltre il valore soglia nel periodo estivo; tale variabile, unitamente al pH e all'ammoniaca totale, è in relazione alla concentrazione di ammoniaca non ionizzata (NH<sub>3</sub>), specie estremamente tossica per la vita acquatica.

La concentrazione limite di NH<sub>3</sub> (0,025 mg/l) è stimata in base alla tabella 5/B dell'allegato 2 del D.L.vo 152/99 che incrocia il valore di temperatura e pH fornendo il valore corrispondente di ammoniaca totale.

Per Valle Santa si riscontra un rischio di tossicità basso, o praticamente nullo quando le concentrazioni di ammoniaca totale sono minime o inferiori al limite del metodo di misura (Tab. 7, 8, 9); tuttavia nell'estate del 2003, anno particolare per le gravi condizioni di siccità che si sono manifestate, si segnalano in alcune giornate situazioni di rischio moderato/alto.

Nel 2004 si è verificato un solo caso di rischio di tossicità "alto" durante il periodo estivo (25/8/2004); in tale periodo la quantità di ammoniaca totale misurata ha superato il valore soglia di riferimento per la classificazione delle acque idonee alla vita dei ciprinidi (Tab. 5, 9).

L'azoto nitrico è un parametro non considerato per l'idoneità dell'acqua alla vita dei pesci, ma è importante, insieme al fosforo, per lo studio dell'eutrofizzazione dell'ambiente idrico.

Assumono particolare importanza le sue variazioni in relazione a quanto viene osservato nelle indagini del fitoplancton.

L'azoto nitrico compare in concentrazioni elevate all'inizio del periodo invernale; nelle due stazioni non si riscontrano differenze elevate, solo nel 2005 sono state osservate situazioni leggermente peggiori nell'acqua all'ingresso della valle (Tab. 3a).

L'azoto nitrico tende praticamente a valori inferiori a 1,0 mg/l, espresso come  $\text{NO}_3^-$  in estate; in questo periodo si osservano invece punte di ammoniaca totale che possono creare situazioni critiche per la vita acquatica come già segnalato (Fig. 6, 7).

L'azoto nitrico è il principale componente dell'azoto inorganico (somma degli azoti nitrico, ammoniacale e nitroso) nel periodo invernale e costituisce buona parte dell'azoto totale in questo periodo (Fig. 8, 9).

Nel periodo estivo l'azoto totale è costituito principalmente da azoto organico, le differenze minime sono dovute a presenza significativa di ammoniaca totale (Fig. 8, 9).

Quanto osservato può trovare spiegazione nei complessi fenomeni di produzione di biomassa algale, particolarmente attivi da aprile a settembre.

Il fosforo reattivo è significativamente presente nei periodi autunnali; il fosforo totale ha andamenti simili nelle due stazioni, ma è in quantità minore nella stazione all'uscita di Valle Santa (Fig. 10, 11).

### **2.1.2. Monitoraggio automatico**

In Valle Santa l'ossigeno disciolto è un parametro critico per la vita acquatica (Tab. 4, 5, 6) ed è legato a fenomeni di autodepurazione naturale ad opera di batteri (Fig. 12, 14) e a fenomeni di natura fotosintetica derivanti dalla produzione di fitoplancton.

Nell'estate del 2003 e del 2004 sono stati rilevati con monitoraggio manuale valori di saturazione di ossigeno superiori al 120%; la sovrassaturazione è indicatrice di processi di natura fotosintetica e di conseguenza di una quantità elevata di biomassa algale (Fig. 13, 15). Ciò poteva essere attribuito al fatto che i campionamenti sono sempre stati effettuati durante la tarda mattinata, quindi nel momento di elevata attività fotosintetica.

Nel 2003-2004 con il monitoraggio manuale sono state osservati valori di saturazione dell'ossigeno inferiori all'80% che indicano concentrazioni critiche per l'ambiente acquatico e sono in relazione al carico organico degradabile (Fig. 12, 14).

Quanto osservato ha suggerito di provvedere all'installazione di sistemi di monitoraggio automatico per studiare le variazioni giornaliere dell'ossigeno.

Nel 2004 è stata utilizzata una sonda IDRONAUT, "THE OCEAN SEVEN 301 PROBE", dotata di sensori per la misura dell'ossigeno, della conducibilità, della temperatura, del pH, del potenziale red-ox e della Clorofilla "a".

È stato verificato l'utilizzo della sonda multiparametrica secondo due modi distinti: dapprima come semplice lettura istantanea, successivamente come registrazione in continuo in più giorni di rilevamento.

I risultati della sperimentazione sono riportati nelle tabelle 12, 13, 14, 15 e le prove sono state fatte nei mesi di giugno, settembre ed ottobre lungo la colonna d'acqua nelle stazioni in entrata ed uscita dell'acqua nella valle.

L'aspetto più significativo nell'uso della sonda lungo la colonna d'acqua appare l'evidenziazione di un gradiente negativo dell'ossigeno disciolto: ad esempio il 1 ottobre presso la stazione 1 si registrano in superficie 5.6 ppm e sul fondo 0.9 ppm, valore nel campo dell'anossia.

Nei giorni 15, 16 e 17 settembre 2004 la sonda è stata posizionata e programmata per registrare i dati ad ogni ora (Fig. 16). L'analisi della figura evidenzia l'andamento ciclico dell'ossigeno, che raggiunge i valori minimi (inferiori a 5 ppm) verso le prime ore del mattino.

Questi primi risultati hanno permesso di verificare la validità dell'uso di sonde automatiche ed anzi tale metodologia appare quella più adatta per una registrazione dei fenomeni che intervengono nel corso della giornata e che non sarebbero correttamente individuati col semplice monitoraggio chimico che si effettua col prelievo dei campioni generalmente nelle ore diurne.

La semplice esperienza ha fornito utili indicazioni nella scelta e nell'utilizzo del sistema di monitoraggio automatico in continuo che è stato realizzato nel corso del 2005.

Sono state impiegate tre sonde multiparametriche modello HYDROLAB SERIE 4a.

Ogni sonda è dotata di sensori di Temperatura, Conducibilità (Salinità), pH, Ossigeno disciolto, Potenziale Redox e Pressione (Profondità).

I parametri e le loro caratteristiche sono indicate in tabella 16.

<b>Parametro</b>	<b>Range di misura</b>	<b>Accuratezza</b>	<b>Risoluzione</b>
Temperatura	-5 – 50 °C	± °C	0,01 °C
Conducibilità	0 ÷ 100 mS/cm	± 2 µS/cm (da 0 a 100 µS/cm)	10 µS/cm (da 0 a 15.000 µS/cm) 0,1 mS/cm (da 15 a 100 mS/cm)
Salinità	0 ÷ 100 ppt	± 0,2 ppt	0,01 ppt
pH	0 ÷ 14	± 0,2	0,01
Ossigeno disciolto	0 ÷ 50 mg/l	± 0,2 (da 0 a 20 mg/l)	0,01 mg/l

Tabella 16 – Caratteristiche dei sensori della sonda multiparametrica modello HYDROLAB SERIE 4a.

Le sonde sono state collaudate dapprima in laboratorio e successivamente sul campo. E' stata collocata una sonda nel punto d'ingresso dell'acqua nella valle, programmando la lettura dei parametri ad ogni ora per il periodo 21 aprile – 12 maggio 2005.

Dal giorno 8 maggio si è registrata una costante flessione dei valori di concentrazione dell'ossigeno disciolto, dovuta molto probabilmente al notevole deposito di "fouling" sulla sonda che ha modificato le caratteristiche fisiche della membrana dell'elettrodo dell'ossigeno. Tale fenomeno è caratteristico di ambienti di acque stagnanti e ricchi di sostanza organica come è Valle Santa (Fig. 12, 14).

Successivamente le sonde sono state impiegate per rilevare dati nel punto d'ingresso dell'acqua, al centro del canale sub-lagunare e nel punto di scarico.

I periodi di rilevamento automatico sono stati:

- 21 aprile - 12 maggio (stazione d'ingresso dell'acqua),
- 8 giugno - 14 giugno (stazione d'ingresso dell'acqua),
- 13 luglio - 22 luglio (stazione d'ingresso e stazione d'uscita dell'acqua),
- 26 agosto - 9 settembre (stazione d'ingresso dell'acqua),
- 23 settembre - 30 settembre (stazione d'ingresso e stazione d'uscita dell'acqua),
- 8 novembre - 23 novembre (stazione d'ingresso e stazione d'uscita dell'acqua).

L'elaborazione ha riguardato principalmente l'ossigeno disciolto espresso come percentuale di saturazione.

Questo parametro esprime la concentrazione dell'ossigeno in funzione delle condizioni di temperatura dell'acqua e di salinità e pertanto ha un forte significato ecologico.

Nel periodo dal 21 aprile al 12 maggio si sono osservate importanti variazioni di temperatura probabilmente legate alla bassa quota del livello dell'acqua, che risulta così maggiormente sensibile all'insolazione mattutina o a eventuali venti freddi che favoriscono una rapida variazione termica.

Il 30 aprile si sono verificati aumenti delle temperature e dei valori di saturazione dell'ossigeno disciolto (Fig. 17a).

Nei giorni successivi fino al 3 maggio si sono registrati i massimi di saturazione dell'ossigeno relativi all'intero periodo; tali valori sono superiori al 120% (Fig. 17b).

Si può presumere che dal 30 aprile sia iniziata una discreta attività fotosintetica; nei giorni successivi al 3 maggio si sono verificati i minimi valori del periodo; tuttavia i valori osservati non hanno evidenziato il permanere di situazioni di carenza di ossigeno (Fig. 17c) durante tutto il periodo di monitoraggio automatico.

Le registrazioni effettuate nella stazione 1 nella seconda settimana di giugno (Fig. 18) hanno evidenziato una diminuzione dei valori di saturazione dell'ossigeno nelle ore diurne, dalle 8 alle 14; la temperatura massima osservata nel periodo è di 26,7 °C (13 giugno).

I minimi si osservano nelle giornate del 10, 11 e 13 giugno, mentre i valori massimi si sono registrati nelle ore serali del giorno 8 e nelle prime ore del giorno 13 (Fig. 19).

Durante la settimana permangono situazioni di sottosaturazione dell'ossigeno che sono più accentuate (< 60%) nei giorni 11 e 12 (Fig. 19); la diminuzione dell'ossigeno inizia nella tarda mattinata e continua fino al tardo pomeriggio.

Nel mese di luglio sono state utilizzate contemporaneamente due sonde per rilevare e confrontare le condizioni di ossigenazione all'ingresso e all'uscita della valle. Tale scelta è stata suggerita dalla opportunità di registrare eventuali condizioni critiche prevedibili nelle calde giornate estive. In questo periodo, infatti, si sono verificati aumenti della temperatura dell'acqua sino a 30 °C.

Nella stazione d'ingresso, le concentrazioni di ossigeno sono più basse rispetto al periodo di giugno (Fig. 18 e tabelle in allegato); dalle ore 14 alle 21 di ogni giornata l'ossigeno aumenta in modo consistente; tuttavia l'ossigenazione non è sufficiente a ripristinare valori di saturazione superiori al 60% nella prima parte della giornata (Fig. 20).

In questo periodo i valori minimi di ossigeno descrivono condizioni di sottosaturazione spinte ed i valori massimi sono spesso al di sotto dell'80% di saturazione; le giornate in cui si sono registrati i valori massimi del periodo sono i primi giorni, 13-14-15 luglio, e 19-20-21 luglio in cui si verificano incrementi per breve tempo come si evince dalle tabelle in allegato.

Nella stazione d'uscita dell'acqua (stazione 2) si osservano condizioni di ossigeno critiche in tutto il periodo e con valori peggiori rispetto alla stazione 1 (Fig.21); il leggero aumento giornaliero di ossigenazione che si registra dalle 11 in poi non è sufficiente perché il sistema raggiunga condizioni normali e stabili di saturazione dell'ossigeno (Fig. 22).

Nel periodo dal 14 luglio al 21 luglio, considerando le prime ore della giornata, l'andamento dei valori medi dell'ossigeno in termini di saturazione è simile in entrambe le stazioni (Fig. 20 e 22).

Nell'ultima settimana di agosto le temperature dell'acqua sono inferiori a quelle misurate nel periodo di luglio e i valori dell'ossigeno peggiorano nei giorni dal 29 agosto al 1 settembre con percentuali di saturazione dell'ossigeno minime anche nelle ore notturne (Fig. 23 e tabelle in allegato).

Le condizioni migliorano dal 7 settembre quando le percentuali di saturazione dell'ossigeno tendono a raggiungere valori normali (80% - 120%) (Fig. 23).

Nell'ultima settimana di settembre le sonde sono state collocate in entrambe le stazioni; le temperature dell'acqua oscillano tra i 19 e i 22°C e l'ossigenazione nel punto d'ingresso dell'acqua è nella norma (Fig. 24).

Si osserva un calo delle concentrazioni di ossigeno a partire dalle prime ore pomeridiane del 28 settembre (valore minimo di 4,06 mg/l) per registrare una situazione di valori più bassi per tutta la giornata del 29 settembre rispetto ai giorni precedenti.

Il 29 settembre si registrano inoltre condizioni di minor ossigenazione anche nella stazione 2; il fenomeno inizia però dalle ore serali del 27 settembre. In questo periodo nella stazione 2 si osserva ancora un modesto contenuto di ossigeno, maggiore però di quello che si registra nel punto d'ingresso dell'acqua (Fig. 25).

Nel mese di novembre la stazione 2 mostra condizioni di ossigenazione peggiori rispetto alla stazione 1; si osservano infatti valori di ossigeno (% di saturazione) bassi fino al 20 di novembre (Fig. 26, 27).

Per quanto concerne la stazione 1, non si registrano condizioni particolari dell'ossigeno; dalle ore 13 del 9 novembre fino alle 12 del giorno seguente si verifica solamente un debole calo di ossigeno. Nei giorni successivi si alternano condizioni di normalità con valori inferiori all'80%; dopo il 18 novembre la situazione si stabilizza.

### **2.1.3. Considerazioni generali**

Lo studio dello stato fisico della componente acqua consente alcune considerazioni di carattere generale che, opportunamente integrate con le indagini biologiche, faunistiche e vegetazionali, potrebbero aiutare ad individuare i principali fattori critici dell'area per azioni di riqualificazione, gestione e conservazione di habitat e specie d'interesse comunitario.

Sulla base dei risultati del monitoraggio chimico e chimico-fisico, si può innanzitutto segnalare che la qualità dell'acqua che alimenta la valle apporta nutrienti, in particolare nitrati, e carico organico (BOD<sub>5</sub> e COD) elevati.

I risultati del monitoraggio automatico confermano le condizioni precarie di ossigenazione di Valle Santa.

La situazione è individuabile anche dai risultati del monitoraggio manuale il cui limite è rappresentato dal metodo di misura fondato sul campionamento istantaneo; nel caso di

Valle Santa, la misura manuale è stata effettuata nella tarda mattinata in orari in cui non si registrano le condizioni di massima ossigenazione.

I risultati del monitoraggio automatico evidenziano che la stazione vicina allo scarico dell'acqua registra valori di saturazione dell'ossigeno peggiori rispetto a quella prossima al punto di alimentazione idrica alla valle.

Per quanto concerne l'idoneità dell'acqua alla vita dei pesci, si potrebbero verificare situazioni non ottimali; infatti, i risultati relativi ad alcuni parametri ricercati anche per la classificazione evidenziano casi di superamento dei valori soglia per le acque idonee alla vita dei ciprinidi.

Sono risultati critici i parametri relativi ad azoto ammoniacale totale, particolarmente nel periodo estivo, BOD<sub>5</sub>, materiali in sospensione totali e fosforo totale.

Occorre dunque attivare un monitoraggio finalizzato ad accertare che le azioni di miglioramento e di ripristino ambientale, nonché le scelte di gestione della valle producano effetti positivi sui parametri che sono responsabili della scarsa qualità dell'acqua.

Parametro	unità di misura	2003							
		Num.	minimo	25° Perc.	50° Perc.	75° Perc.	massimo	medio	dev. st.
Temp.	°C	14	6,5	16,2	23,2	27,9	33,3	21,6	8,188
pH		15	7,76	7,89	8,08	8,37	8,72	8,14	0,307
Mat. In sosp. Tot	mg/l	15	16	48	95	119	364	103	85,083
BOD <sub>5</sub>	mg/l	15	2	4	9	13	15	9	4,483
P tot	mg/l	15	0,04	0,10	0,16	0,26	0,49	0,19	0,117
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	15	0,02	0,07	0,13	0,24	0,44	0,16	0,127
N tot	mg/l	15	2,50	3,75	5,69	7,19	9,67	5,64	2,233
Durezza tot	mg/l	15	178	217	230	241	352	236	43,220
O <sub>2</sub> disciolto	mg/l	15	3,01	5,50	6,90	7,70	9,60	6,48	1,792
O <sub>2</sub> disciolto	% saturaz.	14	38	57	64	81	132	71	24,061
Con. Elettr. Spec. A 20° C	uS/cm	15	388	471	528	562	761	524	94,506
COD	mg/l	15	27	39	52	74	100	57	23,407
Cl <sup>-</sup>	mg/l	15	25,6	37,9	45,3	48,4	52,3	42,5	7,986
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	15	42,70	55,00	57,60	63,85	133,66	67,34	25,940
		<b>2004</b>							
Temp.	°C	14	5	17,1	24,1	26,0	29,5	21,4	7,661
pH		15	7,70	7,91	8,11	8,20	9,04	8,12	0,339
Mat. In sosp. Tot	mg/l	15	16	38	64	79	138	65	36,604
BOD <sub>5</sub>	mg/l	15	5	8	9	17	20	11	5,629
P tot	mg/l	15	0,06	0,09	0,14	0,21	0,26	0,15	0,069
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	15	0,03	0,05	0,06	0,25	0,93	0,18	0,248
N tot	mg/l	15	1,25	4,54	5,51	7,48	10,18	5,83	2,388
Durezza tot	mg/l	15	148	236	288	324	390	278	70,834
O <sub>2</sub> disciolto	mg/l	15	3,10	5,35	7,05	8,22	12,58	7,07	2,600
O <sub>2</sub> disciolto	% saturaz.	14	36	52	71	85	161	75	32,015
Con. Elettr. Spec. A 20° C	uS/cm	15	500	587	632	728	752	638	84,382
COD	mg/l	15	30	42	52	66	131	60	26,963
Cl <sup>-</sup>	mg/l	15	18,5	37,1	42,5	47,0	60,8	42,1	9,577
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	15	60,7	86,8	91,0	103,8	133,8	94,6	17,462

Tabella 1a. – Acqua in ingresso a Valle Santa (periodo 2003-2004).

Parametro	unità di misura	2005							
		Num.	minimo	25° Perc.	50° Perc.	75° Perc.	massimo	medio	dev. st
Temp.	°C	15	2	16	22	25	31	21	7,282
pH		15	7,41	7,61	7,72	7,80	8,19	7,71	0,194
Mat. In sosp. Tot	mg/l	15	13,5	38,5	66,0	108,5	152,0	73,7	44,459
BOD <sub>5</sub>	mg/l	15	4	5	8	11	27	9	5,870
P tot	mg/l	15	0,02	0,14	0,16	0,26	0,35	0,19	0,100
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	15	0,03	0,13	0,27	0,42	0,67	0,28	0,191
N tot	mg/l	15	3,04	4,43	6,18	7,61	12,36	6,49	2,896
Durezza tot	mg/l	15	200	248	272	347	472	306	83,721
O <sub>2</sub> disciolto	mg/l	15	3,1	4,8	5,7	6,6	10,4	6,0	1,972
O <sub>2</sub> disciolto	% saturaz.	15	36	54	62	73	104	64	17,232
Con. Elettr. Spec. A 20° C	uS/cm	15	505	535	604	848	1032	694	182,195
COD	mg/l	15	29	39	43	47	86	45	14,101
Cl <sup>-</sup>	mg/l	15	4,40	38,45	46,00	52,70	70,40	43,81	15,779
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	15	6,6	64,3	87,4	160,3	242,3	113,4	69,968

Tabella 1b. – Acqua in ingresso a Valle Santa (periodo 2005).

Parametro	unità di misura	2003							
		Num.	minimo	25° Perc.	50° Perc.	75° Perc.	massimo	media	dev. st.
Temp.	°C	14	6,2	17,0	24,0	28,2	31,8	22,0	8,368
pH		15	7,61	7,88	8,02	8,26	9,16	8,10	0,390
Mat. In sosp. Tot	mg/l	15	17	33	54	72	104	54	24,958
BOD <sub>5</sub>	mg/l	15	2	5	8	12	18	8	4,517
P tot	mg/l	15	0,05	0,08	0,13	0,20	0,35	0,15	0,083
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	15	0,02	0,07	0,10	0,29	1,04	0,26	0,311
N tot	mg/l	15	2,5	3,85	5,32	6,70	7,82	5,17	1,833
Durezza tot	mg/l	15	208	214	228	245	380	248	51,425
O <sub>2</sub> disciolto	mg/l	15	1,9	4,9	5,9	7,1	12,0	6,2	2,396
O <sub>2</sub> disciolto	% saturaz.	14	19	54	64	83	162	73	36,055
Con. Elettr. Spec. A 20° C	uS/cm	15	402	472	530	565	810	542	109,141
COD	mg/l	15	30	47	62	83	95	63	22,400
Cl <sup>-</sup>	mg/l	15	32,8	39,8	44,1	54,6	60,9	46,5	9,318
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	15	46,8	50,4	58,8	107,1	151,5	77,5	37,233
		2004							
Temp.	°C	15	6,0	14,3	23,8	26,5	30,5	20,8	8,098
pH		15	7,74	7,90	8,03	8,18	8,52	8,04	0,207
Mat. In sosp. Tot	mg/l	15	6	19	36	67	144	46	36,155
BOD <sub>5</sub>	mg/l	15	3	6	11	15	31	12	7,650
P tot	mg/l	15	0,07	0,09	0,10	0,15	0,23	0,12	0,054
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	15	0,02	0,04	0,06	0,14	1,30	0,19	0,350
N tot	mg/l	15	0,51	3,33	4,95	6,11	11,52	5,10	3,024
Durezza tot	mg/l	15	208	236	276	327	388	282	55,807
O <sub>2</sub> disciolto	mg/l	15	2,30	5,75	6,60	6,85	9,91	6,35	1,774
O <sub>2</sub> disciolto	% saturaz.	15	27	53	60	82	122	69	24,421
Con. Elettr. Spec. A 20° C	uS/cm	15	475	621	665	713	756	656	75,111
COD	mg/l	15	29	35	56	87	152	66	38,071
Cl <sup>-</sup>	mg/l	15	20,4	36,7	41,2	50,9	70,3	43,3	12,777
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	15	58,5	91,7	97,5	108,9	160,7	101,3	24,567

Tabella 2a. - Acqua in uscita da Valle Santa (periodo 2003 –2004).

Parametro	unità di misura	2005							
		Num.	minimo	25° Perc.	50° Perc.	75° Perc.	massim o	media	dev. st.
Temp.	°C	15	2,0	16,0	22,0	24,8	31,0	20,3	7,080
pH		15	7,03	7,38	7,59	7,81	8,15	7,60	0,316
Mat. In sosp. Tot	mg/l	15	14	26	35	50	68	38	16,625
BOD <sub>5</sub>	mg/l	15	4	6	9	12	16	9	3,742
P tot	mg/l	15	0,03	0,12	0,14	0,19	0,20	0,14	0,051
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	15	0,03	0,12	0,22	0,28	0,75	0,26	0,216
N tot	mg/l	15	2,95	3,44	4,04	5,73	11,41	5,13	2,503
Durezza tot	mg/l	15	230	268	320	351	472	316	67,203
O <sub>2</sub> disciolto	mg/l	15	1,60	3,80	4,50	5,65	9,50	4,91	2,148
O <sub>2</sub> disciolto	% saturaz.	15	18	42	55	61	90	52	17,641
Con. Elettr. Spec. A 20° C	uS/cm	15	493	659	725	832	1030	737	144,558
COD	mg/l	15	30	45	50	59	88	51	14,642
Cl <sup>-</sup>	mg/l	15	7,5	45,5	49,2	59,2	62,0	47,1	15,154
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	15	56,2	68,4	99,8	163,8	238,0	120,0	59,394

Tabella 2b. - Acqua in uscita da Valle Santa (periodo 2005).

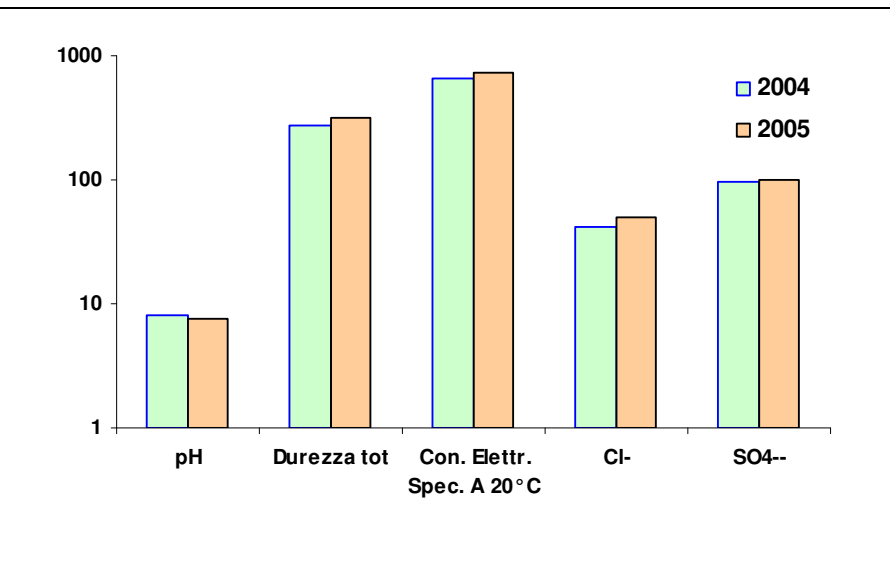
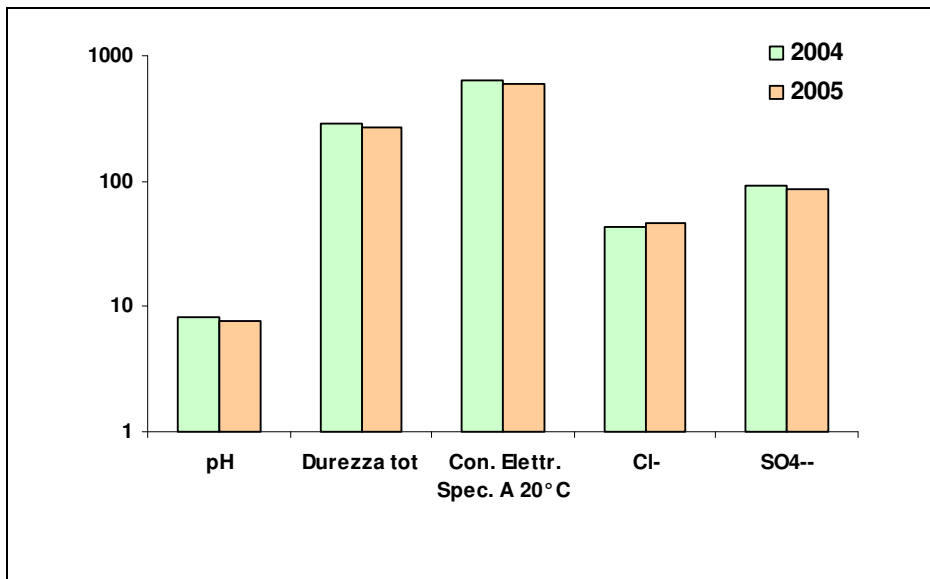


Figura 3a. - Acqua in ingresso a Valle Santa: confronto annuale del 50° Perc.le

Figura 3b. - Acqua in uscita da Valle Santa: confronto annuale del 50° Perc.le

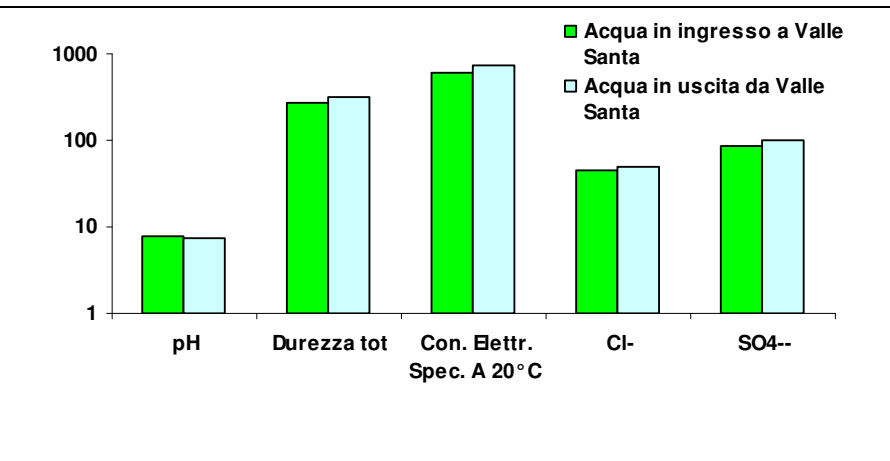
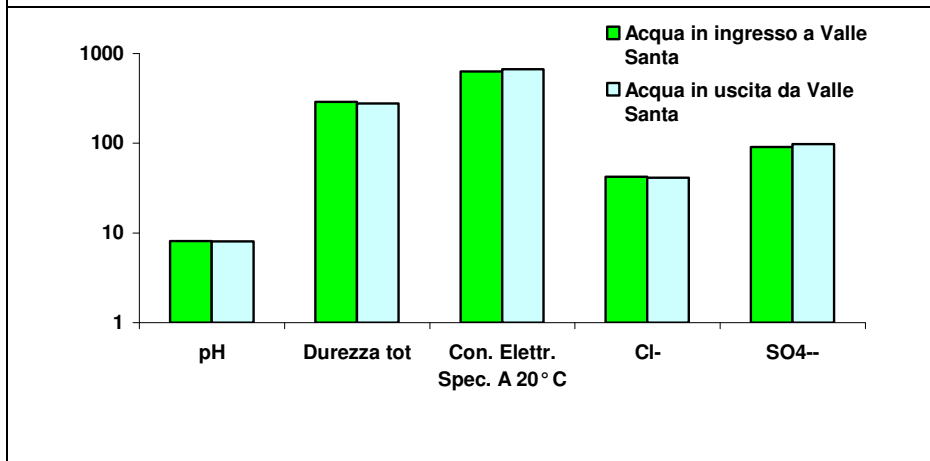


Figura 4a. - Anno 2004: confronto annuale del 50° Perc.le

Figura 4b. - Anno 2005: confronto annuale del 50° Perc.le

Stazione	Parametro	2004		2005	
		75° percentile	Punteggio	75° percentile	Punteggio
INGRESSO VALLE	100-OD (% sat.)	50	10	46	10
	BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	17	10	11	20
	COD (O <sub>2</sub> mg/l)	66	5	47	5
	NH <sub>4</sub> (N mg/l)	0,14	20	0,32	20
	NO <sub>3</sub> (N mg/l)	1,13	40	3,45	20
	Fosforo tot (P mg/l)	0,21	20	0,26	20

Tabella 3a: Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori nella stazione in ingresso di Valle Santa.

Stazione	Parametro	2004		2005	
		75° percentile	Punteggio	75° percentile	Punteggio
USCITA VALLE	100-OD (% sat.)	48	10	58	5
	BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	15	10	12	10
	COD (O <sub>2</sub> mg/l)	87	5	59	5
	NH <sub>4</sub> (N mg/l)	0,10	40	0,21	20
	NO <sub>3</sub> (N mg/l)	0,76	40	0,67	40
	Fosforo tot (P mg/l)	0,15	40	0,19	20

Tabella 3b: Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori nella stazione in uscita di Valle Santa.

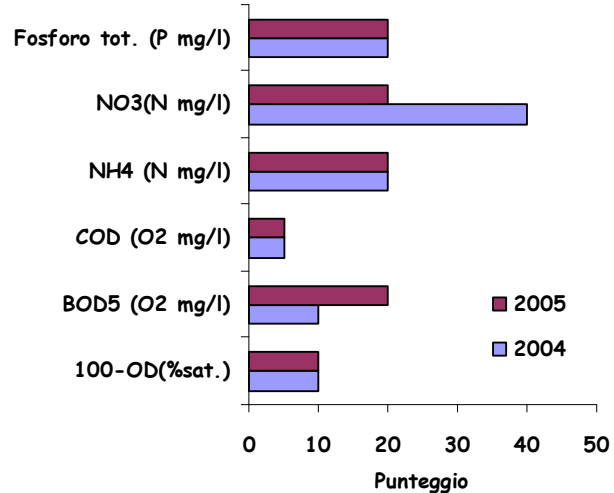


Figura 4a. - Confronto annuale dell'acqua in ingresso.

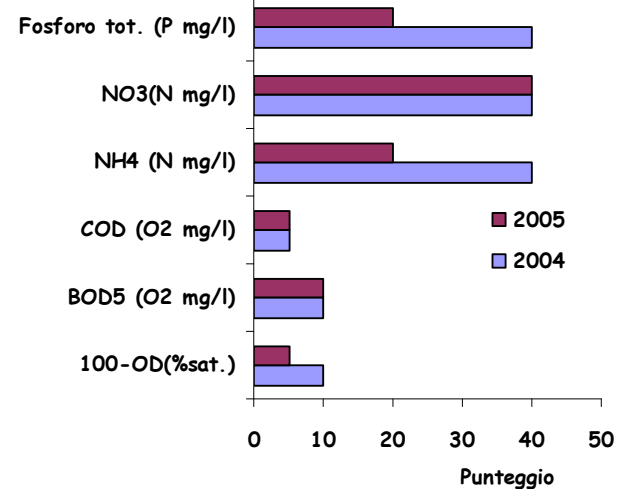


Figura 4b. - Confronto annuale dell'acqua in uscita.

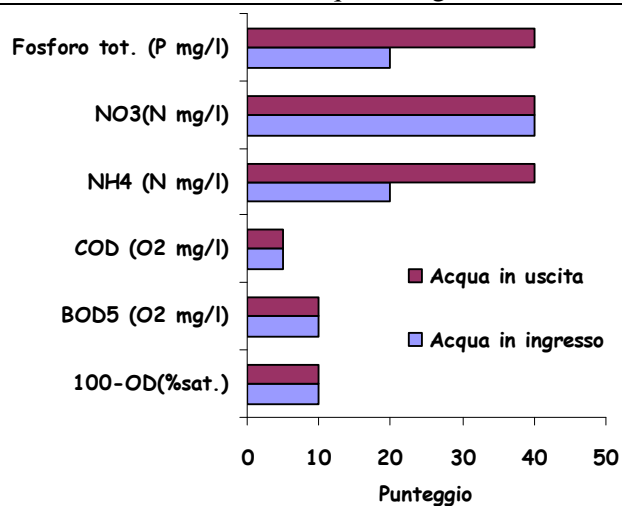


Figura 5a. - Confronto dell'acqua in ingresso con quella d'uscita (anno 2004).

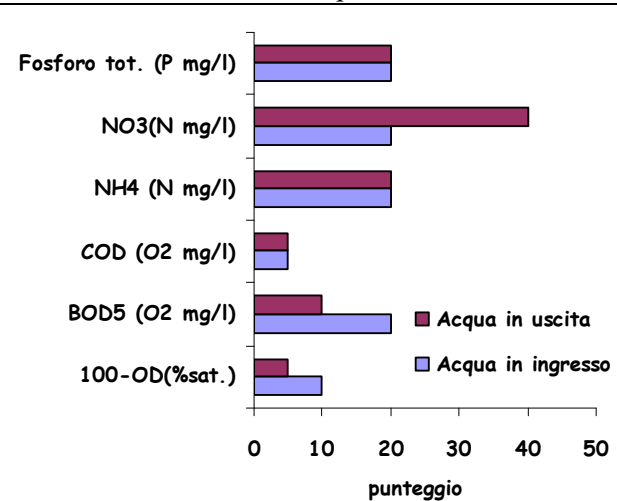


Figura 5b. - Confronto dell'acqua in ingresso con quella d'uscita (anno 2005).

Parametri	Valori limite (ciprinidi)	Acqua in ingresso	Acqua in uscita
Temperatura (°C)	Min. 3 Max. 28	Min. 6,5 Max. <b>33,3</b>	Min. 6,2 Max. <b>31,8</b>
Ossigeno (O <sub>2</sub> mg/l)	≥7	Min. <b>3,01</b> Max. 9,6	Min. <b>1,9</b> Max. 12
pH	6-9	Min. 7,76 Max. 8,72	Min. 7,61 Max. 9,16
Materiali in sospensione (mg/l)	80	Min. 16 Max. <b>364</b>	Min. 17 Max. <b>104</b>
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	9	Min. 2 Max. <b>15</b>	Min. 2 Max. <b>18</b>
Fosforo totale (P mg/l)	0,14	Min. 0,04 Max. <b>0,49</b>	Min. 0,05 Max. <b>0,35</b>
Nitriti (NO <sub>2</sub> mg/l)	1,77	Min. <0,03 Max. 0,19	Min. <0,03 Max. 0,16
Ammoniaca totale (NH <sub>4</sub> mg/l)	1	Min. 0,02 Max. 0,44	Min. 0,02 Max. 1,04
Arsenico (µg/l)	50	Min. <2 Max. 4	Min. <2 Max. 8
Cadmio (µg/l)	2,5	Min. <0,5 Max. <0,5	Min. <0,5 Max. <0,5
Cromo (µg/l)	100	Min. <5 Max. <5	Min. <5 Max. <5
Mercurio (µg/l)	0,5	Min. <0,5 Max. <0,5	Min. <0,5 Max. <0,5
Nichel (µg/l)	75	Min. <5 Max. 6	Min. <5 Max. 6
Piombo (µg/l)	50	Min. <5 Max. <5	Min. <5 Max. <5

Tabella 4. - Confronto tra valori limite e valori minimi e massimi misurati nel periodo giugno-dicembre 2003.

Parametri	Valori limite (ciprinidi)	Acqua in ingresso	Acqua in uscita
Temperatura (°C)	Min. 3 Max. 28	Min. 5 Max. <b>29,5</b>	Min. 6,0 Max. <b>30,5</b>
Ossigeno (O <sub>2</sub> mg/l)	≥7	Min. <b>3,10</b> Max. 12,58	Min. <b>2,30</b> Max. 9,91
pH	6-9	Min. 7,70 Max. 9,04	Min. 7,74 Max. 8,04
Materiali in sospensione (mg/l)	80	Min. 16 Max. <b>138</b>	Min. 6 Max. <b>144</b>
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	9	Min. 5 Max. <b>20</b>	Min. 3 Max. <b>31</b>
Fosforo totale (P mg/l)	0,14	Min. 0,06 Max. <b>0,26</b>	Min. 0,07 Max. <b>0,23</b>
Nitriti (NO <sub>2</sub> mg/l)	1,77	Min. <0,03 Max. 0,36	Min. <0,03 Max. 0,39
Ammoniaca totale (NH <sub>4</sub> mg/l)	1	Min. 0,03 Max. 0,93	Min. 0,02 Max. <b>1,30</b>

Tabella 5. - Confronto tra valori limite e valori minimi e massimi misurati nel 2004.

Parametri	Valori limite (ciprinidi)	Acqua in ingresso	Acqua in uscita
Temperatura (°C)	Min. 3 Max. 28	Min. 2,0 Max. <b>31</b>	Min. 2,0 Max. <b>31,0</b>
Ossigeno (O <sub>2</sub> mg/l)	≥7	Min. <b>3,1</b> Max. 10,4	Min. <b>1,60</b> Max. 9,50
pH	6-9	Min. 7,41 Max. 8,19	Min. 7,03 Max. 8,15
Materiali in sospensione (mg/l)	80	Min. 13,5 Max. <b>152,0</b>	Min. 14 Max. 68
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	9	Min. 4 Max. <b>27</b>	Min. 4 Max. <b>16</b>
Fosforo totale (P mg/l)	0,14	Min. 0,02 Max. <b>0,35</b>	Min. 0,03 Max. <b>0,20</b>
Nitriti (NO <sub>2</sub> mg/l)	1,77	Min. <0,03 Max. 0,82	Min. <0,03 Max. 0,76
Ammoniaca totale (NH <sub>4</sub> mg/l)	1	Min. 0,03 Max. 0,67	Min. 0,03 Max. 0,75

Tabella 6. - Confronto tra valori limite e valori minimi e massimi misurati nel 2005.

Data	Temp. °C	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	NH <sub>3</sub> mg/l	O <sub>2</sub>  100 - O <sub>2</sub> %sat.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
21/05/2003	20,4	7,78	0,44		39	<1,0
04/06/2003	28,3	8,48	0,22		4	<1,0
18/06/2003	28,0	7,81	0,02		46	<1,0
02/07/2003	27,0	8,62	0,04		33	<1,0
16/07/2003	27,5	7,76	0,16		51	<1,0
28/07/2003	28,3	8,05	0,06		62	<1,0
13/08/2003	33,3	8,72	0,03		32	<1,0
03/09/2003	21,2	7,91	0,07		19	<1,0
17/09/2003	25,2	8,41	0,14		19	<1,0
01/10/2003	21,0	8,33	0,13		20	<1,0
16/10/2003	14,8	8,13	0,30		45	<1,0
29/10/2003	10,5	7,87	0,33		30	3,5
12/11/2003	10,3	8,06	0,26		39	6,4
03/12/2003	---	8,1	0,07	---	---	8,1
10/12/2003	6,5	8,08	0,08		39	1,92
25/02/2004	---	8,11	0,32	---	---	23,2
24/03/2004	14,8	8,14	0,11		31	34,8
28/04/2004	23	8,37	<0,02		14	10
04/06/2004	23,7	7,98	0,25		64	<1,0
16/06/2004	27	8,15	0,05		26	<1,0
30/06/2004	29,5	8,12	0,07		27	<1,0
14/07/2004	26	8,06	<0,02		41	<1,0
28/07/2004	26	8,5	0,06		15	<1,0
11/08/2004	29	9,04	0,04		61	<1,0
25/08/2004	26	7,73	0,93		54	<1,0
09/09/2004	24,5	7,8	0,05		15	<1,0
22/09/2004	22	7,9	0,05		50	<1,0
20/10/2004	15,5	8,24	0,03		50	<1,0
17/11/2004	8	7,92	0,28		35	<1,0
16/12/2004	5	7,7	0,06		15	42,6

Tabella 7. - Stazione all'ingresso delle acque a Valle Santa.

**LEGENDA:**

*Rischio di tossicità per presenza di ammoniaca non ionizzata (NH<sub>3</sub>)*

Concentrazione inferiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione uguale o prossima a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione superiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

basso
moderato
alto

Data	Temp. °C	pH	NH4 <sup>+</sup> mg/l	NH3 mg/l	O <sub>2</sub>  100 - O2%sat.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
03/03/2005	2,0	7,85	0,42		33	20,6
24/03/2005	15,0	8,19	0,21		45	43,6
21/04/2005	16,0	7,72	0,47		4	37,4
12/05/2005	19,0	7,75	0,56		39	<1
08/06/2005	22,0	7,41	0,05		38	<1
14/06/2005	23,0	7,55	0,27		49	<1
29/06/2005	31,0	7,87	0,27		40	<1
13/07/2005	26,0	7,74	0,03		28	<1
22/07/2005	29,0	7,73	0,10		17	<1
02/08/2005	28,0	7,63	0,08		20	<1
26/08/2005	24,0	7,86	0,41		60	<1
09/09/2005	23,0	7,67	0,26		64	<1
23/09/2005	19,5	7,62	0,67		47	14,8
18/10/2005	16,0	7,42	0,16		26	15,8
08/11/2005	15,0	7,60	0,31		33	1,2

Tabella 8: Stazione all'ingresso delle acque a Valle Santa.

#### LEGENDA:

*Rischio di tossicità per presenza di ammoniaca non ionizzata (NH<sub>3</sub>)*

Concentrazione inferiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione uguale o prossima a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione superiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

basso
moderato
alto

Data	Temp. °C	pH	NH4+ mg/l	NH3 mg/l	O2  100 - O2%sat.	NO3 mg/l
21/05/2003	23,0	7,86	0,22		41	<1,0
04/06/2003	28,2	8,16	0,35		25	<1,0
18/06/2003	28,1	8,33	0,02		35	<1,0
02/07/2003	31,8	9,16	0,06		62	<1,0
16/07/2003	29,5	8,51	0,07		22	<1,0
28/07/2003	28,0	8,21	0,08		15	<1,0
13/08/2003	30,3	8,17	0,03		1	<1,0
03/09/2003	21,2	7,61	0,05		42	<1,0
17/09/2003	25,0	8,3	0,22		27	<1,0
01/10/2003	20,0	7,91	0,43		49	<1,0
16/10/2003	16,0	7,76	1,04		81	<1,0
29/10/2003	9,5	7,67	0,88		64	1,0
12/11/2003	-----	7,89	0,22	-----	----	3,7
03/12/2003	11,0	7,89	0,08		47	1,5
10/12/2003	6,2	8,02	0,10		37	1,3
25/02/2004	8,0	7,90	0,14		49	9,7
24/03/2004	13,5	8,03	0,11		40	23,9
28/04/2004	22,0	7,97	< 0,02		39	4,7
04/06/2004	23,8	7,79	0,04		73	<1,0
16/06/2004	30,5	8,15	0,03		13	<1,0
30/06/2004	29,0	7,90	0,02		49	<1,0
14/07/2004	26,0	8,20	< 0,02		41	<1,0
28/07/2004	27,0	8,14	0,06		1	<1,0
11/08/2004	27,5	8,52	0,04		22	<1,0
25/08/2004	26,0	8,20	1,30		24	<1,0
09/09/2004	23,0	7,79	0,07		23	2,0
22/09/2004	25,0	8,22	0,04		2	<1,0
20/10/2004	15,0	8,06	0,04		50	<1,0
17/11/2004	10,0	7,74	0,42		42	<1,0
16/12/2004	6,0	7,98	0,22		46	26,8

Tabella 9: Stazione all'uscita delle acque da Valle Santa.

**LEGENDA:**

*Rischio di tossicità per presenza di ammoniaca non ionizzata (NH<sub>3</sub>)*

Concentrazione inferiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione uguale o prossima a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione superiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

basso
moderato
alto

Data	Temp. °C	pH	NH4+ mg/l	NH3 mg/l	O2  100 - O2%sat.	NO3 mg/l
03/03/2005	2,0	7,93	0,62		31	5,4
24/03/2005	15,0	8,15	0,18		41	48,1
21/04/2005	16,0	7,82	0,3		10	20,9
12/05/2005	19,0	7,45	0,75		74	<1
08/06/2005	22,0	7,19	0,09		43	<1
14/06/2005	23,0	7,44	0,23		63	<1
29/06/2005	31,0	7,80	0,25		45	<1
13/07/2005	25,0	7,55	0,03		57	<1
22/07/2005	28,0	7,93	0,03		43	<1
02/08/2005	27,0	7,29	0,03		51	<1
26/08/2005	24,5	7,78	0,2		36	<1
09/09/2005	22,0	7,77	0,15		82	<1
23/09/2005	19,5	7,59	0,22		38	<1
18/10/2005	16,0	7,03	0,25		59	4,4
08/11/2005	15,0	7,31	0,52		46	1,5

Tabella 10: Stazione all'uscita delle acque da Valle Santa.

#### LEGENDA:

*Rischio di tossicità per presenza di ammoniaca non ionizzata (NH<sub>3</sub>)*

Concentrazione inferiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione uguale o prossima a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

Concentrazione superiore a 0,025 mg/l NH<sub>3</sub>

basso
moderato
alto

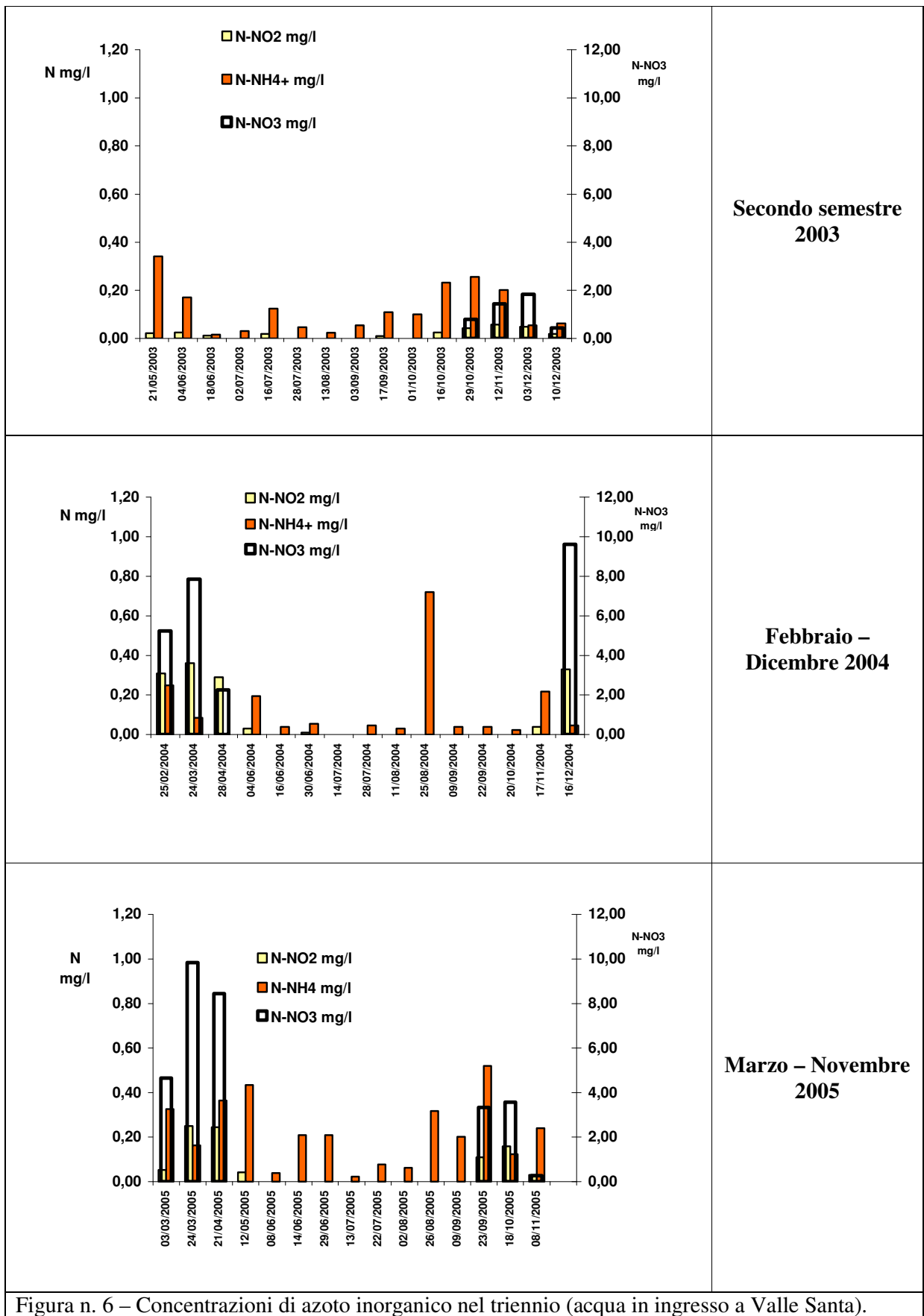


Figura n. 6 – Concentrazioni di azoto inorganico nel triennio (acqua in ingresso a Valle Santa).

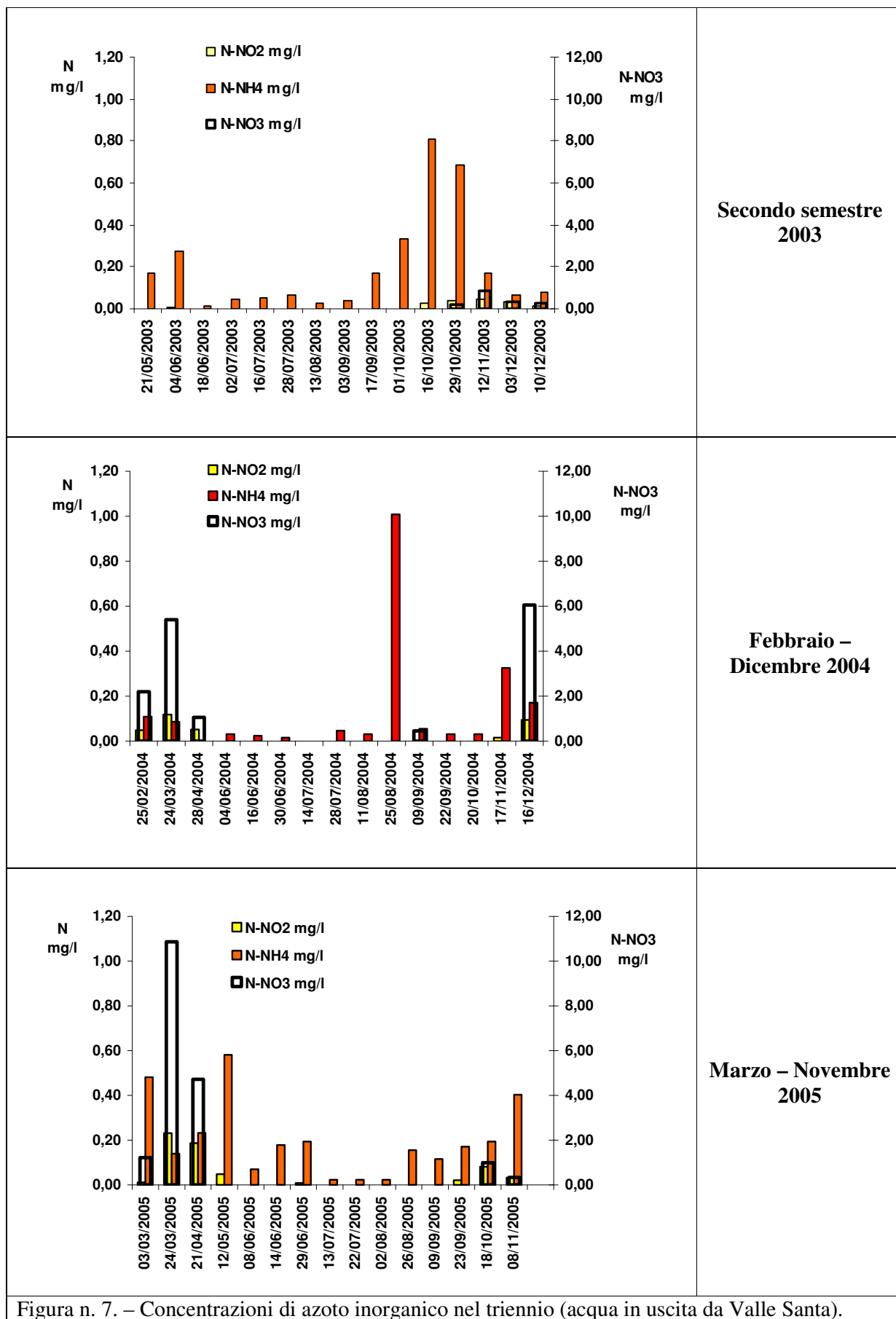


Figura n. 7. – Concentrazioni di azoto inorganico nel triennio (acqua in uscita da Valle Santa).

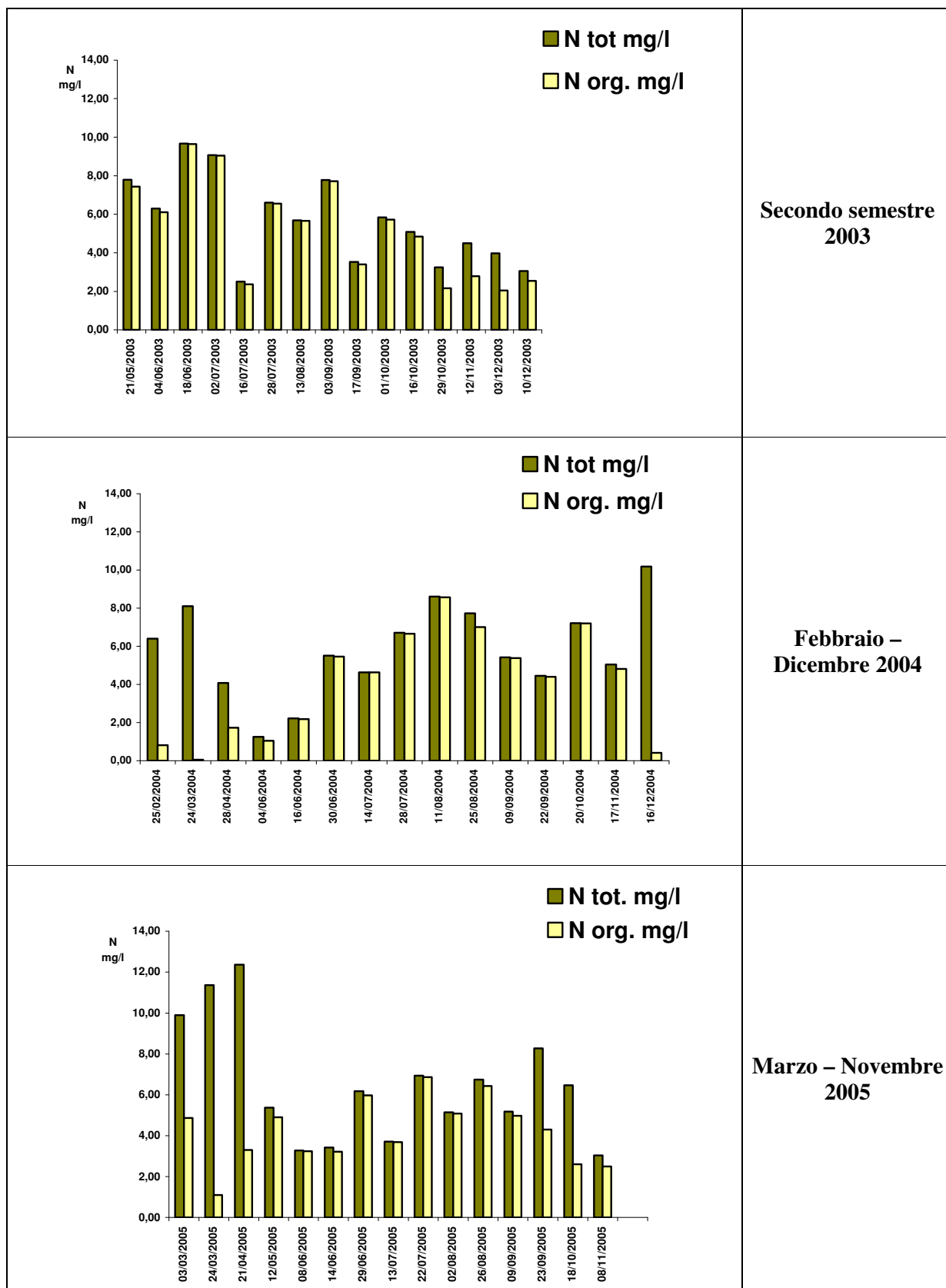


Figura n. 8. – Concentrazioni di azoto organico nel triennio (acqua in ingresso a Valle Santa).

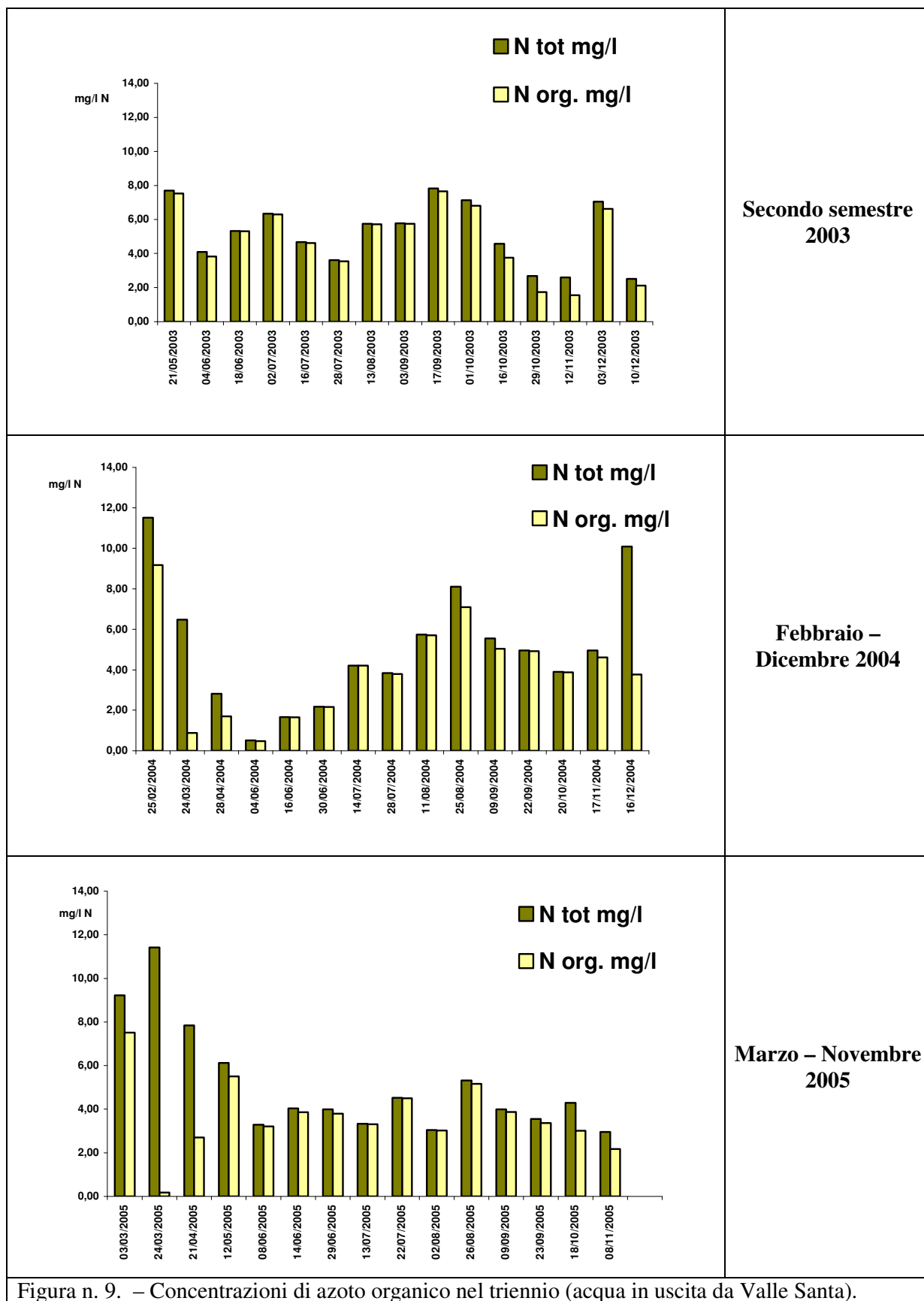
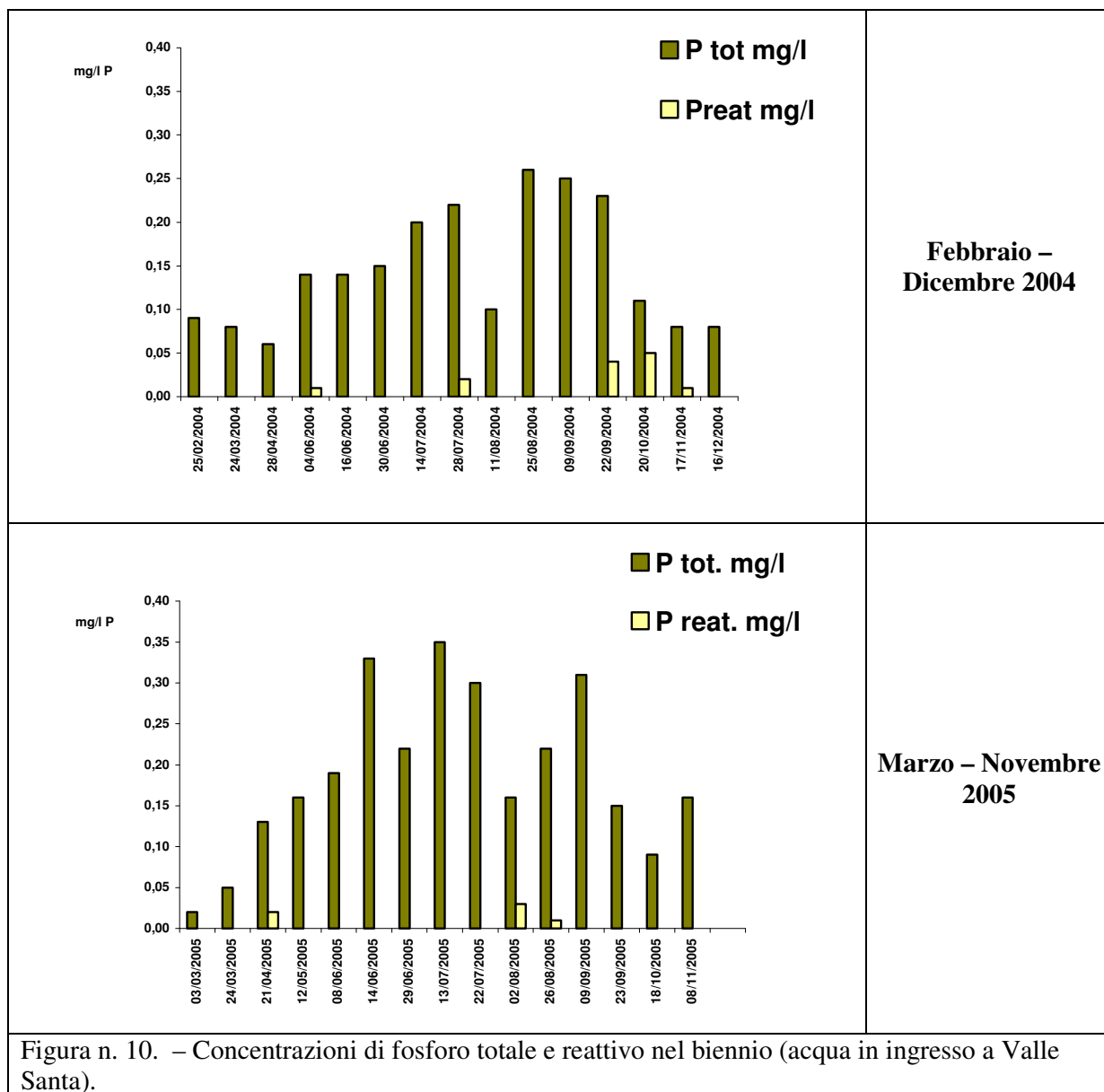


Figura n. 9. – Concentrazioni di azoto organico nel triennio (acqua in uscita da Valle Santa).



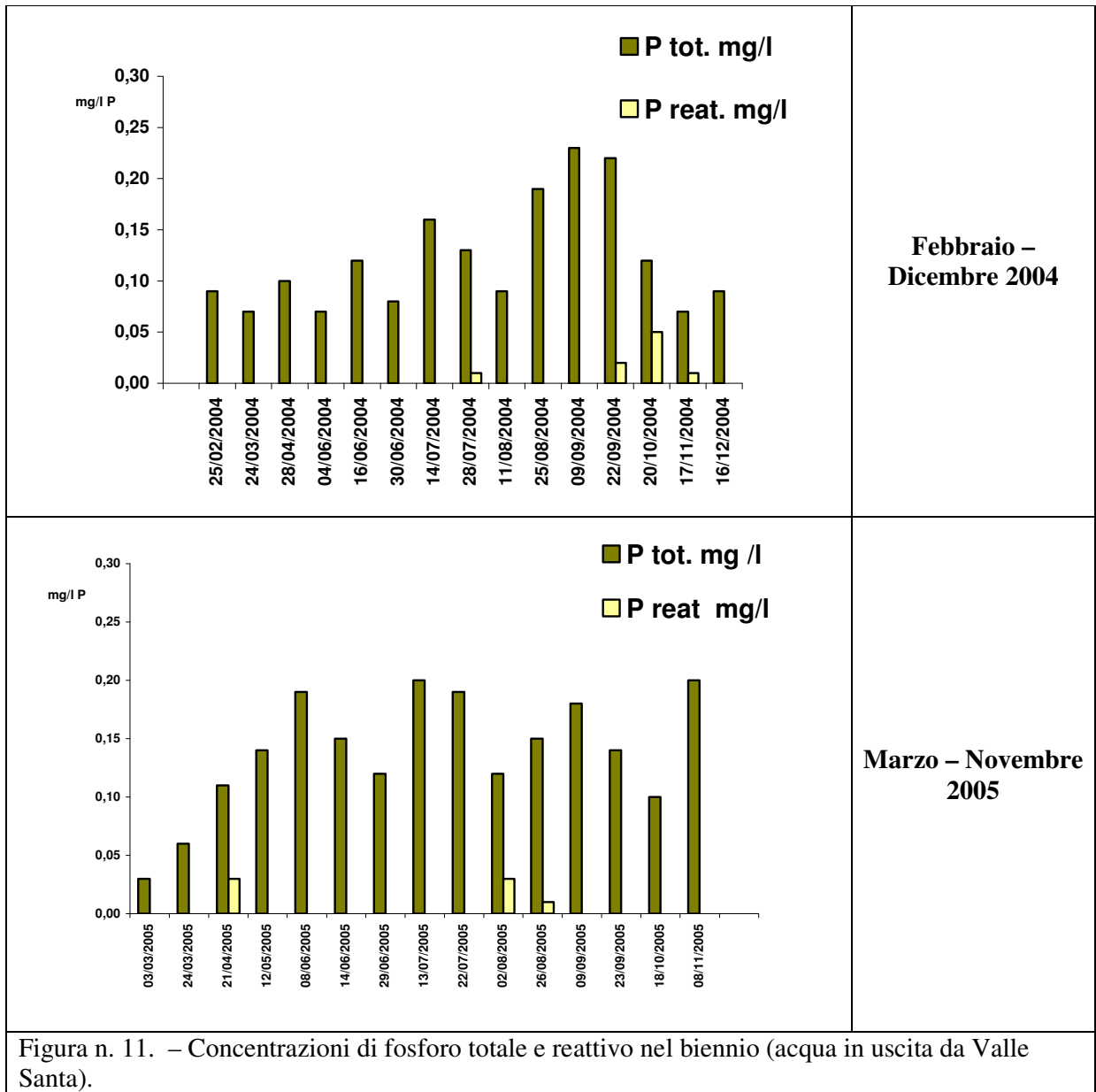


Figura n. 11. – Concentrazioni di fosforo totale e reattivo nel biennio (acqua in uscita da Valle Santa).

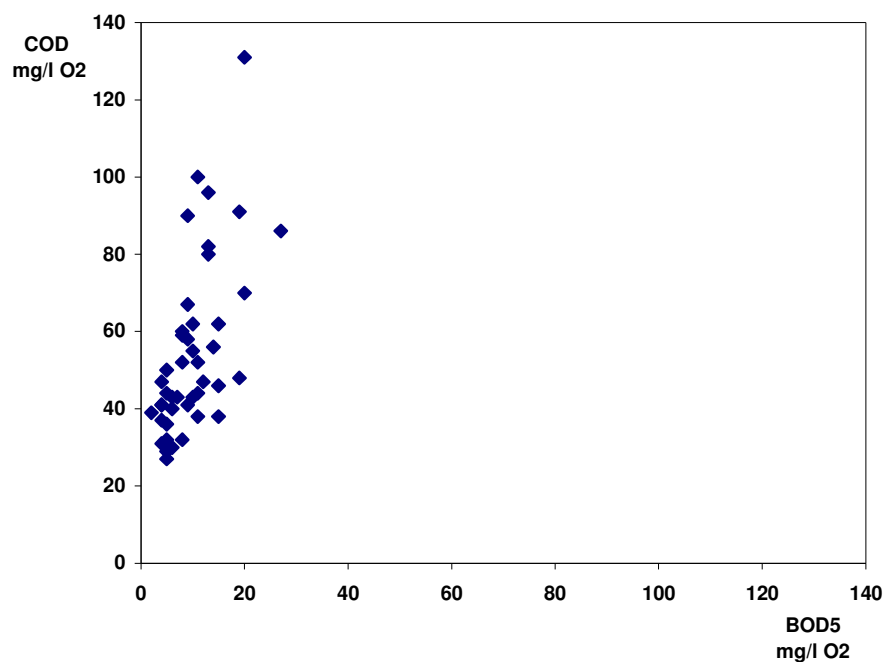


Figura n. 12 – Correlazione tra BOD<sub>5</sub> e COD nel triennio (acqua in ingresso a Valle Santa).

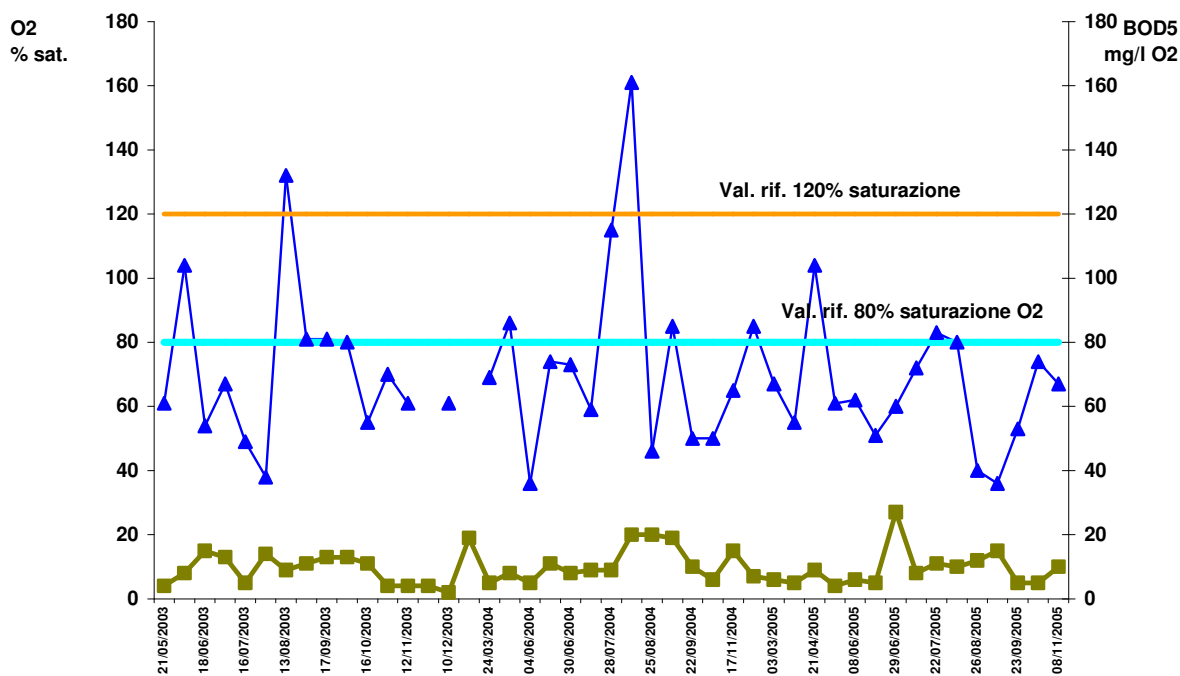


Figura n. 13 – BOD<sub>5</sub> e percentuali di saturazione di ossigeno nel triennio (acqua in ingresso a Valle Santa).

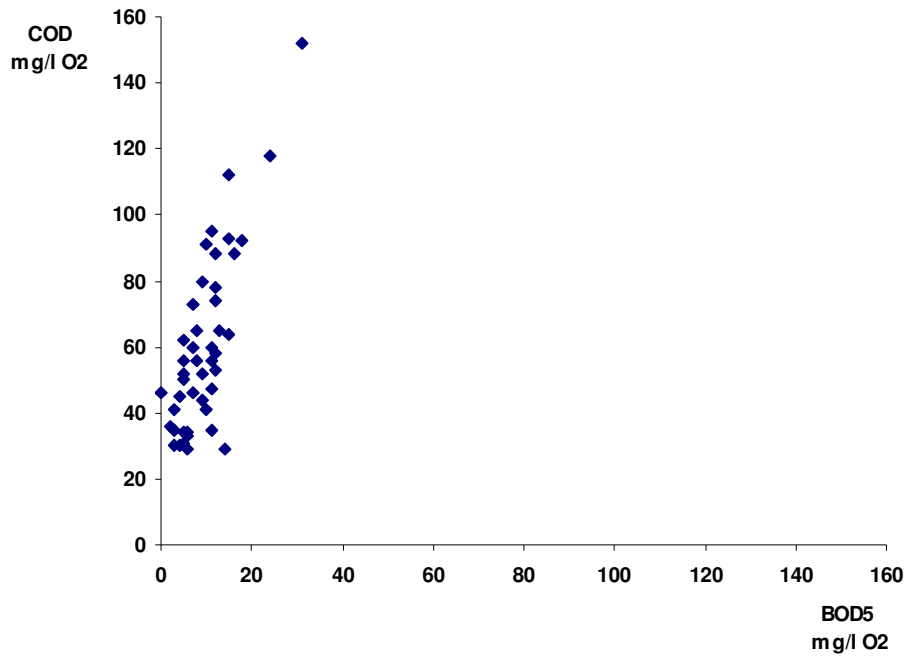


Figura n. 14 – Correlazione tra BOD<sub>5</sub> e COD nel triennio (acqua in uscita da Valle Santa).

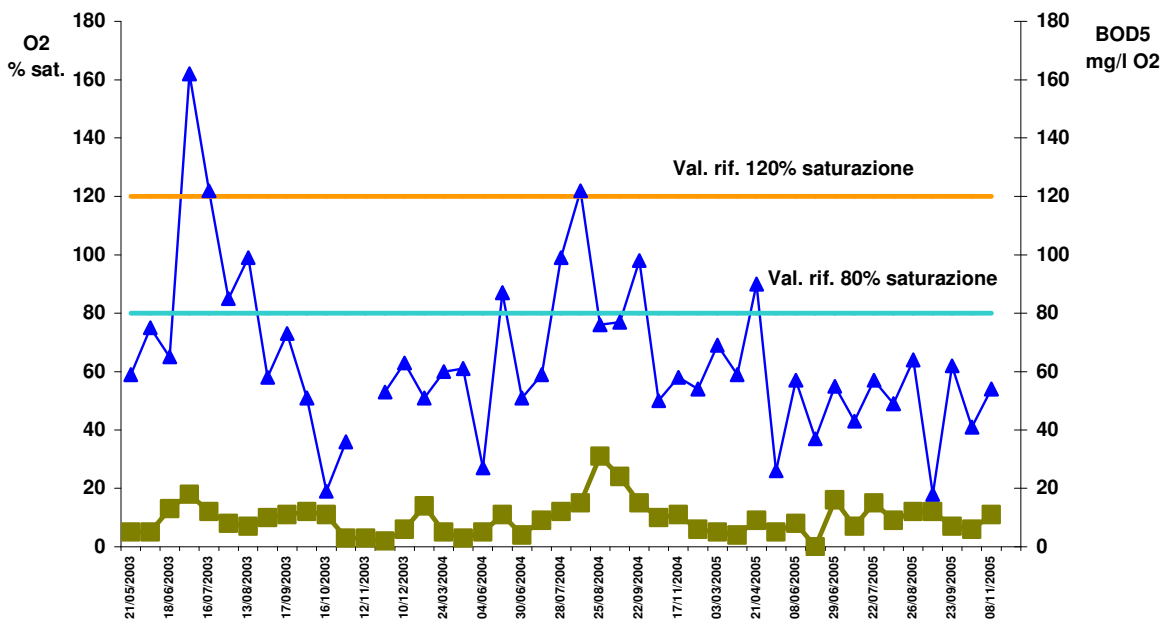


Figura n. 15 – BOD<sub>5</sub> e percentuali di saturazione di ossigeno nel triennio (acqua in uscita da Valle Santa).

<b>Entrata</b>	<b>Prof.</b>	<b>Temp.</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>pH</b>
	<b>cm</b>	<b>°C</b>	<b>ppm</b>	<b>% sat.</b>	
	<b>20</b>	<b>27.7</b>	<b>6.1</b>	<b>77.8</b>	<b>8.3</b>
	30	26.6	5.3	65.8	8.2
	40	27.3	4.2	52.9	8.2
	50	26.1	3.5	43.8	8.1
	60	26.0	2.4	29.3	8.0
	70	26.4	2.3	28.8	8.1

<b>Centro</b>	<b>Prof.</b>	<b>Temp.</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>pH</b>
	<b>cm</b>	<b>°C</b>	<b>ppm</b>	<b>% sat.</b>	
	<b>20</b>	<b>26.9</b>	<b>4.2</b>	<b>52.6</b>	<b>8.3</b>
	30	26.5	3.2	39.3	8.2
	40	26.5	3.0	37.7	8.2
	50	26.2	2.8	34.1	8.1
	60	26.5	3.4	42.4	8.1
	70	26.6	3.3	40.8	8.2
	80	26.8	3.2	40.4	8.2

<b>Uscita</b>	<b>Prof.</b>	<b>Temp.</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>pH</b>
	<b>cm</b>	<b>°C</b>	<b>ppm</b>	<b>% sat.</b>	
	<b>20</b>	<b>26.3</b>	<b>5.0</b>	<b>62.3</b>	<b>7.9</b>
	30	26.1	4.6	56.9	7.9
	40	25.8	4.0	49.5	7.9
	50	24.8	3.0	36.7	7.8
	60	25.2	3.0	36.3	7.8
	70	25.1	3.1	38.2	7.8
	80	25.4	3.7	45.3	7.8
	90	25.2	3.3	39.6	7.8
	100	25.2	2.8	33.8	7.8
	110	25.2	2.6	31.7	7.8

Tabella 12. - Valori registrati con sonda automatica il 4 giugno 2004 presso la stazione 1 (ingresso dell'acqua).

Prof.	Temp.	Cond.	Sal.	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	pH	Chl-a
cm	°C	mS/cm	psu	ppm	% sat.		µg/L
10	20.49	0.545	0.291	5.22	58	8.55	17.6
20	20.53	0.469	0.249	5.1	56.8	8.46	17.7
30	20.426	0.428	0.227	5.11	56.7	8.39	19.2
40	20.243	0.431	0.23	4.39	48.6	8.33	19.8
50	20.222	0.431	0.23	4.53	50.1	8.35	20.6
60	20.219	0.428	0.228	4.37	48.3	8.34	22.9
70	20.231	0.431	0.23	4.39	48.6	8.33	22.5
80	20.24	0.42	0.224	4.49	49.6	8.34	23.7
90	20.198	0.424	0.226	4.7	51.9	8.37	24.3
100	20.219	0.431	0.23	4.88	53.9	8.39	21.7
110	20.188	0.42	0.224	4.65	51.4	8.37	21.4

Prof.	Temp.	Cond.	Sal.	O <sub>2</sub> ppm	O <sub>2</sub>	pH	Chl-a
cm	°C	mS/cm	psu	ppm	% sat.		µg/L
10	21.2	0.5	0.2	4.8	53.6	7.8	17.1
20	21.6	0.5	0.2	4.0	45.9	7.8	18.0
30	21.0	0.5	0.2	4.1	45.8	7.8	18.0
40	20.4	0.5	0.2	3.0	32.8	7.6	19.1
50	20.1	0.5	0.2	1.5	16.6	7.5	18.4
60	20.0	0.5	0.2	0.9	10.2	7.5	23.4
70	19.9	0.5	0.2	0.4	4.7	7.4	19.1
80	19.9	0.5	0.2	0.4	4.5	7.4	21.1
90	19.9	0.5	0.3	0.4	4.4	7.4	21.0
100	19.9	0.5	0.2	0.4	4.2	7.4	22.0
110	19.9	0.5	0.2	0.4	4.0	7.4	20.0
120	19.9	0.4	0.2	0.6	7.0	7.4	19.2

Tabella 13. - Valori registrati il 3 settembre 2004 nelle due stazioni (ingresso ed uscita dell'acqua).

### Entrata

Prof.	Temp.	Sal.	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	pH	Chl-a
cm	°C	psu	ppm	% sat.		µg/L
10	19.4	0.3	5.6	61.2	7.9	25.6
20	18.8	0.3	4.3	46.2	7.9	29.4
30	18.9	0.3	3.5	38.1	7.8	31.9
40	18.8	0.3	3.3	35.7	7.8	32.2
50	18.8	0.3	3.1	33.6	7.8	30.7
60	18.7	0.3	3.0	31.6	7.8	29.0
70	18.7	0.3	2.7	29.2	7.7	29.8
80	18.6	0.3	2.1	22.2	7.7	30.2
90	18.4	0.3	1.6	17.1	7.7	33.6
100	18.3	0.3	1.1	11.6	7.7	33.9
110	18.3	0.3	0.9	10.0	7.7	41.6

### Uscita

Prof.	Temp.	Sal.	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	pH	Chl-a
cm	°C	psu	ppm	% sat.		µg/L
10	20.9	0.2	9.0	101.3	8.1	27.0
20	20.9	0.3	9.0	100.8	8.5	28.5
30	20.8	0.2	9.0	101.2	8.5	28.4
40	20.8	0.2	8.8	98.5	8.5	28.0
50	20.8	0.3	8.6	96.6	8.5	28.1
60	20.8	0.2	8.6	96.3	8.5	25.7
70	20.7	0.3	8.5	95.0	8.5	30.8
80	20.7	0.2	8.1	90.4	8.5	28.9
90	20.7	0.2	8.1	90.7	8.5	31.8
100	20.7	0.3	8.0	89.5	8.5	30.9

Tabella 14 - Valori registrati il 1 ottobre 2004 nelle due stazioni (orario 12.56).

	Mea.Time	Temp	O <sub>2</sub> ppm	O <sub>2</sub> %	pH	Chl-a
15/09/2004	12.28.52	22.169	3.98	45.7	8.17	32.9
15/09/2004	13.28.52	22.087	3.29	37.7	8.03	28.6
15/09/2004	14.28.52	22.044	2.52	28.9	7.94	36.4
15/09/2004	15.28.52	22.718	5.26	61	8.32	37.6
15/09/2004	16.28.52	22.752	5.44	63.2	8.38	24.2
15/09/2004	17.28.52	22.846	6.05	70.4	8.41	36.3
15/09/2004	18.28.52	22.831	6.46	75.1	8.41	35
15/09/2004	19.28.52	22.871	5.95	69.3	8.32	30.3
15/09/2004	20.28.52	23.036	7.79	91	8.57	29.7
15/09/2004	21.28.52	22.895	7.3	85	8.51	31.2
15/09/2004	22.28.52	22.776	6.79	78.8	8.61	26.5
15/09/2004	23.28.52	22.669	6.73	78	8.55	30.4
<b>16/09/2004</b>	<b>0.28.52</b>	<b>22.538</b>	<b>6.49</b>	<b>75</b>	<b>8.51</b>	<b>25.1</b>
16/09/2004	1.28.52	22.438	6.04	69.7	8.41	29.5
16/09/2004	2.28.52	22.303	5.07	58.3	8.3	28.7
16/09/2004	3.28.52	22.242	5.76	66.2	8.23	28.5
16/09/2004	4.28.52	22.016	5.99	68.5	8.28	30.3
16/09/2004	5.28.52	21.702	5.67	64.5	8.31	29.3
16/09/2004	6.28.52	21.446	5.66	64	8.4	29
16/09/2004	7.28.52	21.318	5.33	60.2	8.35	30.4
16/09/2004	8.28.52	20.991	4.98	55.9	8.25	28
16/09/2004	9.28.52	21.092	5.55	62.3	8.17	30.2
16/09/2004	10.28.52	20.866	5.17	57.9	8.18	28.1
16/09/2004	11.28.52	20.732	5.88	65.6	8.23	31.8
16/09/2004	12.28.52	20.603	6.24	69.5	8.26	33.5
16/09/2004	13.28.52	20.451	5.74	63.7	8.28	28.1
16/09/2004	14.28.52	20.68	6	66.8	8.37	29.5
16/09/2004	15.28.52	20.637	5.72	63.7	8.29	28.1
16/09/2004	16.28.52	20.436	5.28	58.5	8.21	31.2
16/09/2004	17.28.52	20.387	5.98	66.2	8.33	31
16/09/2004	18.28.52	20.594	7.22	80.3	8.44	34.7
16/09/2004	19.28.52	20.643	7.33	81.6	8.47	31.6
16/09/2004	20.28.52	20.674	7.02	78.2	8.43	30.7
16/09/2004	21.28.52	20.652	6.15	68.4	8.39	30.9
16/09/2004	22.28.52	20.64	6.44	71.7	8.47	28
16/09/2004	23.28.52	20.57	5.88	65.4	8.4	24.6
<b>17/09/2004</b>	<b>0.28.52</b>	<b>20.451</b>	<b>5.64</b>	<b>62.6</b>	<b>8.37</b>	<b>26.7</b>
17/09/2004	1.28.52	20.323	5.07	56.1	8.29	24.3
17/09/2004	2.28.52	20.198	5.04	55.7	8.22	25.4
17/09/2004	3.28.52	20.143	5.48	60.4	8.26	28.7
17/09/2004	4.28.52	20.085	5.14	56.6	8.18	27
17/09/2004	5.28.52	19.987	5.55	61	8.2	29.6
17/09/2004	6.28.52	19.758	4.9	53.6	8.13	29.1
17/09/2004	7.28.52	19.648	4.6	50.2	8.18	28.6
17/09/2004	8.28.52	19.636	4.9	53.5	8.16	33.1

Tabella 15 - Registrazione in continuo ogni ora presso la stazione 1 (ingresso dell'acqua) il 15-16 e 17 settembre 2004.

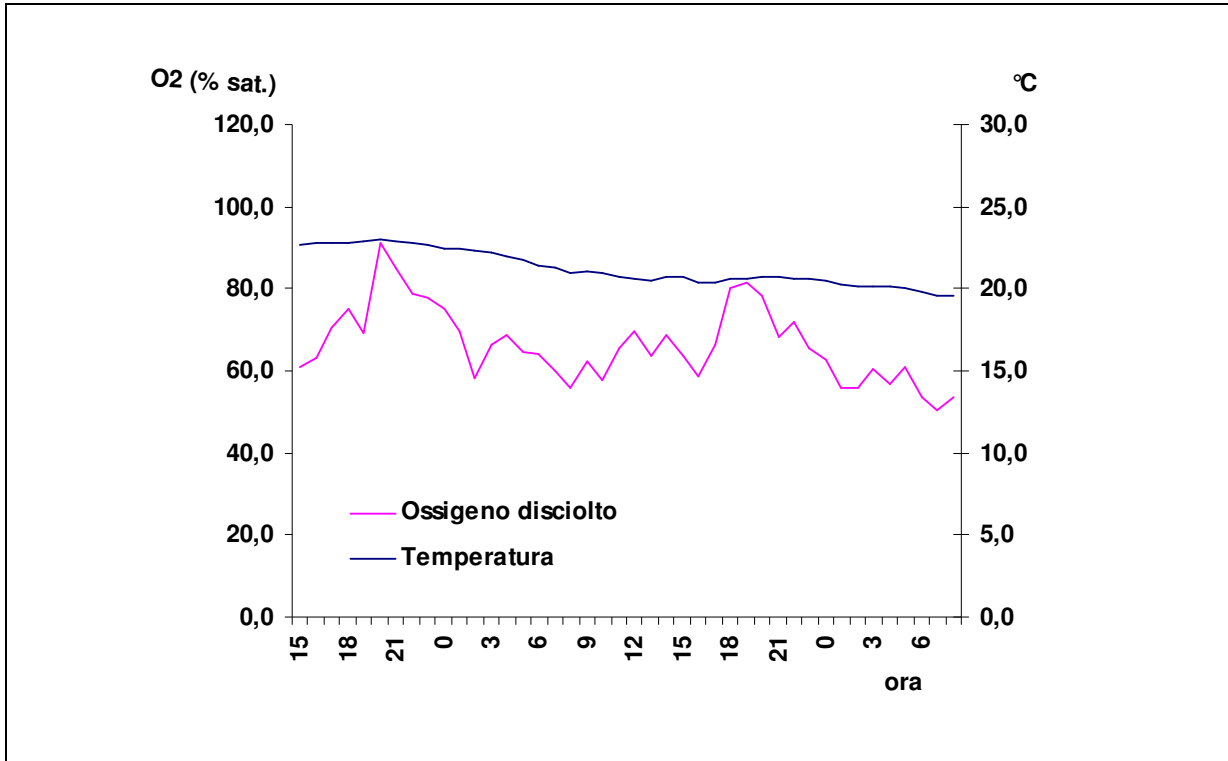
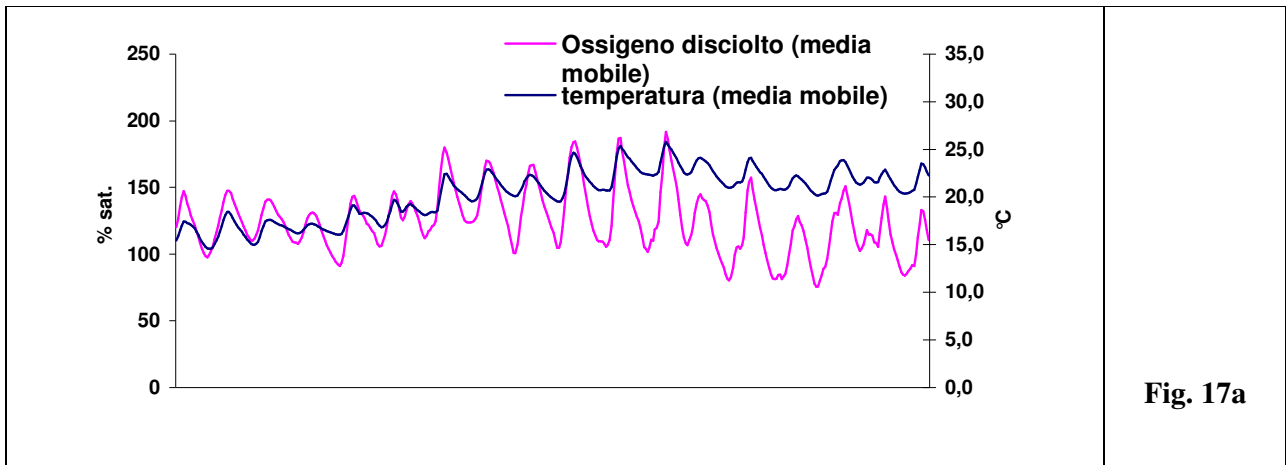
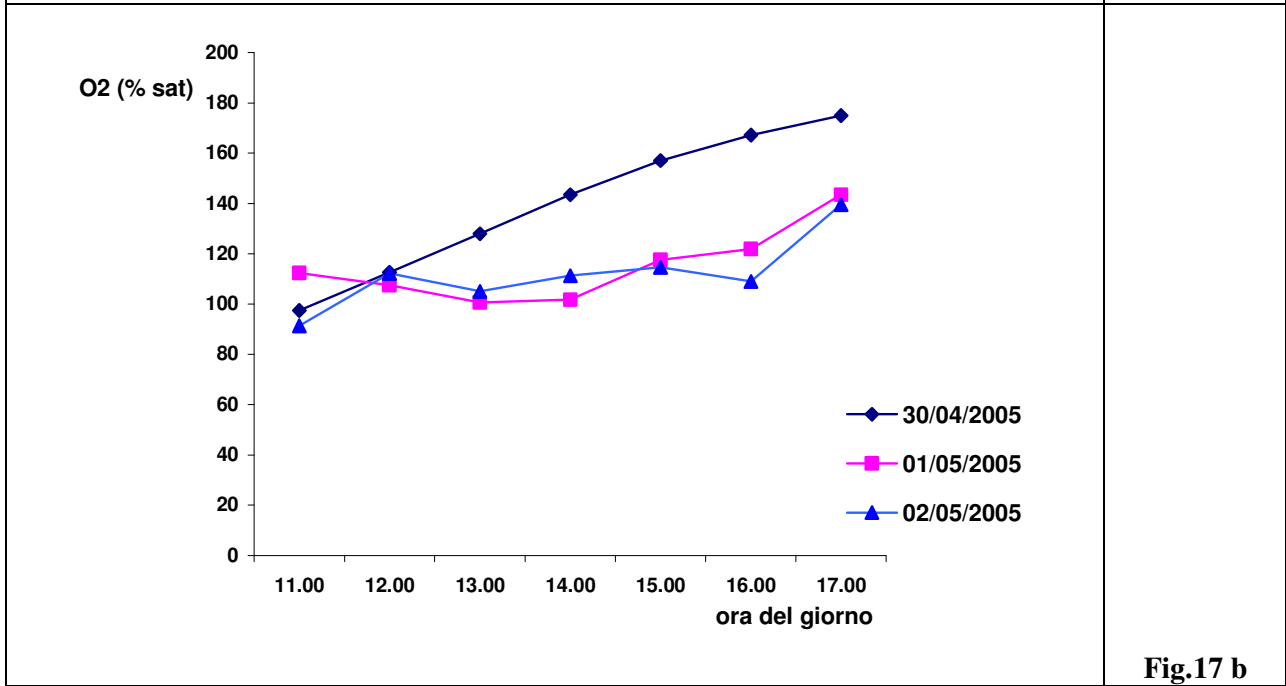


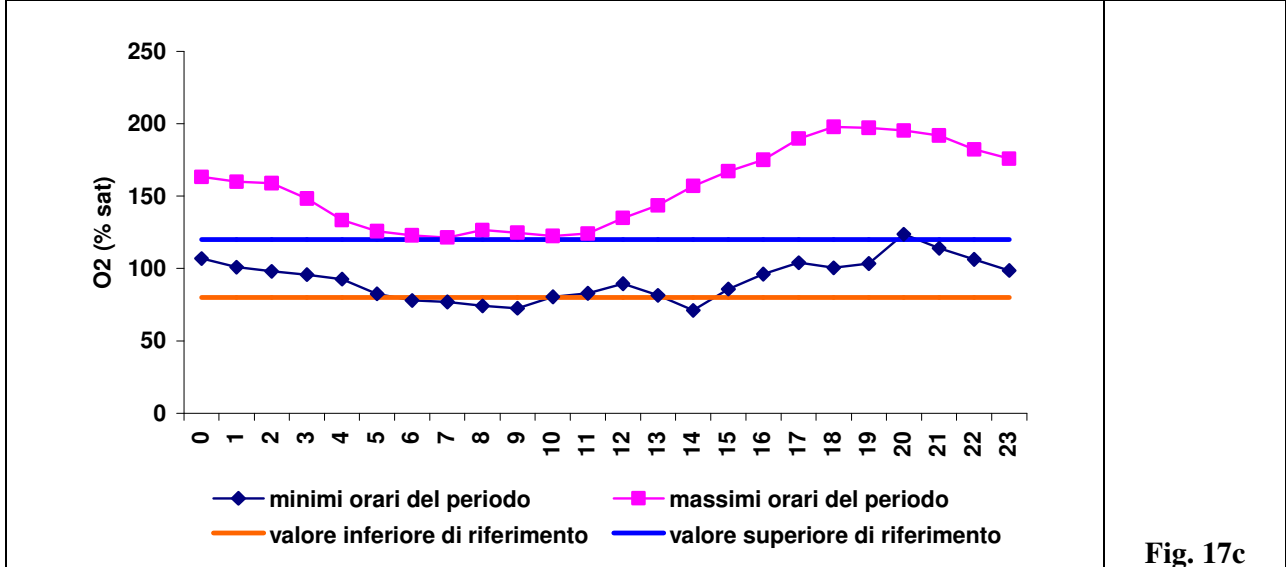
Figura n. 16. – Andamento del temperatura dell'acqua e dell'ossigeno dal 15 al 17 settembre 2004.



**Fig. 17a**



**Fig.17 b**



**Fig. 17c**

Fig. 17. – Elaborazioni dei dati di saturazione dell’ossigeno della stazione 1 dal 21/04 all’8/05/2005.

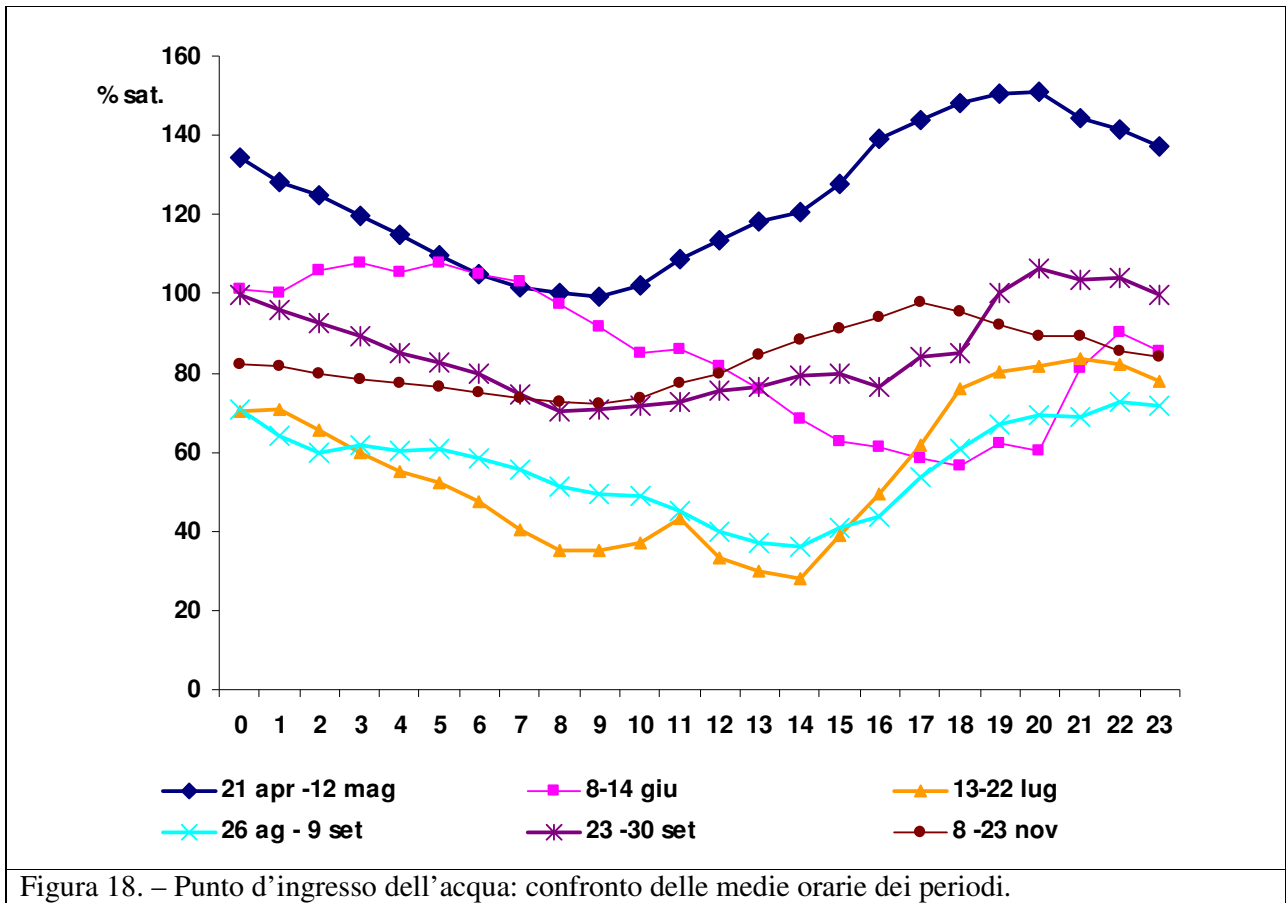


Figura 18. – Punto d'ingresso dell'acqua: confronto delle medie orarie dei periodi.

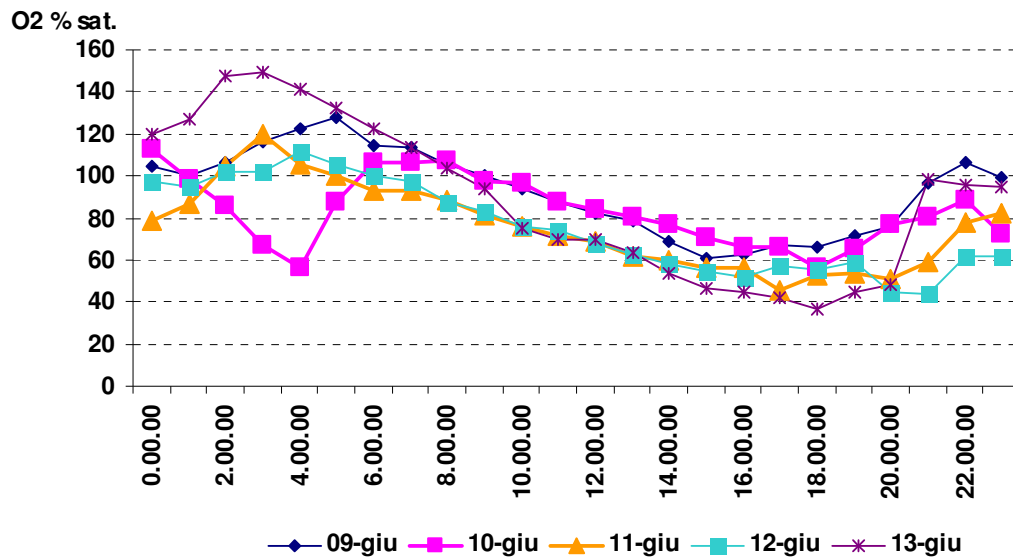


Figura 19 – Punto d'ingresso dell'acqua: andamenti giornalieri dal 9 al 13 giugno 2005.

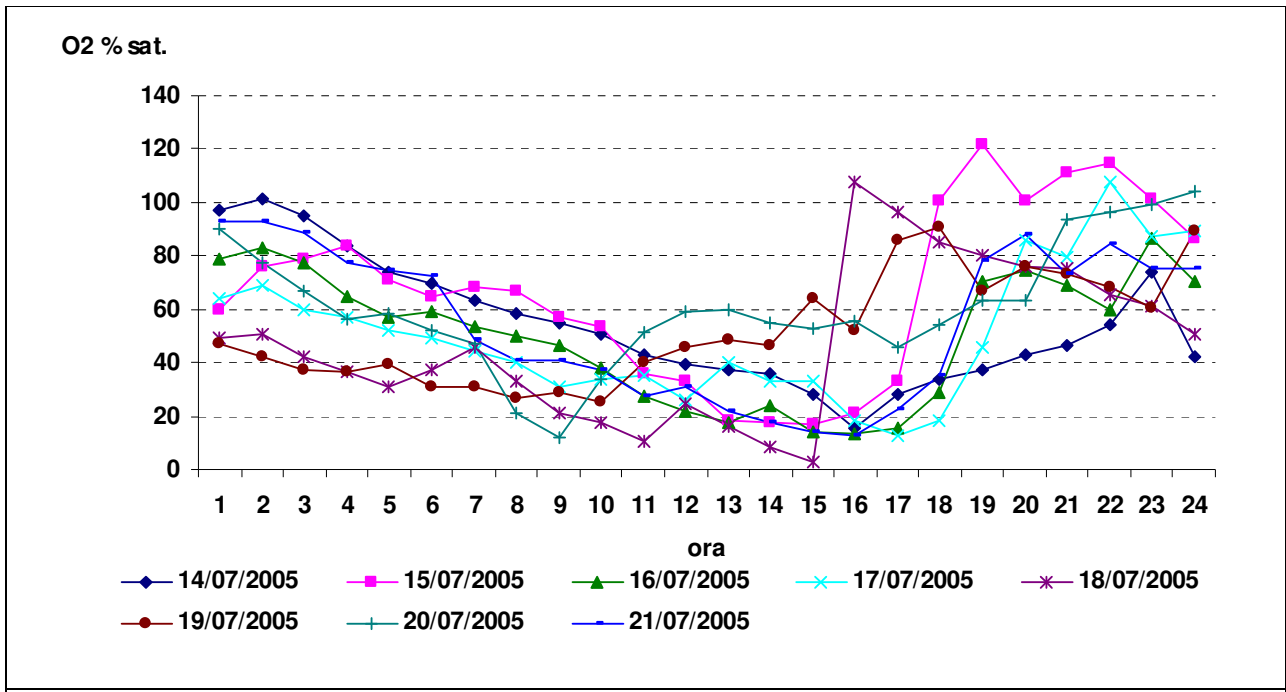


Figura 20 – Punto d’ingresso dell’acqua: andamenti giornalieri dal 14 al 21 luglio 2005.

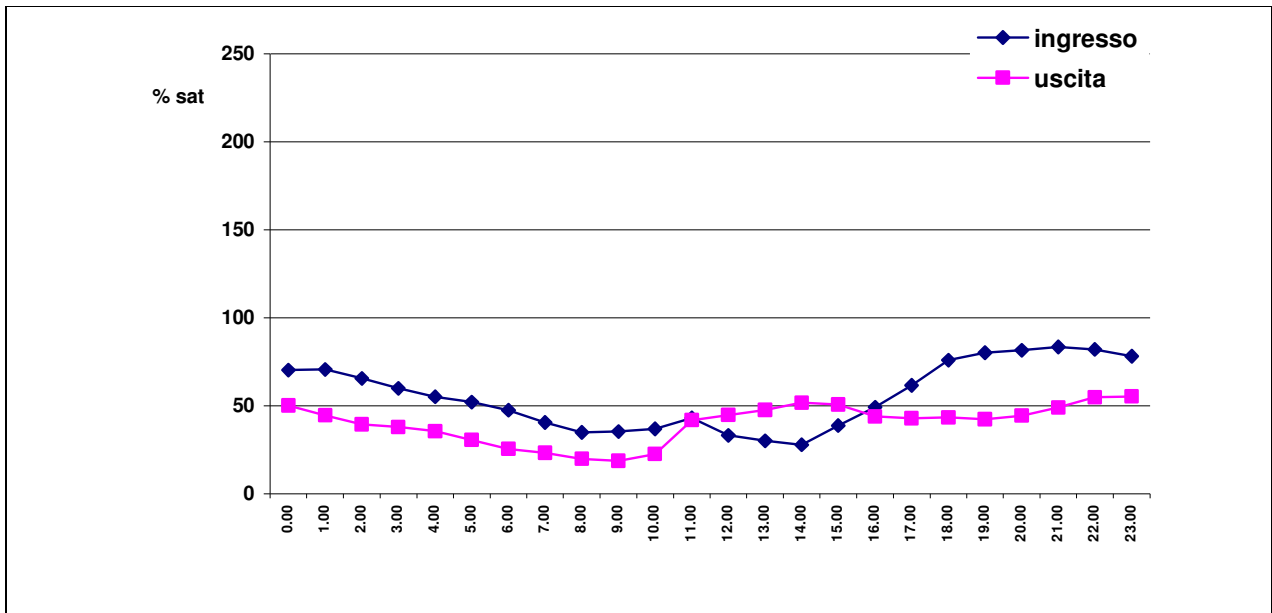


Figura 21. – Punto d’uscita dell’acqua: valori medi orari dell’ossigeno riferiti al periodo dal 13/7/2005 al 22/7/2005.

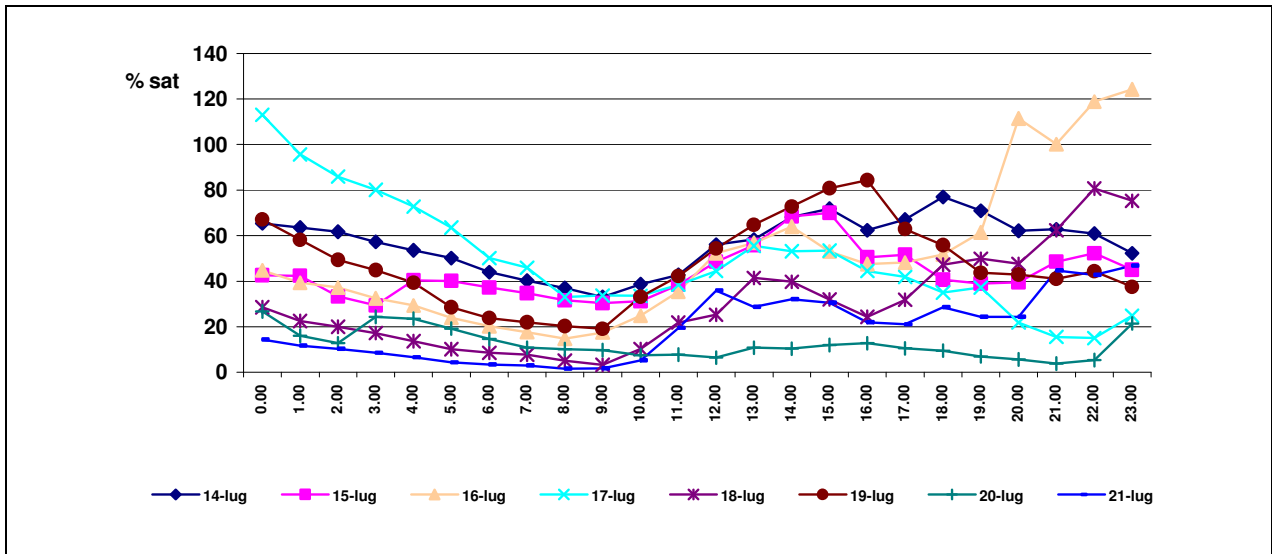


Figura 22. – Punto d’uscita dell’acqua: valori orari dell’ossigeno, espresso in percentuale di saturazione, misurati dal 14/7/2005 al 21/7/2005: acqua in uscita da Valle Santa.

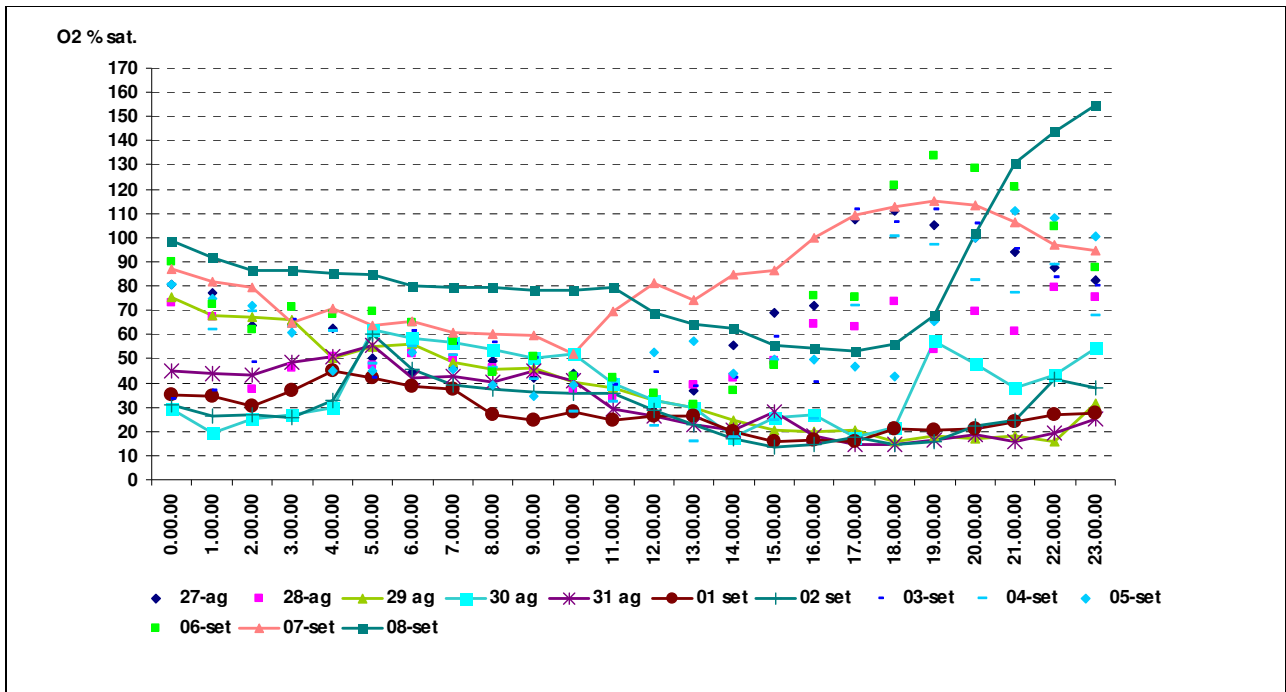


Figura 23 – Punto d’ingresso dell’acqua: andamenti giornalieri dal 27 al 8 settembre 2005.

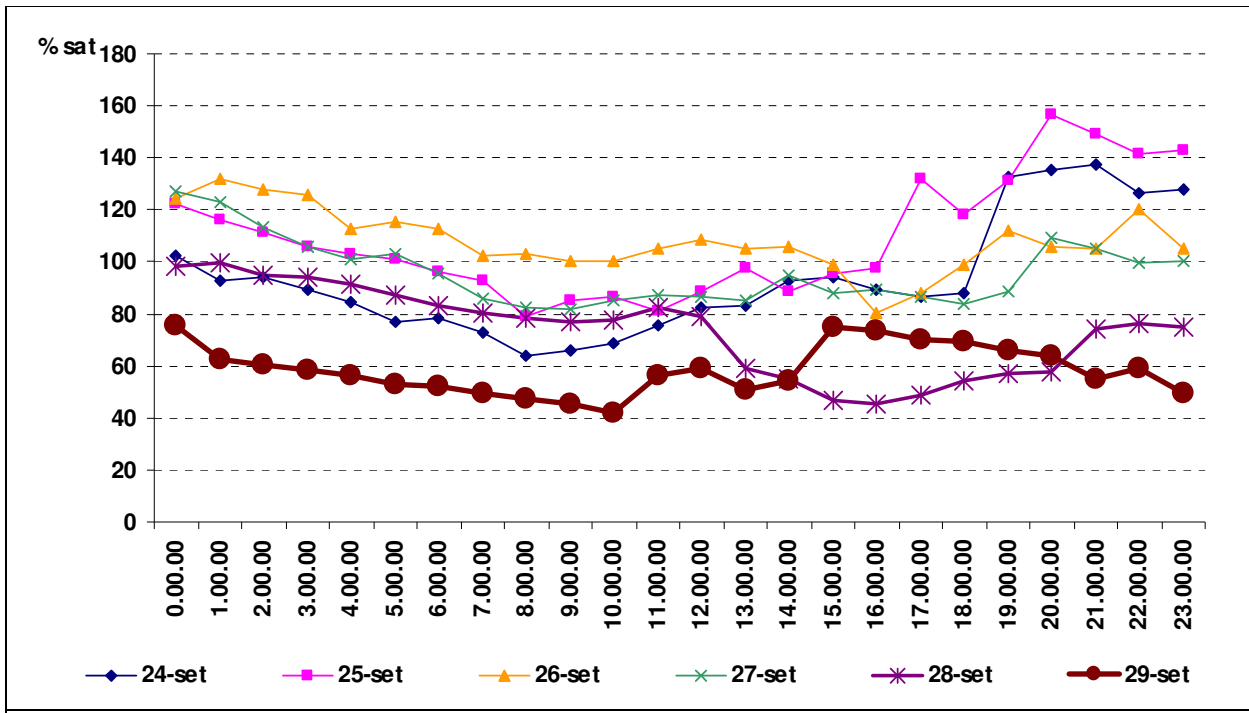


Figura 24. – Punto d'ingresso dell'acqua: andamenti giornalieri dal 24 al 29 settembre 2005.

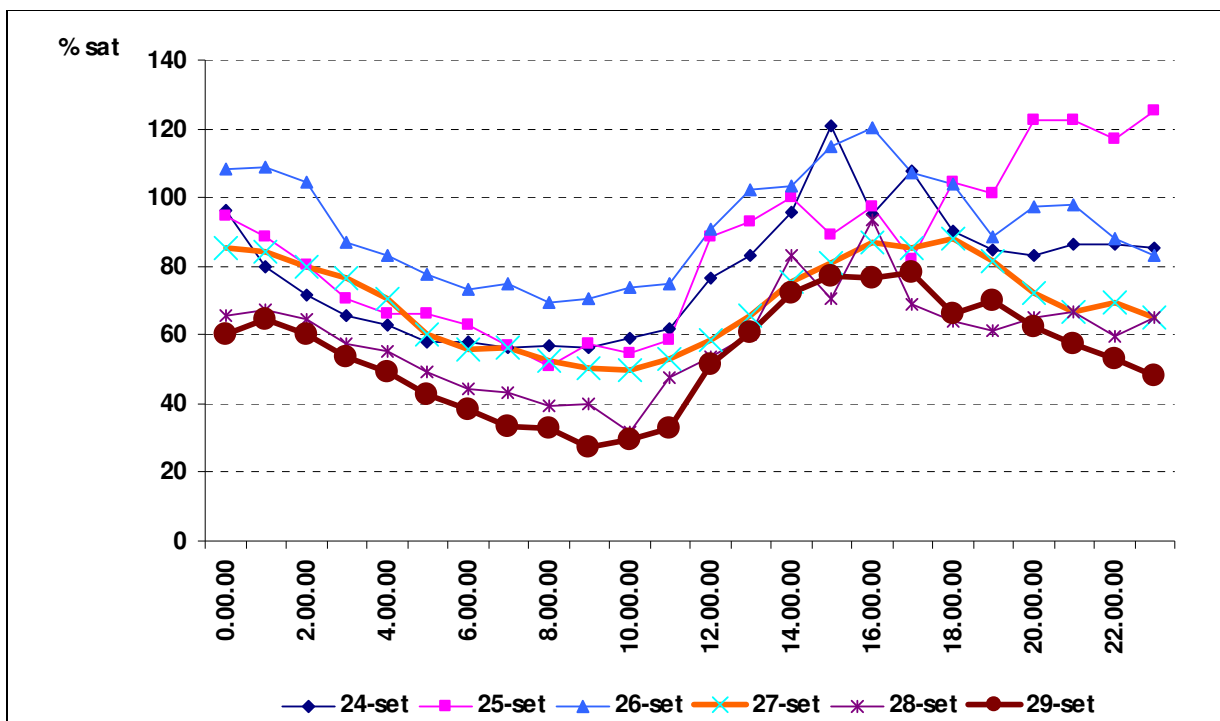


Fig. 25. – Punto d'uscita dell'acqua: valori di saturazione d'ossigeno misurati nel periodo dal 24 al 29 settembre 2005.

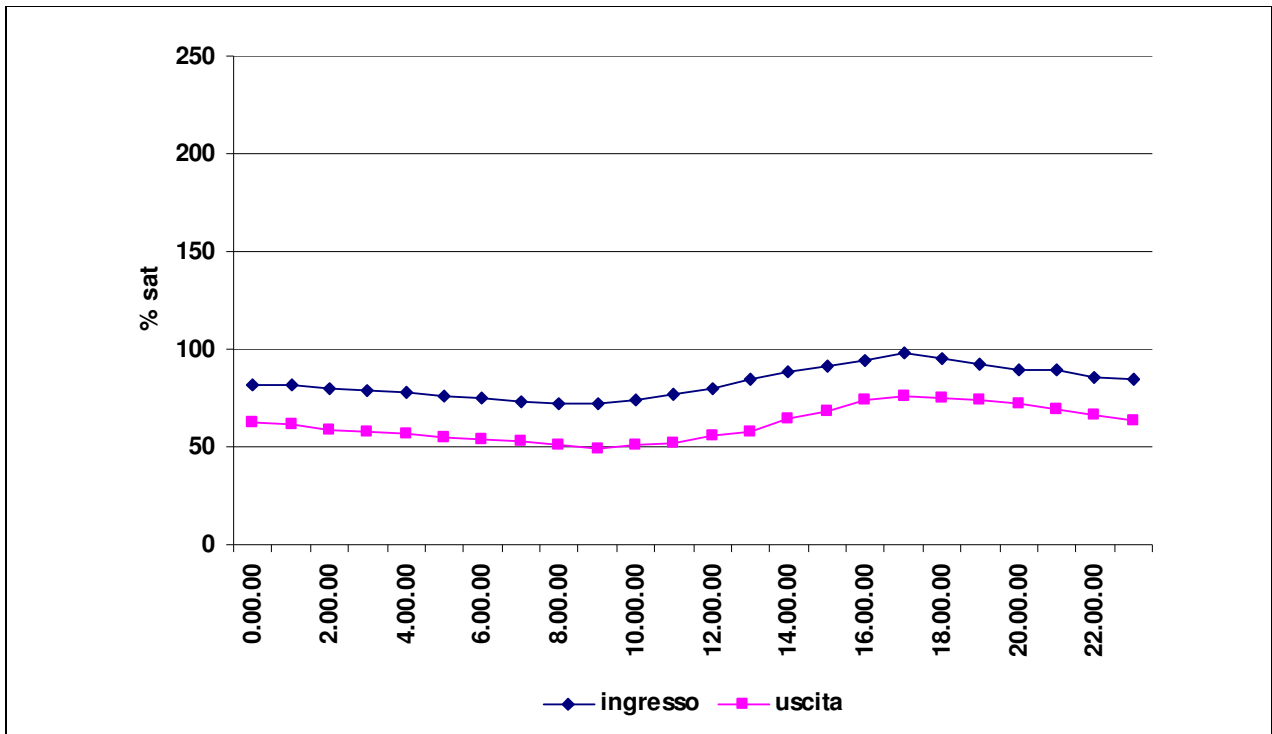


Fig. 26. - Valori medi orari dal 9/11/2005 al 23/11/2005 : confronto tra i punti d'ingresso ed uscita dell'acqua.

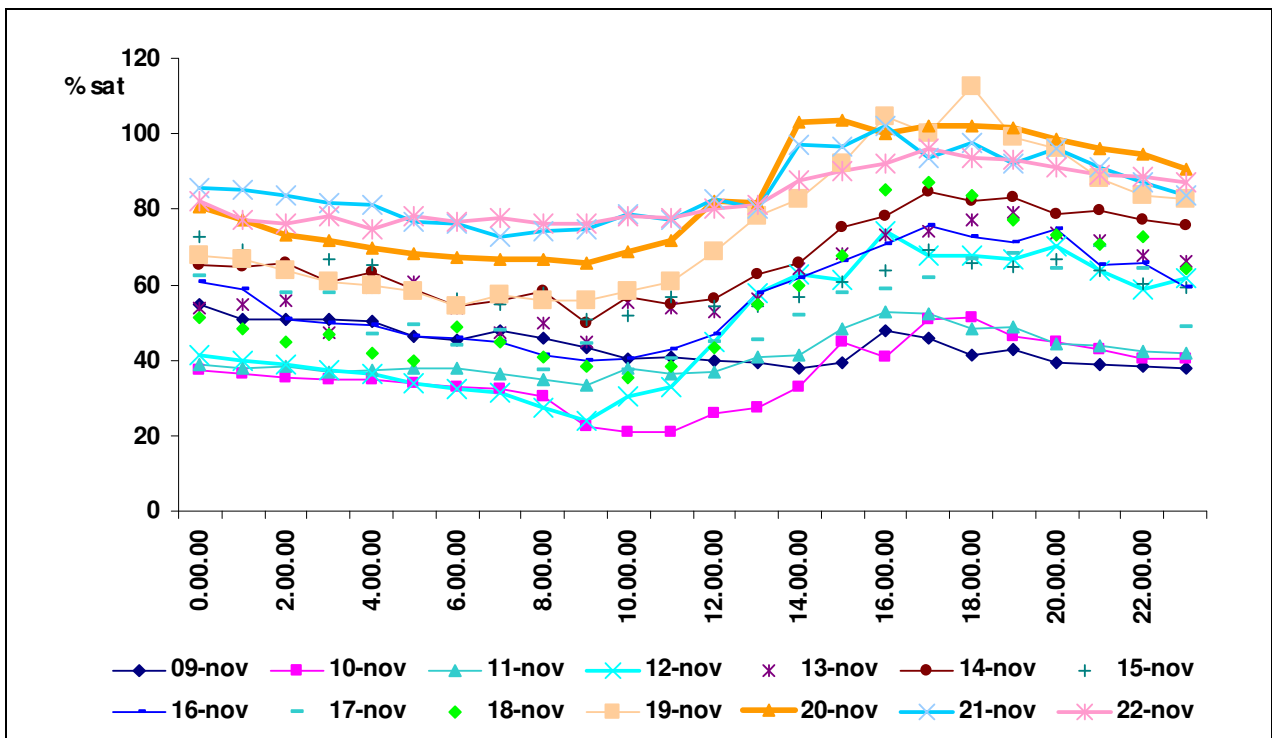


Figura 27. - Punto di uscita dell'acqua : valori dell'ossigeno, espresso in percentuale di saturazione, misurati dal 9/11/2005 al 22/11/2005.

## **2.2. Popolazione fitoplanctonica.**

Gli organismi fitoplanctonici assumono un ruolo rilevante nell'ambiente acquatico come produttori primari poiché durante la fotosintesi sono i principali produttori di ossigeno.

Nelle acque si trovano numerosissime specie algali, la cui abbondanza relativa dipende da numerosi fattori, tra cui la temperatura, l'illuminazione e la presenza di nutrienti.

L'apporto di nutrienti dovuto alle attività umane generalmente aumenta la biomassa delle alghe, e pertanto la quantificazione della biomassa algale è un buon indicatore di eutrofizzazione ed è chiaramente collegato alla integrità biologica.

Esistono differenti parametri per quantificare i risultati delle indagini fitoplanctoniche, tra cui la stima della dominanza di alcune divisioni. Ad esempio la dominanza di diatomee può essere un indicatore di buona qualità ambientale, mentre la dominanza di cianobatteri può essere indice di scarsa qualità.

In particolare lo sviluppo di bloom fitoplanctonici è un segnale di eutrofizzazione e, qualora sostenuto da specie particolari di alghe azzurre, può anche essere pericoloso per l'ecosistema acquatico o addirittura per la salute dell'uomo.

Pertanto lo studio della popolazione fitoplanctonica in ambienti acquatici a scarso ricambio idrico assume un significato particolare.

Nello studio delle condizioni ecologiche di Valle Santa quindi questo tipo di indagine appare particolarmente adatto per meglio integrare ed interpretare l'attività di monitoraggio svolta dagli altri gruppi di ricerca.

### **2.2.1. Materiali e metodi.**

In occasione dei campionamenti per le analisi chimiche presso le stazioni in entrata (St. 1) ed in uscita (St. 2) sono stati fatti anche prelievi d'acqua su cui effettuare le analisi del fitoplancton. I campioni di circa 250 cc sono stati immediatamente fissati in Lugol in bottiglia di vetro scuro. Una quota del campione veniva conservata tal quale a 4°C per una immediata osservazione a fresco in laboratorio per una prima valutazione qualitativa e per effettuare le riprese fotografiche.

Per l'osservazione ed il conteggio del fitoplancton si è usato il classico metodo Uthermöl con un microscopio rovesciato Olympus mod. IX51 e obiettivi da 20-40-60 ingrandimenti, dotato di sistema di microfotografia costituito da macchina digitale Olympus C-7070 Wide Zoom e software di gestione Olympus Cell^B.

Per il riconoscimento ci siamo limitati alla identificazione dei generi più rappresentati.

Il calcolo del biovolume è stato realizzato utilizzando le formule riportate in IEP Environmental Monitoring Program Discrete Water Quality Metadata (<http://www.iep.ca.gov>) attribuendo alle diverse specie di fitoplancton la forma geometrica più opportuna ed effettuando circa 20 misure delle dimensioni degli organismi appartenenti a ciascuna classe mediante il programma di acquisizione e trattamento immagini computerizzato.

### 2.2.2. Risultati dell'anno 2003.

Nelle Tabelle 16 e 17 sono riportate le densità delle principali forme fitoplanctoniche presenti nei 26 campioni delle stazioni esaminate a partire dal 18 giugno sino al 10 dicembre. Gli stessi dati sono stati elaborati per la costruzione dei grafici di figura 28 e 29.

La Figura 28 mostra l'andamento della densità fitoplanctonica nella stazione 1 nel periodo considerato.

Il fenomeno più importante è il bloom di Cianoficee durante il periodo estivo, che raggiunge il massimo nel campione del 3 settembre con  $417375 \text{ cell.mL}^{-1}$ . La specie dominante è attribuibile a *Cylindrospermopsis raciborskii* (riconoscimento effettuato dall'Istituto Superiore di Sanità), con modesti apporti di altre specie (*Oscillatoria sp.*, *Merismopedia sp.*, *Anabaena sp.*,..).

Nella stazione 2 il bloom di Cianoficee si manifesta sin dal 2 luglio e procede con alte densità sino ai primi di ottobre (come nella stazione 1) con il massimo registrato il 3 settembre ( $449000 \text{ cell.mL}^{-1}$ )

In entrambe le stazioni a partire dal mese di ottobre le Cianoficee diminuiscono drasticamente sino a scomparire.

Le altre specie presenti con una certa consistenza numerica nelle due stazioni come appare dai grafici suddetti appartengono alle:

- Euglene ( *Euglena sp.*, *E. phacus*, *Trachelomonas sp.*, ..) con valori masimi di  $21000 \text{ cell.mL}^{-1}$  nella stazione 1 in luglio;
- Diatomee ( $28313 \text{ cell.mL}^{-1}$  il 16 ottobre nella stessa stazione), con dominanza di *Aulacoseira sp.*, *Cyclotella sp.*;
- Cloroficee ( $50250 \text{ cell.mL}^{-1}$  il 3 settembre nella stazione 2). Queste ultime sono rappresentate dai generi caratteristici di acqua dolce sia unicellulari che coloniali (*Carteria sp.*, *Pediastrum sp.*, *Scenedesmus sp.*, ...).

Sono sempre presenti le Criptoficee con valori numerici poco significativi (massimo 6500 cell.mL<sup>-1</sup> in luglio, stazione 1), mentre le Crisoficee e le Dinoficee compaiono saltuariamente con valori numerici ridotti.

Occorre però rilevare che la determinazione del biovolume (grafici di fig. 30 e 31) mostra una diversa importanza ecologica delle varie classi.

In modo particolare si può ad esempio osservare che sebbene le Cianoficee il 2 luglio siano dominanti dal punto di vista numerico (91125 cell.mL<sup>-1</sup>, che rappresentano il 65.7 % del totale) il loro biovolume risulta essere di 13 mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> (pari al 15% del totale); per contro le Euglene a fronte di un numero di 21000 individui per mL (15.1%) esprimono un biovolume di 61.1 mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> pari al 70.7 % del totale.

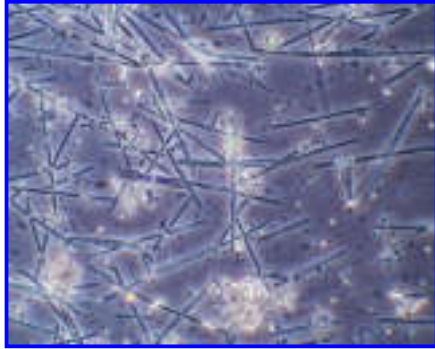
Da queste considerazioni emerge l'importanza della valutazione del biovolume negli studi sul fitoplancton.

Osservando i grafici delle figure 28-31 appare evidente la dominanza delle Cianoficee (*Cylindrospermopsis r.*) sia in termini numerici come già evidenziato (Fig. 28 e 29) sia in termini volumetrici (Fig. 30 e 31).

E' infine importante sottolineare l'elevato valore di biovolume che sempre si registra nei nostri campioni; si va da un minimo di 4.7 mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> (stazione 1) nel mese di dicembre ad un massimo di 100.7 mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> nel mese di settembre sempre nella stessa stazione.

Già il valore minimo riscontrato è caratteristico di ambienti eutrofizzati, mentre valori più elevati sono indotti da particolari condizioni ambientali (temperatura elevata, stagnazione dell'acqua, elevato apporto di nutrienti) che favoriscono soprattutto la crescita di Cianobatteri.

Alcune delle principali forme fitoplanctoniche rilevate in Valle Santa sono rappresentate nelle allegate foto 1 e 2, da noi realizzate sui campioni a fresco.



**Cianoficee: *Cylindrospermopsis raciborskii***



**Diatomee: *Aulacoseira sp.***



**Diatomee : *Cyclotella sp.***

Foto 1 . Foto di alcuni esemplari fitoplanctonici caratteristici dell'ambiente esaminato.



**Euglenoficee: *Euglena* sp.**



**Euglenoficee: *Phacus* sp.**



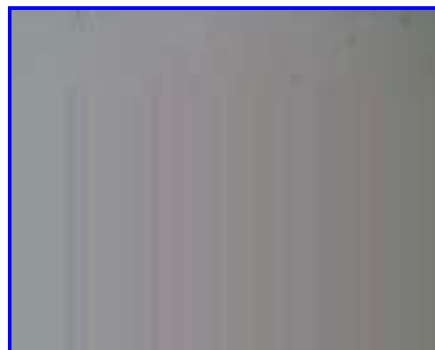
**Crysoficee: *Dynobryon* sp.**



**Chloroficee: *Scenedesmus*,  
*Pediastrum*, *Euglena***



**Cryptoficee: *Cryptomonas* sp.**



**Dinoficee: *Glenodinium* sp.**

Foto 2 . Foto di alcuni esemplari fitoplanctonici caratteristici dell'ambiente esaminato.

### 2.2.3. Risultati dell'anno 2004

Nelle tabelle 18 e 19 sono riportate le concentrazioni delle principali forme fitoplanctoniche presenti nei 30 campioni delle stazioni esaminate nel periodo 25 febbraio -16 dicembre 2004.

Da questi dati sono stati ricavati i grafici di figura 32 e 33 che mostrano l'andamento delle densità nel tempo. Occorre notare che in questi grafici si è adottata la scala logaritmica per rendere possibile la lettura dell'andamento delle forme fitoplanctoniche presenti in concentrazioni assai modeste rispetto ai valori estremamente elevati delle Cianoficee.

I dati relativi al 2004 mostrano una situazione alquanto simile a quella registrata nel 2003. Anche nel 2004 il fenomeno più rilevante è rappresentato dal bloom di Cianoficee, sostenuto quasi esclusivamente da *Cylindrospermopsis raciborskii*, che si manifesta nella stagione calda in ambedue le stazioni, a partire dal mese di luglio. In particolare si sono registrate concentrazioni massime di 1.347.000 e 1.373.828 cell.mL<sup>-1</sup> nella stazione 1 e 2 rispettivamente l'11 agosto. Sono scarsamente rappresentate altri generi di cianobatteri (*Oscillatoria*, *Merismopedia*, *Anabaena*, ecc.).

Per contro le altre forme fitoplanctoniche raggiungono valori molto più limitati; ad esempio le Diatomee registrano un valore di 15253 cell.mL<sup>-1</sup> il 22 settembre nella stazione 1 e le Cloroficee 11378 cell.mL<sup>-1</sup> il 28 luglio nella stazione 2.

Le Diatomee sono rappresentate soprattutto dalle forme centriche (*Aulacoseira sp.* e *Ciclotella sp.*) e da poche pennate; tra le Cloroficee si incontrano con una certa frequenza quelle caratteristiche delle acque dolci stagnanti, come le colonie di *Pediastrum sp.*, *Scenedesmus sp.*, *Selenastrum sp.*, e flagellati di piccole dimensioni e di difficile classificazione.

Si registrano con frequenza anche diverse forme di Euglenoidi (*Euglena sp.* *E. acus*, *E. phacus*, *Strombomonas sp.*, *Trachelomonas sp.* ) nonché di Criptoficee; tra le Crisoficee compaiono spesso i generi *Dynobryon*, *Synura* e *Mallomonas*.

I grafici di figura 34 e 35 mostrano l'andamento del fitoplancton espresso come biovolume, il che permette una più corretta interpretazione dei dati di densità prima esposti.

Si osserva come già a partire dal mese di giugno il biovolume del fitoplancton sia da considerarsi significativo in termini di abbondanza, con 5 e 4.7 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup> totali rispettivamente nella stazione 1 e 2. Successivamente inizia l'evoluzione del bloom che interessa soprattutto le Cianoficee. E' evidente come durante il bloom di Cianoficee la

biomassa fitoplanctonica sia rappresentata quasi esclusivamente da cianobatteri: 177.7 mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> pari al 95% del totale e 181.4 pari al 97% del totale, rispettivamente per la stazione 1 e 2 nel campione dell'11 agosto.

Anche l'abbondanza volumetrica delle altre forme fitoplanctoniche risulta comunque elevata nel periodo sopra considerato, in particolare segnaliamo i valori di:

- Cloroficee con valore di 6.5 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup> il 20 ottobre nella stazione 2;
- Diatomee, con valori di biovolume massimo di 9.7 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup> il 22 settembre nella stazione 1;
- Euglenoficee, che raggiungono il valore di 6.8 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup> il 25 agosto nella stazione 2;
- Dinoficee con un valore di 4.2 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup> l'11 agosto nella stazione 1.

#### **2.2.4. Risultati dell'anno 2005**

Nelle tabelle 20 e 21 sono riportate le concentrazioni delle principali forme fitoplanctoniche presenti nei 30 campioni delle stazioni esaminate nel periodo 3 marzo - 8 novembre 2005. E' da sottolineare che non è stato effettuato il campionamento di gennaio e febbraio a causa delle condizioni di freddo eccezionale, che ha anche prodotto la gelata della superficie dell'acqua. Ricordiamo tuttavia che i campionamenti nei mesi più freddi non risultano mai portatori di fenomeni particolari per la componente fitoplanctonica; in ogni caso sono stati effettuati due campionamenti all'inizio e alla fine del mese di marzo. Non è stato effettuato il campionamento di dicembre a causa del troppo basso livello dell'acqua dovuto al prosciugamento della valle iniziato verso fine novembre per l'attuazione della pesca.

Dai dati delle tabelle sono stati ricavati i grafici di figura 36 e 37 che mostrano l'andamento delle densità nel tempo.

Si osserva che nella stazione 1 si registrano dei picchi stagionali sostenuti da generi diversi.

In particolare nel mese di aprile si registra un bloom di Diatomee (18112 cell.mL<sup>-1</sup>), con abbondanza relativa di Cloroficee (6409 cell.mL<sup>-1</sup>) e Criptoficee (6749 cell.mL<sup>-1</sup>). Il bloom di Diatomee è risultato sostenuto da forme pennate (*Nitzschia sp.* con 14985 cell.mL<sup>-1</sup>).

Analoga situazione si verifica il 29 giugno, con elevata densità di Diatomee (15046 cell.mL<sup>-1</sup>), rappresentate in questo caso quasi esclusivamente dalla forma centrica coloniale *Aulacoseira sp.* (14273 cell.mL<sup>-1</sup>).

Si registra ancora un picco algale il 2 agosto con abbondanza di Cloroficee (11424 cell.mL<sup>-1</sup>) ed un altro picco nel mese di novembre con una dominanza di Cloroficee (6706 cell.mL<sup>-1</sup>) e Criptoficee (7506 cell.mL<sup>-1</sup>).

Le Cloroficee risultano generalmente rappresentate da forme sia unicellulari (*Carteria sp.*, *Ankistrodesmus sp.*, *Chlamydomonas sp.*, ecc.) che coloniali (*Pediastrum sp.*, *Scenedesmus sp.*, ecc.).

Le Cianoficee non sono mai dominanti e raggiungono valori di densità massimi di 5016 cell.mL<sup>-1</sup> nel mese di luglio.

Nella stazione 2 la densità fitoplanctonica presenta valori inferiori rispetto alla stazione 1. In particolare si osserva una dominanza di Cloroficee l'8 giugno (10047 cell.mL<sup>-1</sup>) ed il 9 settembre (10252 cell.mL<sup>-1</sup>); il 16 giugno abbondano le Criptoficee (9381 cell.mL<sup>-1</sup>).

Le Cianoficee risultano numerose il 2 agosto (9284 cell.mL<sup>-1</sup>) ed il 9 settembre (9146 cell.mL<sup>-1</sup>) senza però assumere il significato di bloom.

Gli altri gruppi fitoplanctonici sono variamente rappresentati:

- le Diatomee con massimi di 4365 cell.mL<sup>-1</sup> il 12 maggio e 4958 cell.mL<sup>-1</sup> il 9 settembre;
- le Euglene con massimi di 2667 cell.mL<sup>-1</sup> il 22 luglio;
- le Dinoficee che raggiungono il massimo di cell.mL<sup>-1</sup> 1084 il 13 luglio.

Infine sono modestamente rappresentate le Crisoficee (*Mallomonas sp.* e *Dynobryon sp.*), con un massimo 701 cell.mL<sup>-1</sup> il 23 settembre.

L'esame dell'andamento del biovolume (Fig. 38 e 39) evidenzia ancora una diversità tra le due stazioni e la pressoché scomparsa delle Cianoficee. La drastica riduzione di *Cylindrospermopsis r.* permette lo sviluppo di una vegetazione fitoplanctonica più varia e rappresentata da tutte le componenti principali caratteristiche di questi ambienti d'acqua dolce.

Il valore massimo di biovolume totale viene registrato il 29 giugno nella stazione 1 con 24.9 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup>, di cui le Euglene e le Diatomee costituiscono il 75%.

Nella stazione 2 i valori di biovolume risultano generalmente più bassi della stazione 1, confermando l'andamento della densità descritta precedentemente. In particolare si osserva un valore massimo di biovolume il 22 luglio con 14.6 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup>, di cui le Euglene rappresentano il 53%.

### 2.2.5. Conclusioni

Il fenomeno più rilevante osservato negli anni di indagine è stata la registrazione dell'elevato e consistente bloom di alghe azzurre verificatosi indistintamente nelle due stazioni durante la stagione estiva nel 2003 e 2004.

In Valle Santa il bloom di alghe azzurre è sostenuto esclusivamente dalla specie *Cylindrospermopsis raciborskii*, che rappresenta la quasi totalità della biomassa fitoplanctonica, riducendo in effetti la funzionalità dell'ecosistema acquatico.

Notevole è il valore di densità numerica e di biovolume registrato nell'estate del 2004 con valori di densità superiori ad 1.3 milioni di cell.mL<sup>-1</sup> e di biovolume di circa 180 mm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup> in ambedue le stazioni esaminate.

Sul significato ed importanza ecologica della presenza di bloom dovuto all'alga tossica *Cylindrospermopsis raciborskii* si rimanda all'allegata scheda informativa.

Di notevole interesse appare la mancata manifestazione del bloom di *Cylindrospermopsis r.* nell'ultimo anno di indagine e conseguente registrazione di un "normale" andamento della popolazione fitoplanctonica, che ha però comunque raggiunto valori di densità e biovolume elevati e caratteristici di ambienti eutrofizzati come Valle Santa.

L'evoluzione in positivo ora descritta può essere legata alle diverse condizioni meteorologiche registrate nel corso del 2005, con temperature estive più modeste rispetto agli anni precedenti, ed anche agli interventi di dragaggio eseguiti nella Valle che possono avere contribuito ad una migliore circolazione idraulica.

### **CYLINDROSPERMOPSIS RACIBORSKII**

Nel fitoplancton delle acque dolci sono sempre comprese alcune specie di alghe azzurre (o cianobatteri), che in situazioni particolari possono sviluppare bloom spesso dannosi per l'ambiente ed anche pericolosi per la salute umana. I bloom dei cianobatteri provocano elevata colorazione dell'acqua e eventuali cattivi odori che rendono tali ambienti poco fruibili per usi ricreazionali. Alcune specie possono produrre sostanze tossiche nocive sia per gli organismi acquatici (sino a provocare elevata mortalità nella fauna ittica) sia per l'uomo (causa di eritemi, malattie gastrointestinali e a livello neurologico).

Le condizioni che favoriscono lo sviluppo di bloom di cianobatteri si possono sintetizzare in:

- abbondanza di elementi nutritivi (fosforo ed azoto) come negli ambienti eutrofici;
- temperature stabilmente elevate ed intensa luminosità;
- prolungata stagnazione delle acque.

La specie di alga azzurra che ha causato i bloom nel 2003-2004 in Valle Santa è *Cylindrospermopsis raciborskii*.

Si tratta di una specie diffusa in ambienti tropicali e subtropicali il cui successo può essere attribuito ad alcune sue caratteristiche particolari, quali:

- buona galleggiabilità che permette all'alga migrazioni diurne tra gli strati inferiori ricchi di nutrienti ed gli strati eufotici superiori;
- ampia tolleranza all'ombreggiamento il che permette lo sviluppo di una densa popolazione prima che l'indotta riduzione della trasparenza impedisca ulteriori sviluppi;
- alta affinità per l'N ammoniacale che permette a *Cylindrospermopsis r.* di utilizzare questa economica fonte di N;
- capacità di fissare l'N atmosferico quando non vi sono altre sorgenti disponibili;
- abilità di mobilizzare le risorse interne di P.

Nelle regioni temperate lo sviluppo di *Cylindrospermopsis r.*, è limitato alla stagione estiva, quando la temperatura dell'acqua supera i 23-25°C almeno per alcune settimane. L'alga si è diffusa in Asia negli anni '50, ed è comparsa in Grecia negli anni '40. Si è poi diffusa in Ungheria e Russia ('60) quindi in Austria, Francia e Germania negli anni '90. In Italia la sua presenza è stata accertata dall'ISS nel 2004 in tre laghi ed in Valle Santa.

*Cylindrospermopsis r.* produce tre tipi di tossine: cilindrospermopsina (una epatotossina), anatoxina-a (una neurotossina) e saxitossina (una neurotossina). Recenti studi hanno dimostrato che può essere carcinogeno e genotossico.

La sola presenza dell'alga non è tuttavia sufficiente per supportare la presenza di tossine, che può essere accertata solamente mediante test di laboratorio.

Non vi sono metodologie specifiche da adottare per ridurre la presenza di *Cylindrospermopsis r.* nelle acque, se non quelle normalmente suggerite per il contenimento dei bloom di cianobatteri, ossia:

- mettere in atto i provvedimenti tendenti a ridurre l'immissione di nutrienti nelle acque;
- favorire la circolazione dell'acqua e la sua movimentazione per contrastare la stagnazione e la stratificazione.

Ai fini di una corretta e consapevole gestione è opportuno adottare un sistema di monitoraggio almeno durante la stagione estiva, per il controllo della presenza dell'alga. Si può ricordare, a titolo di esempio, che la WHO (World Health Organization) ha pubblicato delle linee guida per il controllo delle acque destinate alla balneazione in cui si ritiene che una concentrazione di alghe di 20000 cell/ml possa causare irritazione della pelle o disturbi gastrointestinali di breve durata, e una concentrazione di 100000 cell/ml danni più duraturi.

<b>STAZIONE 1</b>	<b>18/6</b>	<b>2/7</b>	<b>16/7</b>	<b>28/7</b>	<b>13/8</b>	<b>3/9</b>	<b>18/9</b>	<b>1/10</b>	<b>16/10</b>	<b>29/10</b>	<b>12/11</b>	<b>3/12</b>	<b>10/12</b>
<b>Cloroficee</b>	2032	9750	3750	3214	16063	23625	10500	8219	28750	804	4500	3188	3141
<b>Euglenoficee</b>	1532	21000	625	290	625	750	188	406	1563	112	250	203	125
<i>Diat. Centriche</i>	3658	8000	4250	3925	2688	25125	5438	8656	27188	7271	5750	2297	3906
<i>Diat. Pennate</i>	876	2250	500	933	1125	2250	1000	688	1125	225	938	1531	1266
<b>Diatomee</b>	4534	10250	4750	4858	3813	27375	6438	9344	28313	7496	6688	3828	5172
<b>Cianoficee</b>	719	91125	5156	115817	168000	417375	193188	84750	32313	97	0	0	0
<b>Criptoficee</b>	188	6500	500	3378	875	3500	688	5094	4750	1030	188	1641	1406
<b>Crisoficee</b>	94	0	94	0	188	0	313	0	375	643	0	328	156
<b>Dinoficee</b>	0	0	125	129	125	0	0	188	125	64	125	0	109
<b>TOT. Cell. mL<sup>-1</sup></b>	<b>9099</b>	<b>138625</b>	<b>15000</b>	<b>127686</b>	<b>189688</b>	<b>472625</b>	<b>211315</b>	<b>108000</b>	<b>96189</b>	<b>10246</b>	<b>11751</b>	<b>9188</b>	<b>10109</b>

Tabella 16. Densità (cell mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso del 2003.

<b>STAZIONE 2</b>	<b>18/6</b>	<b>2/7</b>	<b>16/7</b>	<b>28/7</b>	<b>13/8</b>	<b>3/9</b>	<b>18/9</b>	<b>1/10</b>	<b>16/10</b>	<b>29/10</b>	<b>12/11</b>	<b>3/12</b>	<b>10/12</b>
<b>Cloroficee</b>	21688	15500	5250	3063	12375	50250	10844	11938	8531	3219	3313	1672	2141
<b>Euglenoficee</b>	2188	1250	250	469	875	0	2688	438	234	313	31	2297	328
<i>Diat. Centriche</i>	6875	3750	2469	5594	8438	5375	6719	5438	3734	2313	4547	6188	4063
<i>Diat. Pennate</i>	4250	2000	313	813	688	500	438	875	656	641	734	844	906
<b>Diatomee</b>	11125	5750	2782	6407	9126	5875	7157	6313	4390	2954	5281	7032	4969
<b>Cianoficee</b>	750	180250	194656	92625	165250	449000	59281	233125	6906	234	0	0	0
<b>Criptoficee</b>	2688	2000	938	1156	2563	250	5719	1250	1672	4109	359	1313	922
<b>Crisoficee</b>	688	1000	0	0	750	125	0	0	78	594	0	125	484
<b>Dinoficee</b>	313	0	469	31	125	0	219	0	0	16	63	0	31
<b>TOT. Cell. mL<sup>-1</sup></b>	<b>39439</b>	<b>205750</b>	<b>204345</b>	<b>103751</b>	<b>191064</b>	<b>505500</b>	<b>85908</b>	<b>253064</b>	<b>21811</b>	<b>11438</b>	<b>9046</b>	<b>12439</b>	<b>8875</b>

Tabella 17. Densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso del 2003.

<b>STAZIONE 1</b>	<b>25/02</b>	<b>24/03</b>	<b>28/04</b>	<b>4/06</b>	<b>16/06</b>	<b>30/06</b>	<b>14/07</b>	<b>28/07</b>	<b>11/08</b>	<b>25/08</b>	<b>9/09</b>	<b>22/09</b>	<b>20/10</b>	<b>17/11</b>	<b>16/12</b>
<b>Cloroficee</b>	2105	6053	626	2933	2175	836	11958	6966	3677	2216	2412	1767	1860	1053	522
<b>Euglenoficee</b>	147	15	1	39	54	759	542	1084	697	638	772	434	589	178	50
<i>Diat. Centriche</i>	387	341	217	1060	581	2028	3831	11958	4373	5943	7932	14927	4495	1146	611
<i>Diat. Pennate</i>	457	232	170	278	23	116	1664	387	116	225	212	326	155	201	143
<b>Diatomee</b>	844	573	387	1338	604	2144	5495	12345	4489	6168	8144	15253	4650	1347	754
<b>Cianoficee</b>	0	23	155	15	155	1107	75695	79373	1347000	192979	161351	123376	116391	77198	27
<b>Criptoficee</b>	1881	0	627	1324	1734	170	194	116	1200	1858	2258	1612	1209	1084	929
<b>Crisoficee</b>	0	31	0	39	23	0	0	0	0	0	77	0	93	85	414
<b>Dinoficee</b>	0	8	18	0	8	170	0	464	929	861	540	171	171	39	15
<b>TOT. Cell. mL<sup>-1</sup></b>	<b>4980</b>	<b>6704</b>	<b>1814</b>	<b>5689</b>	<b>4753</b>	<b>5187</b>	<b>93886</b>	<b>100349</b>	<b>1357993</b>	<b>204721</b>	<b>175554</b>	<b>142614</b>	<b>124963</b>	<b>80984</b>	<b>2711</b>

Tabella 18. Densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso del 2004.

<b>STAZIONE 2</b>	<b>25/02</b>	<b>24/03</b>	<b>28/04</b>	<b>4/06</b>	<b>16/06</b>	<b>30/06</b>	<b>14/07</b>	<b>28/07</b>	<b>11/08</b>	<b>25/08</b>	<b>9/09</b>	<b>22/09</b>	<b>20/10</b>	<b>17/11</b>	<b>16/12</b>
Cloroficee	2452	3978	279	3638	2608	4087	10372	11378	4412	2760	4728	3397	2821	449	546
Euglenoficee	134	31	8	46	70	836	1316	1238	1974	1660	714	251	667	163	54
<i>Diat. Centriche</i>	804	813	39	194	139	1068	2322	8398	155	5308	6929	2297	1891	1331	441
<i>Diat. Pennate</i>	281	480	124	155	0	511	619	542	39	39	212	77	155	54	135
<b>Diatomee</b>	1085	1293	163	349	139	1579	2941	8940	194	5347	7141	2374	2046	1385	576
Cianoficee	0	0	139	503	163	178	70085	55109	1373828	287342	256847	240591	144524	69417	116
Criptoficee	0	1146	2105	240	5201	286	116	968	3638	2683	13121	4536	837	1146	461
Crisoficee	13	163	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	171	294	201
Dinoficee	54	46	0	0	54	70	426	155	116	154	154	656	0	0	0
<b>TOT. Cell/ml</b>	<b>3740</b>	<b>6658</b>	<b>2696</b>	<b>4831</b>	<b>8236</b>	<b>7037</b>	<b>85257</b>	<b>77789</b>	<b>1384163</b>	<b>299947</b>	<b>282706</b>	<b>251806</b>	<b>151067</b>	<b>72855</b>	<b>1955</b>

Tabella 19. Densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2004.

<b>STAZIONE 1</b>	<b>03/03</b>	<b>24/03</b>	<b>21/04</b>	<b>12/05</b>	<b>08/06</b>	<b>16/06</b>	<b>29/06</b>	<b>13/07</b>	<b>22/07</b>	<b>2/08</b>	<b>26/08</b>	<b>09/09</b>	<b>23/09</b>	<b>18/10</b>	<b>8/11</b>
<b>Cloroficee</b>	708	1742	6409	4025	4690	2616	3684	3003	1811	11424	5314	5412	3832	1719	6706
<b>Euglenoficee</b>	135	310	1084	77	232	635	3251	4009	1068	922	356	612	593	119	523
<i>Diat. Centriche</i>	360	2082	2508	2957	1238	511	14613	1966	5186	3621	3477	3121	1738	1412	1620
<i>Diat. Pennate</i>	93	751	15604	3885	1393	139	433	418	712	1877	889	830	672	296	217
<b>Diatomee</b>	453	2833	18112	6842	2631	650	15046	2384	5898	5498	4366	3951	2410	1708	1837
<b>Cianoficee</b>	4	108	2260	1981	2585	0	4272	5016	3824	1811	4741	3022	1462	1679	1561
<b>Criptoficee</b>	132	248	6749	929	372	3731	3839	4164	2136	1021	2805	1205	1185	2499	7506
<b>Crisoficee</b>	213	46	1300	15	108	0	155	15	124	658	119	296	198	454	158
<b>Dinoficee</b>	70	0	93	46	139	0	681	697	155	66	15	356	138	10	99
<b>TOT. Cell/ml</b>	<b>1715</b>	<b>5287</b>	<b>36007</b>	<b>13915</b>	<b>10757</b>	<b>7632</b>	<b>30928</b>	<b>19288</b>	<b>15016</b>	<b>21400</b>	<b>17716</b>	<b>14854</b>	<b>9818</b>	<b>8188</b>	<b>18390</b>

Tabella 20. Densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso del 2005.

<b>STAZIONE 2</b>	<b>03/03</b>	<b>24/03</b>	<b>21/04</b>	<b>12/05</b>	<b>08/06</b>	<b>16/06</b>	<b>29/06</b>	<b>13/07</b>	<b>22/07</b>	<b>2/08</b>	<b>26/08</b>	<b>09/09</b>	<b>23/09</b>	<b>18/10</b>	<b>8/11</b>
<b>Cloroficee</b>	793	2964	6517	7492	10047	2802	5991	3684	6993	4208	7961	10252	7200	6746	4583
<b>Euglenoficee</b>	77	93	248	217	511	201	1269	1006	2667	1640	1146	1343	365	59	207
<i>Diat. Centriche</i>	46	93	46	1362	1269	201	635	2121	1956	3062	2785	1383	602	761	612
<i>Diat. Pennate</i>	170	557	3127	3003	2616	62	77	557	1165	217	810	3575	919	277	178
<b>Diatomee</b>	216	650	3173	4365	3885	263	712	2678	3121	3279	3595	4958	1521	1038	790
<b>Cianoficee</b>	4	23	1115	805	1610	46	108	2043	6341	9284	4326	9146	3111	1738	1393
<b>Criptoficee</b>	182	62	1238	867	1192	9381	604	2384	1264	790	1738	2589	1649	1748	5284
<b>Crisoficee</b>	194	108	604	31	15	217	0	279	514	415	296	612	701	533	178
<b>Dinoficee</b>	197	0	77	108	186	0	108	1084	494	296	85	178	306	30	79
<b>TOT. Cell/ml</b>	<b>1663</b>	<b>3900</b>	<b>12972</b>	<b>13885</b>	<b>17446</b>	<b>12910</b>	<b>8792</b>	<b>13158</b>	<b>21394</b>	<b>19912</b>	<b>19147</b>	<b>29078</b>	<b>14853</b>	<b>11892</b>	<b>12514</b>

Tabella 21. Densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2005.

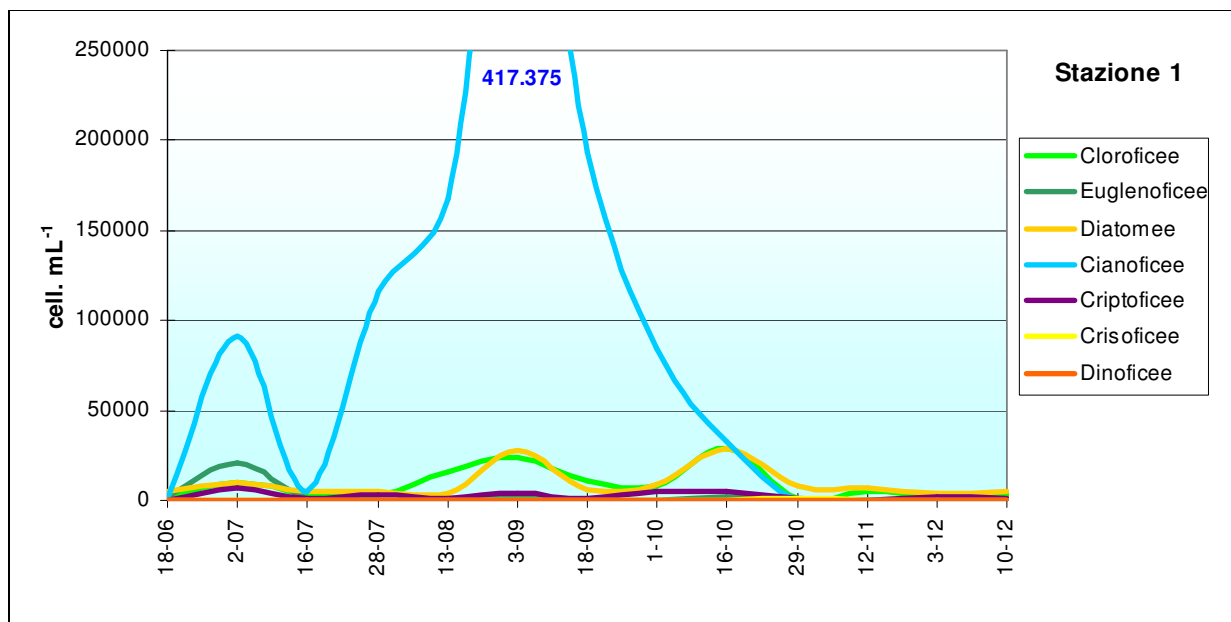


Figura 28. Andamento della densità ( $\text{cell. mL}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso del 2003.

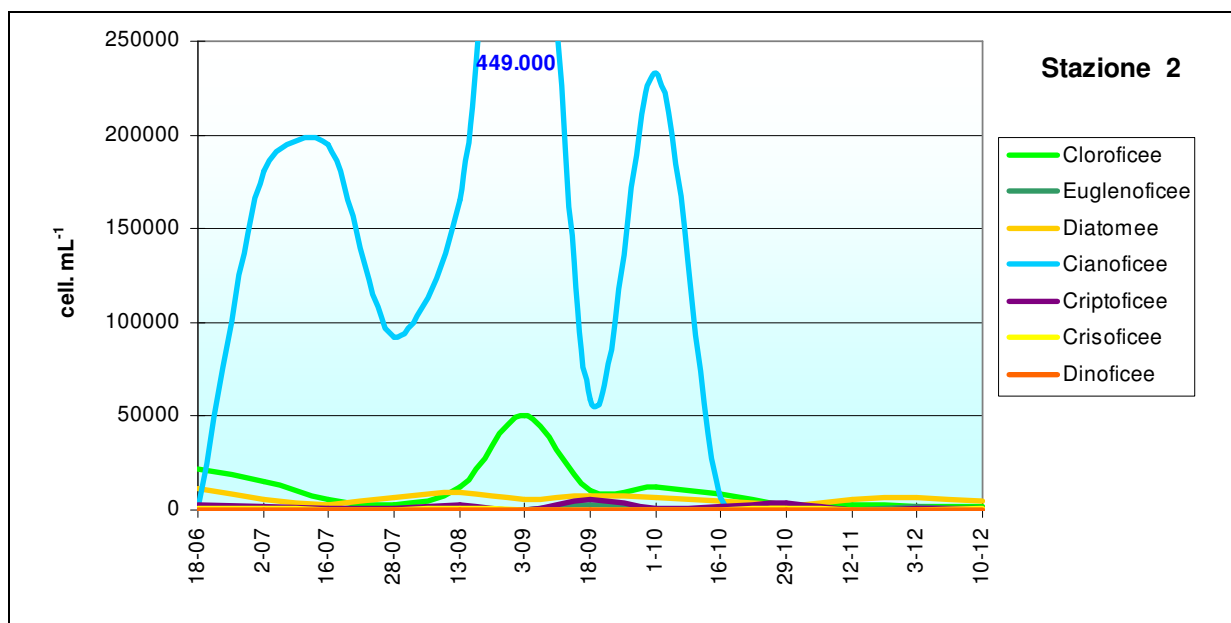


Figura 29. Andamento della densità ( $\text{cell. mL}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2003.

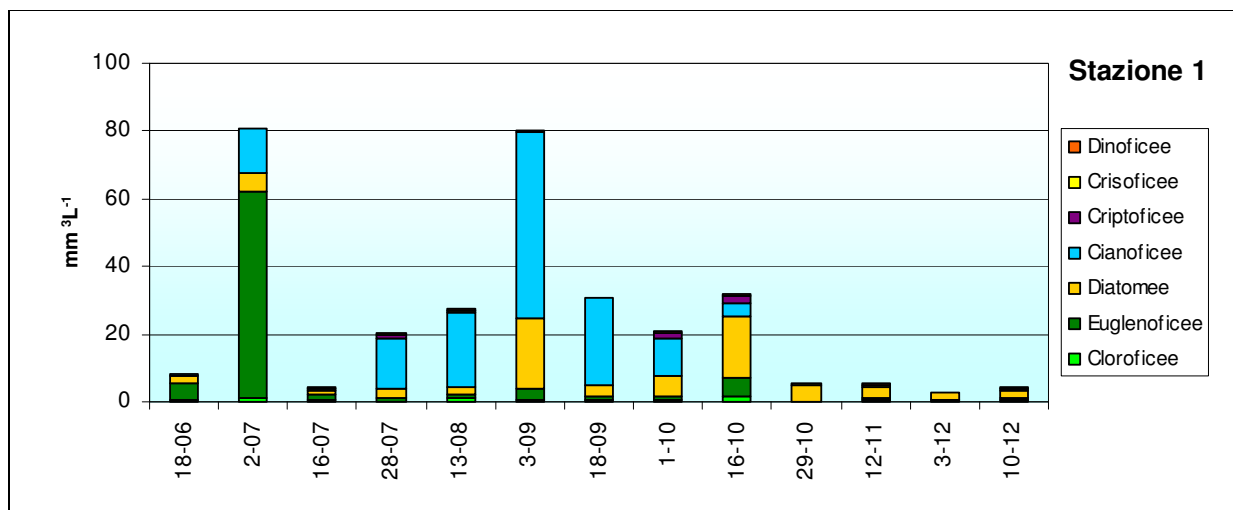


Figura 30. Andamento del biovolume ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso 2003.

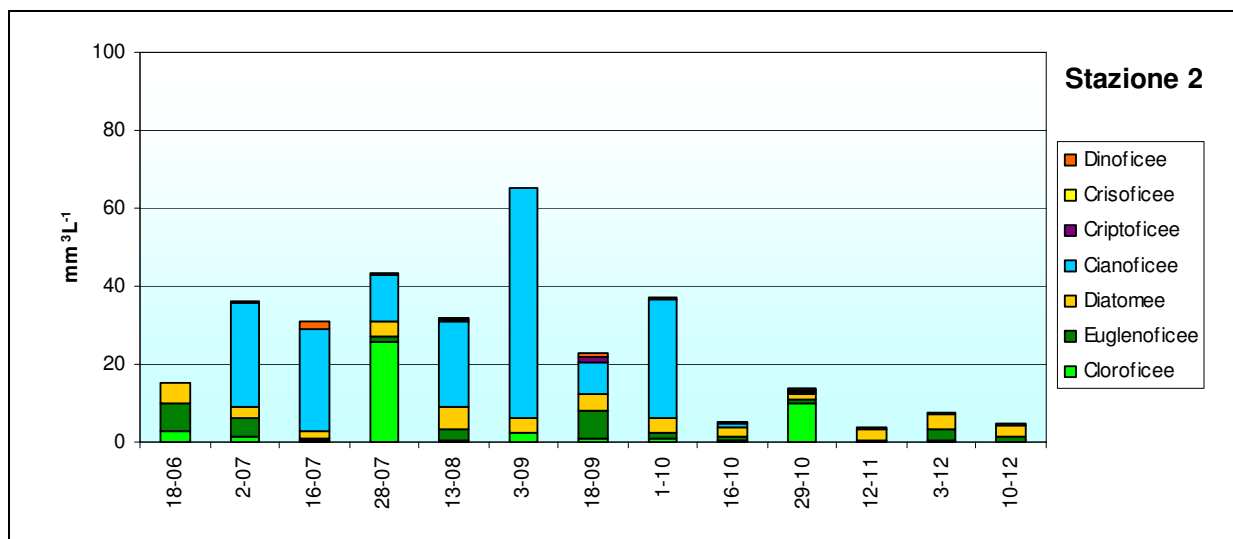


Figura 31. Andamento del biovolume ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2003.

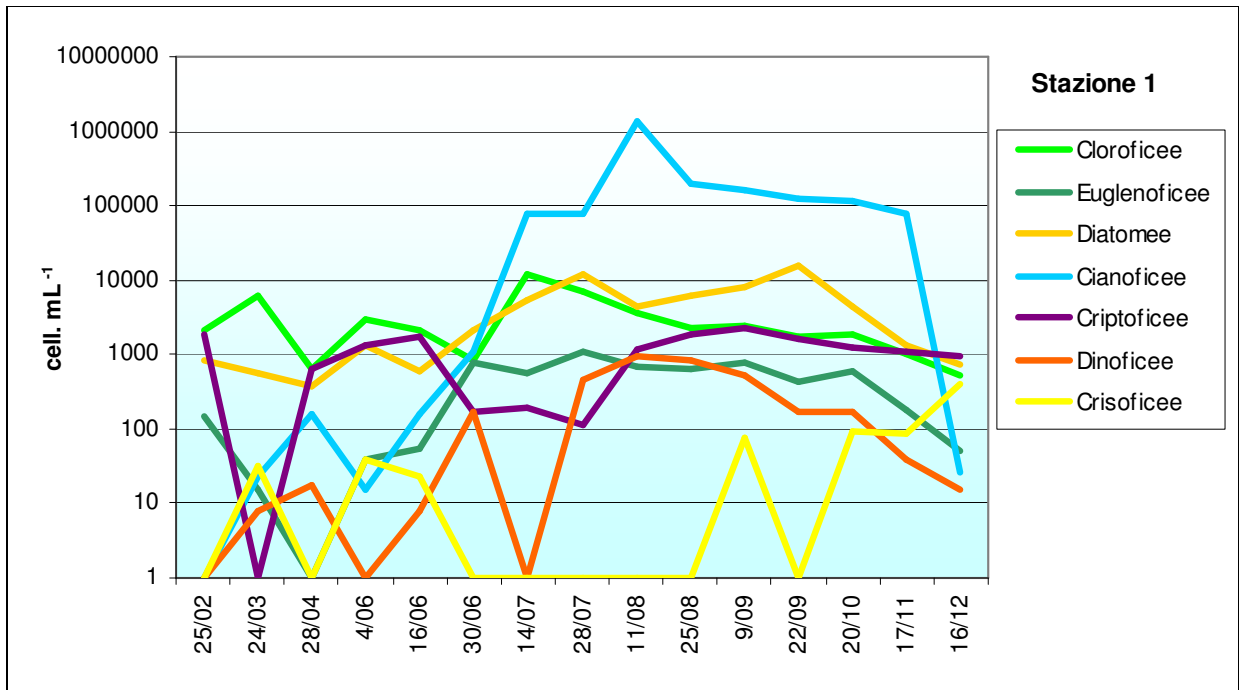


Figura 32. Andamento (in scala logaritmica) della densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso del 2004.

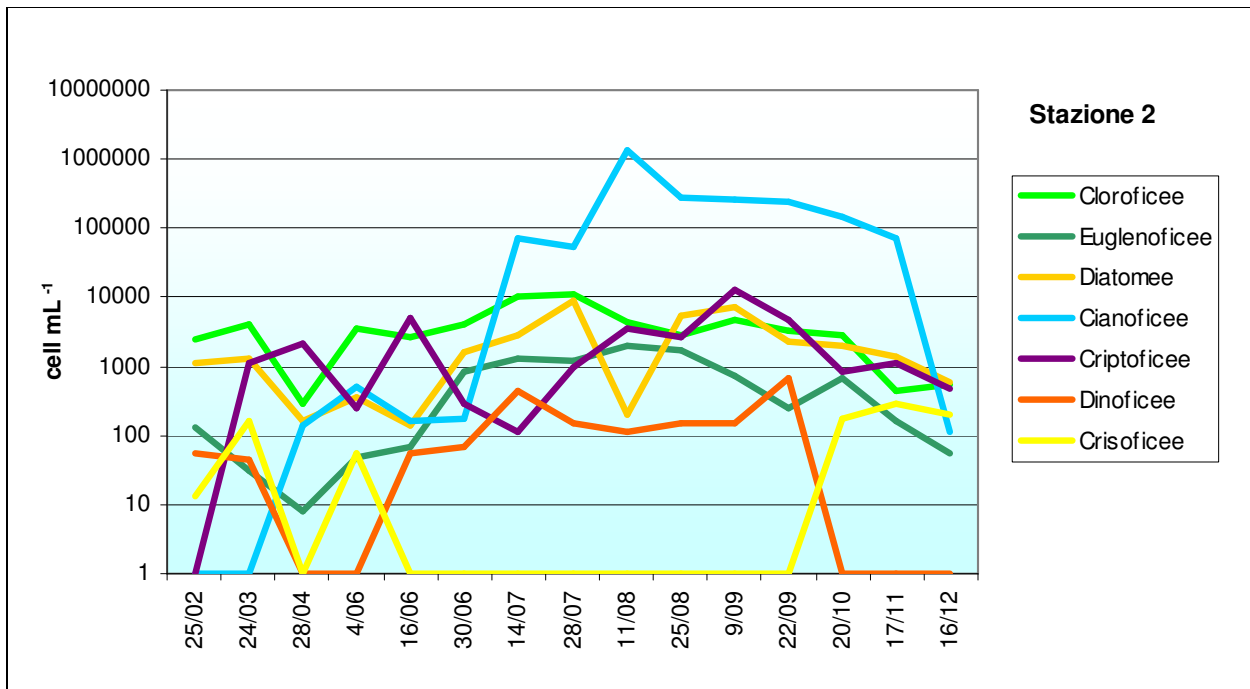


Figura 33. Andamento (in scala logaritmica) della densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2004.

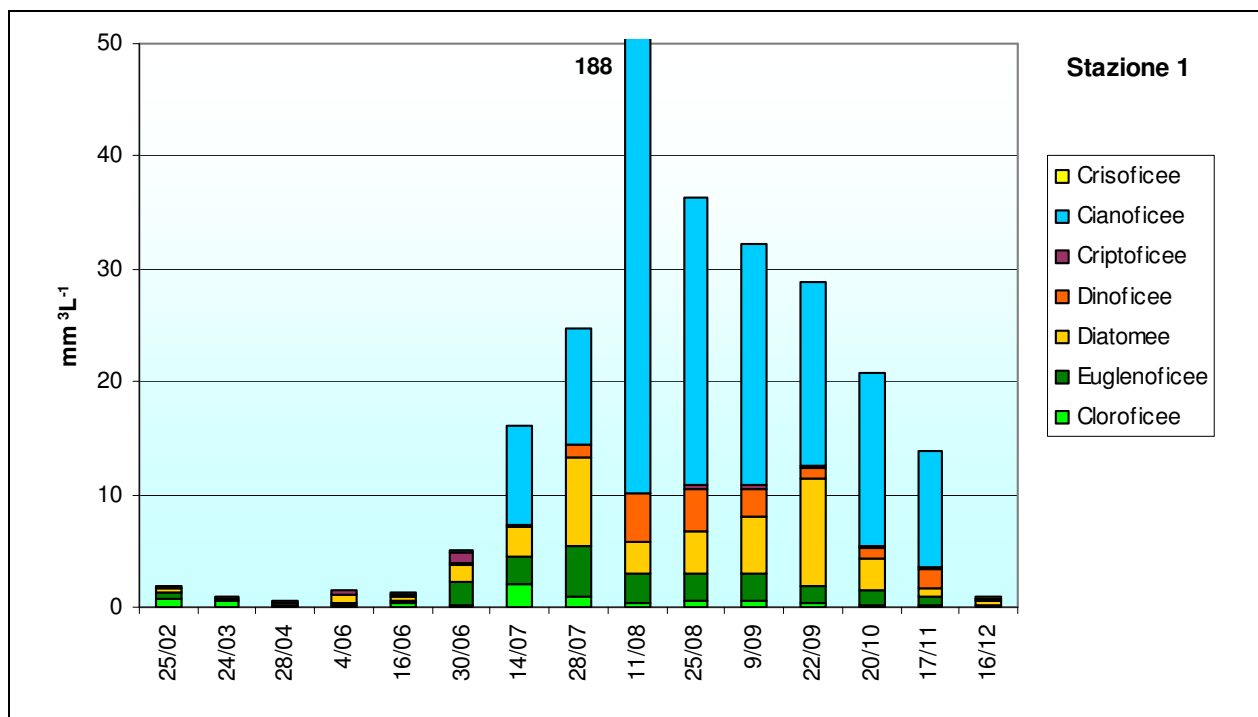


Figura 34. Andamento del biovolume ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso del 2004.

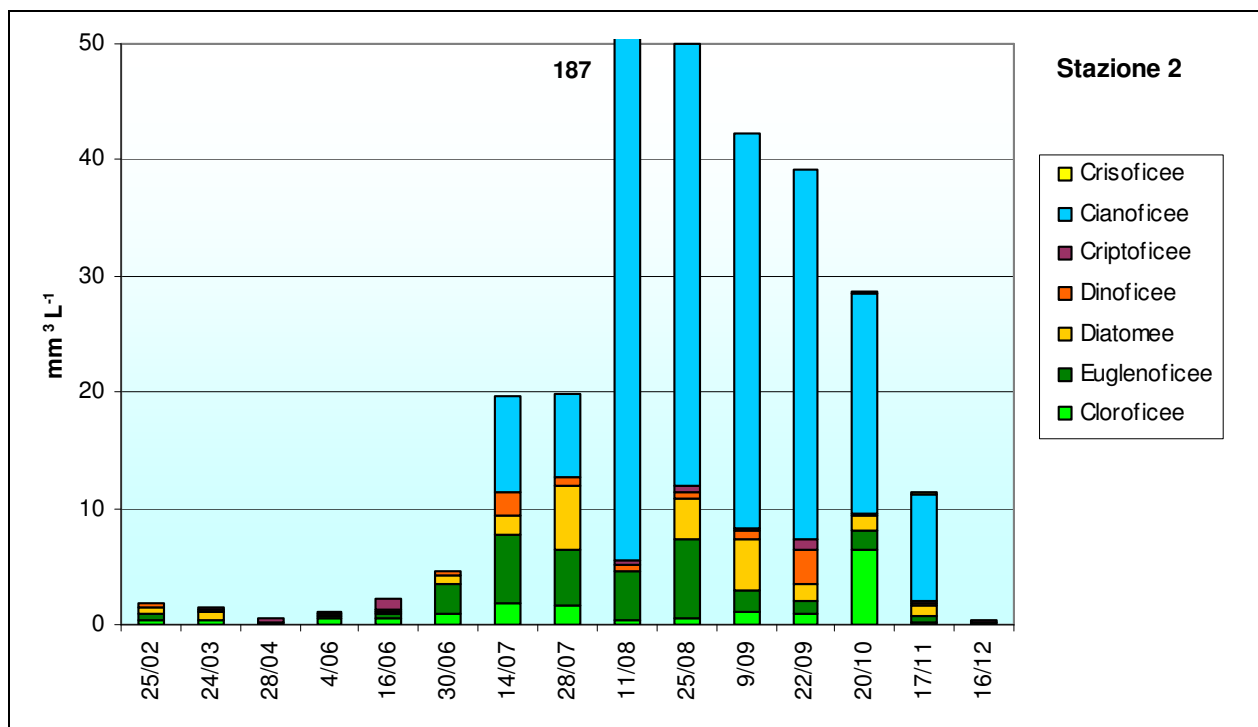


Figura 35. Andamento del biovolume ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2004.

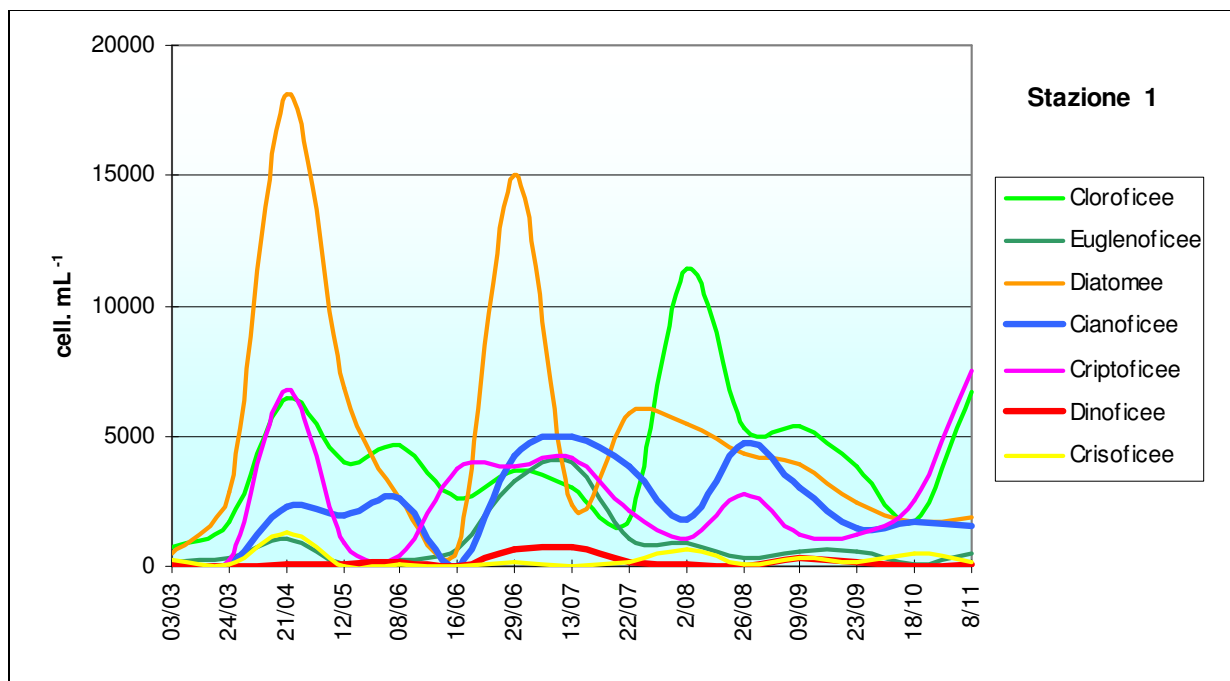


Figura 36. Andamento della densità (cell. mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2005.

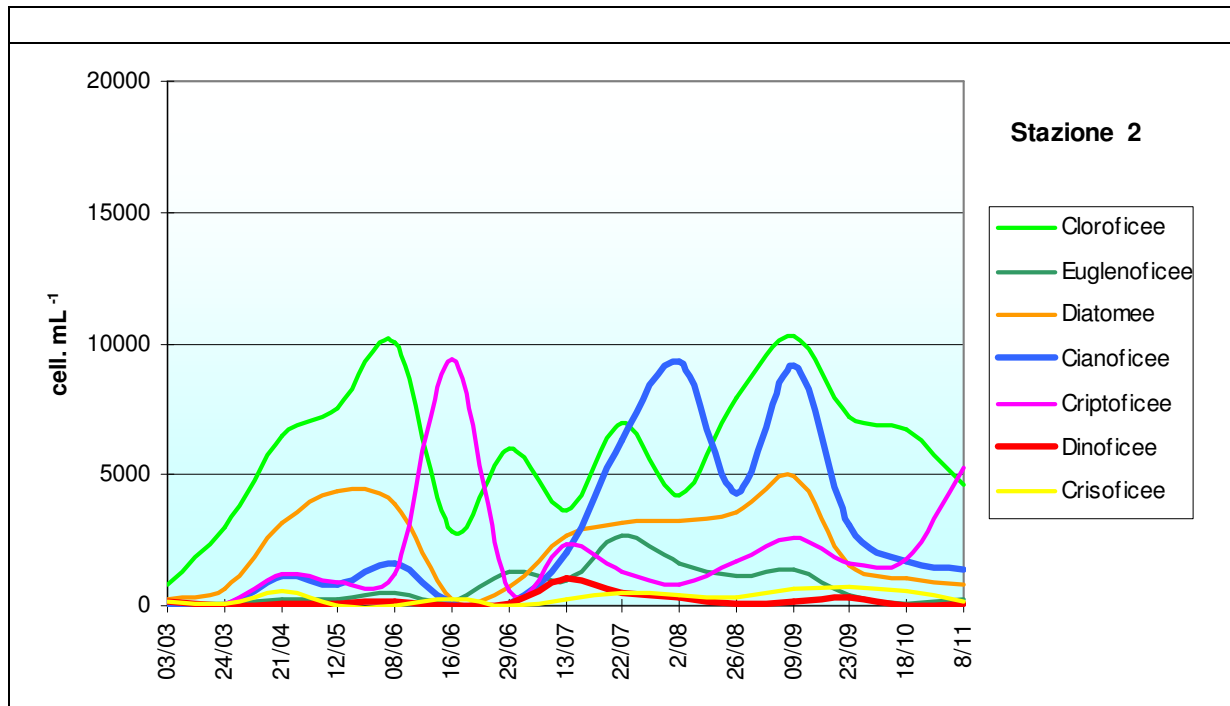


Figura 37. Andamento della densità (cellule per mL<sup>-1</sup>) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2005.

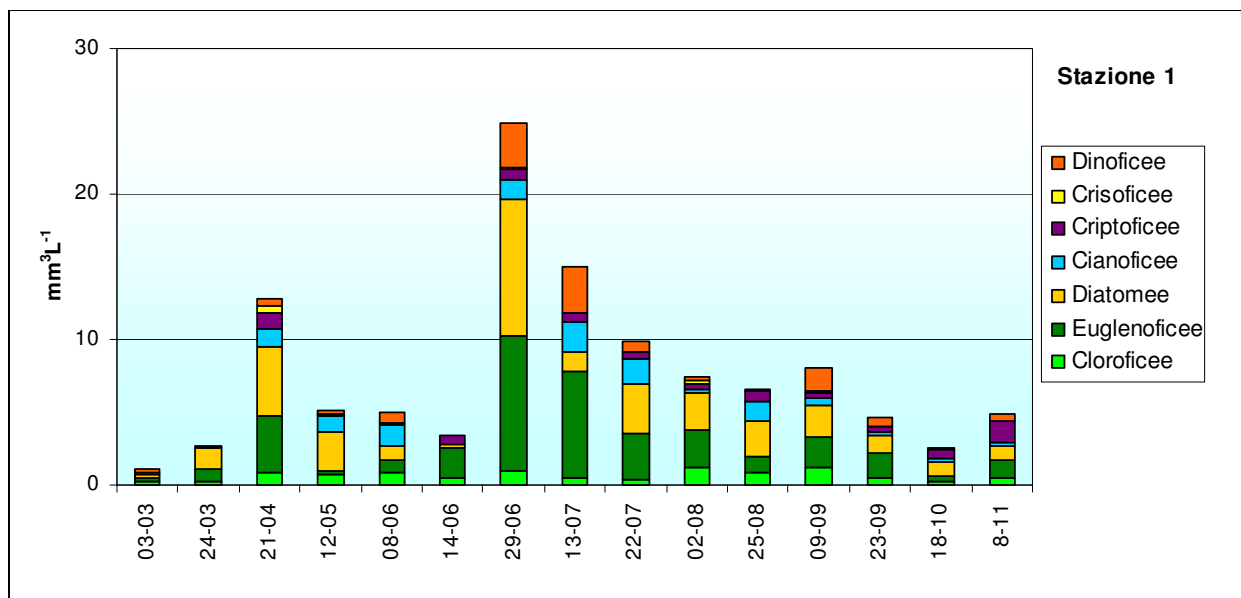


Figura 38. Andamento del biovolume ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 1 nel corso 2005.

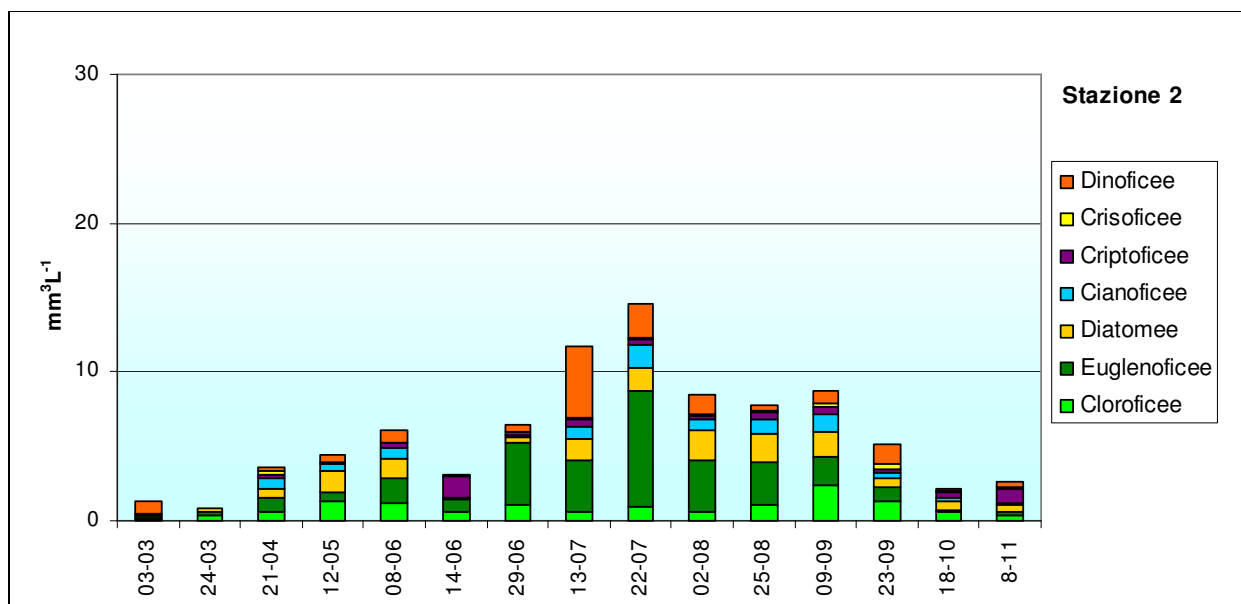


Figura 39. Andamento del biovolume ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ ) delle principali componenti fitoplanctoniche nella Stazione 2 nel corso del 2005.

### **2.3. Popolazione dei macroinvertebrati.**

I macroinvertebrati sono gli indicatori biologici maggiormente utilizzati per la determinazione della qualità degli ambienti acquatici d'acqua dolce.

Questa scelta si giustifica per le peculiari caratteristiche di questo gruppo di organismi:

- sono ubiquitari, abbondanti e relativamente facili da campionare;
- sono relativamente facili da identificare (almeno a livello di famiglia e genere);
- hanno una durata di vita abbastanza lunga (mesi, anni) e sono quindi in grado di registrare in modo integrato la qualità dell'ambiente;
- sono relativamente sedentari e quindi rappresentativi delle condizioni locali;
- sono composti di rappresentanti di differenti phyla e di differenti livelli trofici, con sensibilità differenti all'inquinamento;
- rispondono adeguatamente a differenti tipi di impatti.

Queste caratteristiche dei macroinvertebrati hanno permesso lo sviluppo di diverse metodologie di raccolta, riconoscimento ed analisi dei dati anche in funzione delle diverse caratteristiche ambientali: acque correnti, laghi, stagni, ecc.

Nel caso di Valle Santa si è adottato il sistema di valutare la composizione qualitativa della popolazione dei macroinvertebrati nei diversi microhabitat prevalenti durante i tre anni di osservazioni, dando una valutazione quantitativa basata sulla presenza (P), abbondanza (A) e dominanza (D).

#### **2.3.1. Materiali e metodi.**

Sono stati esaminati durante ogni campionamento i diversi microhabitat identificati in Valle Santa, più particolarmente i sedimenti di fondo, il canneto ripariale, le idrofite a foglie galleggianti (*Nuphar lutea*).

Per il monitoraggio dei macroinvertebrati nell'ambiente del canneto e delle macrofite galleggianti si è utilizzato un retino immanicato con maglie da 500 µm, mentre per il sedimento si è usata una benna tipo Van Veen e successiva filtrazione del materiale raccolto su rete da 500 µm.

Si è quindi effettuata una valutazione qualitativa in loco sul materiale fresco con completamento delle analisi in laboratorio sul materiale fissato in alcool al momento del campionamento.

Nel corso del 2003 sono stati effettuati due campionamenti, nel corso del 2004 e 2005 si è effettuato un monitoraggio in ogni stagione.

### **2.3.2. Risultati ed osservazioni dell'anno 2003**

I risultati dei campionamenti del 2003 sono esposti nella Tabella 22.

L'analisi dei dati evidenzia che la popolazione dei macroinvertebrati risulta scarsamente rappresentata, il che potrebbe già essere indicazione di ambiente critico. In particolare sono presenti solo poche specie di stadi larvali di Insetti (appartenenti agli Efemerotteri, Odonati, Ditteri ed Eterotteri), che in ambienti integri sono generalmente più numerose rispetto agli altri gruppi sistematici.

Considerando l'abbondanza relativa degli organismi rilevati si osserva la dominanza di Odonati (Zigotteri - Coenagrionidae) e Crostacei (Palemonidae) nel mese di settembre e quella dei soli Crostacei (Palemonidae) nel mese di novembre.

Ciò può essere imputabile al ciclo vitale degli organismi legato alle condizioni ambientali.

E' da segnalare la presenza del cosiddetto Gambero americano (*Procambarus clarkii*), specie alloctona che entra in competizione con altre specie autoctone ed è ben diffusa nella maggior parte delle acque superficiali del ferrarese.

<b>ORGANISMI</b>	<b>19-set</b>	<b>Abb.</b>	<b>12-nov</b>	<b>Abb.</b>
<b>Efemerotteri</b>			<i>Cloeon</i>	P
<b>Odonati</b>	Coenagrionidae	D	Coenagrionidae	P
<b>Ditteri</b>	Chironomidae	A	Chironomidae	P
<b>Eterotteri</b>	<i>Gerris</i>	P	<i>Gerris</i>	P
	<i>Notonecta</i>	P		
	<i>Micronecta</i>	P		
<b>Crostacei</b>	Gammaridae	P	Gammaridae	A
	Palaemonidae	D	Palaemonidae	D
			Asellidae	P
	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P
<b>Gasteropodi</b>	<i>Physa</i>	P		P
	Acroloxidae	P	Acroloxidae	P
<b>Oligocheti</b>			Tubificidae	P
<b>TOT. taxa</b>	<b>10</b>		<b>9</b>	

Tabella 22. Risultati delle analisi dei macroinvertebrati nel 2003

### 2.3.2. Risultati ed osservazioni dell'anno 2004.

Nel corso del 2004 sono stati effettuati campionamenti stagionali che permettono di effettuare una lettura più corretta della popolazione dei macroinvertebrati in questo ambiente.

I risultati dei campionamenti del 2004 sono esposti nella Tabella 23.

ORGANISMI	25-feb	Abb.	16-giu	Abb.	10-set	Abb.	20-ott	Abb.
<b>Efemerotteri</b>	<i>Cloeon</i>	P	<i>Cloeon</i>	P	<i>Cloeon</i>	P		
<b>Odonati</b>	Coenagrionidae	P	Coenagrionidae	A			Coenagrionidae	P
<b>Ditteri</b>	Chironomidae	D	Chironomidae	P	Chironomidae	P		
<b>Eterotteri</b>	<i>Gerris</i>	P	<i>Gerris</i>	P	<i>Gerris</i>	P	<i>Gerris</i>	P
	<i>Micronecta</i>	P	<i>Micronecta</i>	D	<i>Micronecta</i>	A		
			<i>Corixinae</i>	P				
<b>Crostacei</b>	Gammaridae	P	Gammaridae	A	Gammaridae	P	Gammaridae	P
	Palemonidae	P	Palemonidae	P	Palemonidae	A	Palemonidae	D
	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P
<b>Gasteropodi</b>	<i>Physa</i>	P	<i>Physa</i>	P			<i>Physa</i>	P
			Acroloxidae	D				
<b>Tricladi</b>					<i>Dugesia</i>	P		
<b>Oligocheti</b>	Tubificidae	A					Tubificidae	P
<b>TOT. taxa</b>	<b>10</b>		<b>11</b>		<b>8</b>		<b>7</b>	

Tabella 23. Risultati delle analisi dei macroinvertebrati nel 2004.

Il numero di taxa registrato in ciascuna stagione appare anche per il 2004 piuttosto ridotto. In particolare alla fine della stagione primaverile (16 giugno) si registrano le condizioni migliori, sia come numero di taxa (11) sia per l'abbondanza relativa di ciascuna specie .

La presenza dei Gasteropodi della famigli Acroloxideae è esclusivamente legata allo sviluppo dei tappeti di *Nuphar lutea* (o Ninfea gialla) e raggiunge in questo habitat elevata presenza numerica (D).

Odonati ed Efemerotteri compaiono invece esclusivamente nel canneto e risultano meno numerosi nei campionamenti di settembre ed ottobre anche per le condizioni di livello dell'acqua molto basso.

Si evidenzia inoltre la scomparsa dei Ditteri (Chironomidae) nel campionamento di ottobre.

Si può ritenere che le condizioni generali della popolazione dei macroinvertebrati siano state influenzate dall'attività di dragaggio realizzata nel corso del 2004.

In definitiva il monitoraggio stagionale dei macroinvertebrati effettuato nel 2004 ha evidenziato una situazione ambientale alterata, del tutto analoga a quella registrata nel 2003.

### 2.3.2. Risultati ed osservazioni dell'anno 2005

Nel corso del 2005 sono stati effettuati campionamenti con frequenza bimensile allo scopo di meglio verificare l'eventuale influenza del dragaggio sulla popolazione dei macroinvertebrati.

I risultati compaiono nella sottostante tabella 24.

ORGANISMI	24/03		12/05		13/07		30/09		8/11	
<b>Efemerotteri</b>					Cloeon	P	Cloeon	P	Cloeon	P
<b>Odonati</b>			Coenagrionidae	P	Coenagrionidae	A	Coenagrionidae	D	Coenagrionidae	A
					Aeschnidae	P				
<b>Ditteri</b>	Chironomidae	A	Chironomidae	D	Chironomidae	A	Chironomidae	P	Chironomidae	P
<b>Eterotteri</b>	Gerris	P	Gerris	P	Gerris	P	Gerris	P	Gerris	P
	Micronecta	P	Micronecta	P	Micronecta	D	Micronecta	D	Micronecta	P
	Corixinae	P	Corixinae	A	Corixinae	P	Notonecta	P	Corixinae	P
<b>Crostacei</b>	Gammaridae	P	Gammaridae	P			Gammaridae	A	Gammaridae	P
	Palemonidae	P	Palemonidae	P	Palemonidae	P	Palemonidae	A	Palemonidae	P
	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P	<i>Procambarus c.</i>	P
	Asellidae	P								
<b>Gasteropodi</b>			<i>Physa</i>	P	<i>Physa</i>	A			<i>Physa</i>	P
					Acroloxidae	P	Acroloxidae	A	Acroloxidae	P
					<i>Planorbis</i>	P				
<b>Oligocheti</b>	Tubificidae	A	Tubificidae	A	Tubificidae	A	Tubificidae	P	Tubificidae	P
<b>TOT. taxa</b>	<b>9</b>		<b>10</b>		<b>13</b>		<b>11</b>		<b>12</b>	

Tabella 24. Risultati delle analisi dei macroinvertebrati nel 2005.

I dati relativi al 2005 evidenziano una tendenza al miglioramento quali-quantitativo della popolazione dei macroinvertebrati.

Infatti nel campionamento estivo compaiono altre due unità sistematiche tra gli Odonati (*Aeschnidae*) ed i Gasteropodi (*Planorbis*) che sono risultati presenti esclusivamente tra il canneto e la vegetazione acquatica.

Nel campionamento di maggio è stata registrata l'inizio dello sviluppo delle praterie di *Nuphar lutea*, tra le cui foglie nel mese di luglio si sono rinvenuti abbondanti esemplari di Acroloxidae com'era da attendersi.

Un'altra importante considerazione riguarda la presenza degli Eterotteri: Micronecta è sempre presente per tutto l'anno e raggiunge densità elevatissime a luglio e settembre (D); Corixinae, non presente nel 2003 e solo in una occasione nel 2004, appare in quasi tutti i campionamenti e in maggio è anche abbondante.

Il dragaggio può aver migliorato le condizioni del fondo favorendo una più abbondante presenza degli organismi caratteristici di questo microhabitat; infatti i Chironomidi e Tubificidi sono risultati sempre presenti in ogni stagione con valori di densità anche elevati.

Nella foto 3 sono presentate alcune immagini di macroinvertebrati rinvenuti nei campioni di Valle Santa.

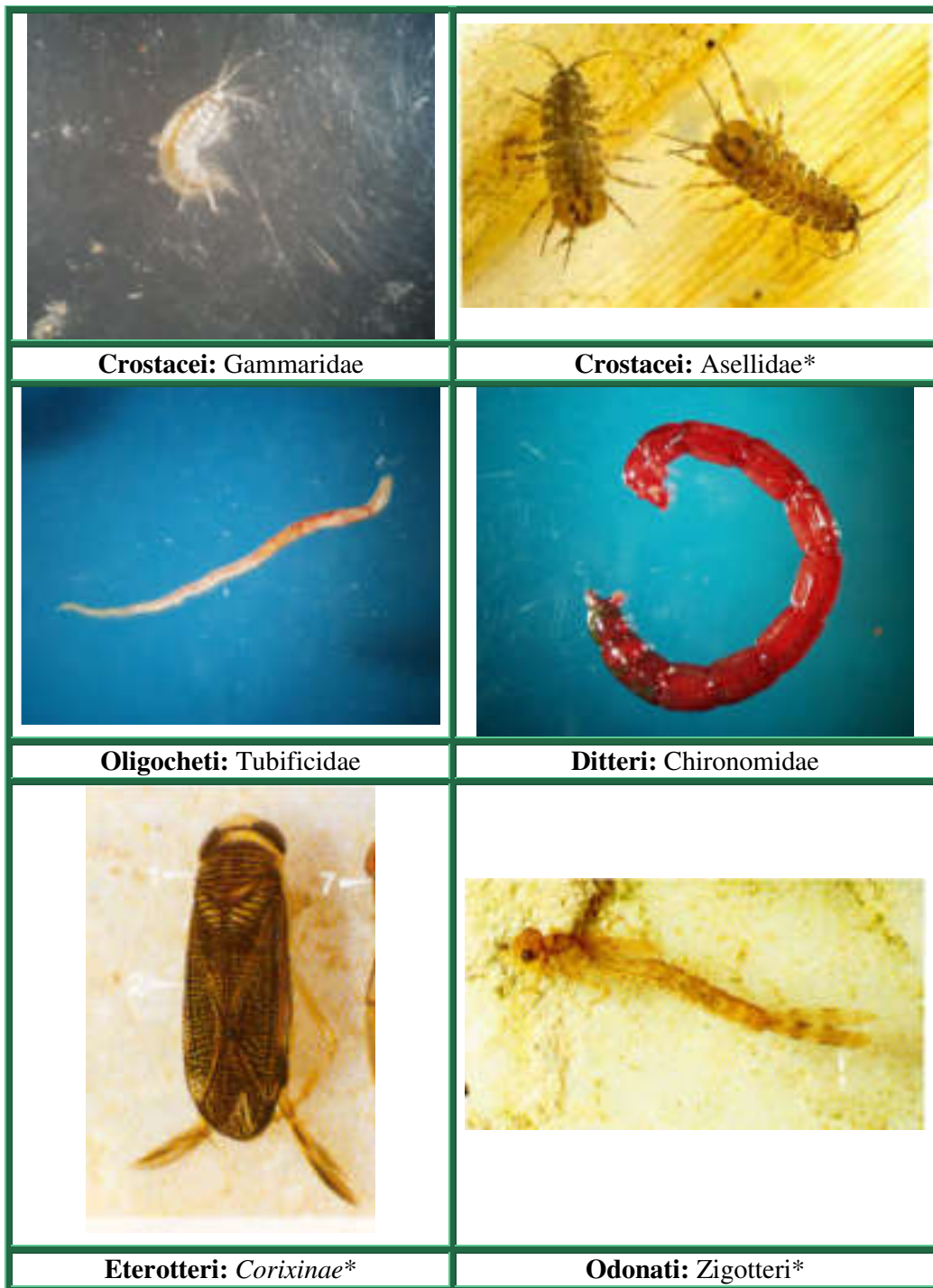


Foto 3. Esempi di alcuni macroinvertebrati rinvenuti in Valle Santa.

\* Foto tratta da: "Atlante per il riconoscimento dei Macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiani"- Prov Aut. di Trento – 1998.

### 3. ANALISI CHIMICA DEI SEDIMENTI

In Valle Santa sono stati eseguiti campionamenti di sedimenti nel periodo 2003 – 2005; i prelievi di materiale per l'analisi chimica sono stati effettuati nel periodo estivo e nel periodo autunnale utilizzando una benna di tipo Van Veen.

I punti di prelievo sono stati individuati all'ingresso dell'acqua, al centro del canale sublagunare, all'uscita dell'acqua dalla valle (Fig. 2).

Le analisi chimiche sono state finalizzate a stabilire il grado di contaminazione di questa matrice ambientale.

Sono stati determinati i principali gruppi di sostanze ritenute pericolose per la loro tossicità, persistenza nell'ambiente o bioaccumulo; sono quindi stati determinati i metalli tossici, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), gli insetticidi organoclorurati, gli erbicidi, i policlorobifenili (PCB).

Sono considerati metalli tossici o nocivi: cadmio, mercurio, nichel, piombo, rame, zinco, cromo totale, arsenico.

La concentrazione di metalli nei sedimenti dipende dalla natura e dall'uso dei suoli, e dalle attività produttive che immettono nell'ambiente composti inquinanti contenenti i metalli tossici.

Nei sedimenti di Valle Santa sono stati ricercati i metalli che sono ritenuti tossici per la vita acquatica e che rientrano tra i composti regolamentati dal D.M. 471/99, il quale ne fissa i valori soglia per i suoli in funzione dell'uso (uso verde pubblico, privato e residenziale oppure commerciale e industriale).

Tutti i composti ricercati sono inferiori ai limiti di riferimento del D.M. 471/99.

Nei sedimenti sono state trovate tracce di arsenico e cadmio, mentre le concentrazioni di mercurio sono inferiori ai limiti.

Lo zinco, il nichel ed il cromo sono in quantità leggermente superiore nel punto di scarico dell'acqua, mentre il rame ed il piombo sono leggermente superiori nel punto d'ingresso (Fig. 40 ); tuttavia disponendo di un numero di campionamenti più rappresentativo, non è detto che il risultato del trattamento statistico dei dati dia una differenza significativa tra i punti d'ingresso e d'uscita dell'acqua.

Le sostanze che fanno parte degli IPA si ritrovano nell'ambiente per effetto delle attività antropiche; in particolare questi composti derivano da tutte le attività di combustione, si ritrovano anche in oli esausti e possono essere rilasciati da attività del settore meccanico.

I processi di dilavamento del suolo e lo scolo di acque reflue diffondono nell'ambiente questi composti.

In Valle Santa, nel punto d'ingresso dell'acqua sono state trovate concentrazioni notevolmente superiori rispetto al punto d'uscita (Fig. 41 ). Per questo gruppo di composti le differenze tra i due punti sono maggiori rispetto a quanto osservato per i metalli. Questo potrebbe essere attribuito alle manovre idrauliche d'immissione dell'acqua in valle, le quali possono produrre un rimescolamento o una risospensione del materiale solido del fondo, generando un disturbo maggiore rispetto al punto di uscita dell'acqua; si sottolinea inoltre che gli IPA sono poco solubili in acqua e quindi si legano ai sedimenti.

Risultati analoghi sono stati osservati per altri composti come, ad esempio, gli insetticidi organoclorurati.

Appartengono a questo gruppo di fitofarmaci alcuni principi attivi, noti per la loro persistenza nell'ambiente anche se ormai sono decenni che ne è stato vietato l'uso.

In Valle Santa è da segnalare la presenza del DDT, unico ad essere presente in quantità strumentalmente significative tra gli insetticidi organoclorurati ricercati; la contaminazione è quantitativamente superiore nel punto d'ingresso dell'acqua rispetto a quello d'uscita (Fig. 42).

Sono stati ricercati anche gli erbicidi che sono più comunemente impiegati, in funzione del tipo di colture, nell'area del bacino idrico di cui fa parte Valle Santa; per questo gruppo di composti non sono state trovate quantità rilevabili strumentalmente.

Un altro gruppo di composti che sono ricercati nelle indagini di contaminazione ambientale sono i PCB; la generale diffusione nell'ambiente fu osservata per la prima volta da Jensen nel 1966.

Attualmente si ritiene che una grande varietà di vie di contaminazione ambientale derivi dall'uso e dalla distruzione dei PCB.

In conseguenza della loro stabilità, soltanto una piccola parte dei PCB totali, prodotti dal 1930 al 1980, può essere distrutta tramite processi naturali o indotti dall'uomo.

Nell'indagine ARPA si è ritenuto sufficiente determinare solo il valore di PCB (somma di congeneri 52, 77, 81, 128, 138, 153, 169), che considera tutti i composti più rilevanti sotto il profilo ambientale consigliati anche in sede internazionale (EPA, UNEP) e che sono indicati nel D.L.vo 152/99 come "microinquinanti e sostanze pericolose di prima priorità da ricercare nei sedimenti".

L'obiettivo in questo caso è stato quindi quello di quantizzare la contaminazione ambientale di fondo per questo gruppo di sostanze.

Si può osservare che le concentrazioni di PCB (somma di cogeneri 52, 77, 81, 128, 138, 153, 169) sono inferiori a 0,15 µg/l in tre campioni su quattro (Fig. 43).

Si può quindi concludere che la contaminazione per IPA, fitofarmaci e PCB si attesta ai valori di fondo riscontrati sul nostro territorio ed ubiquitari in generale dell'ambiente.

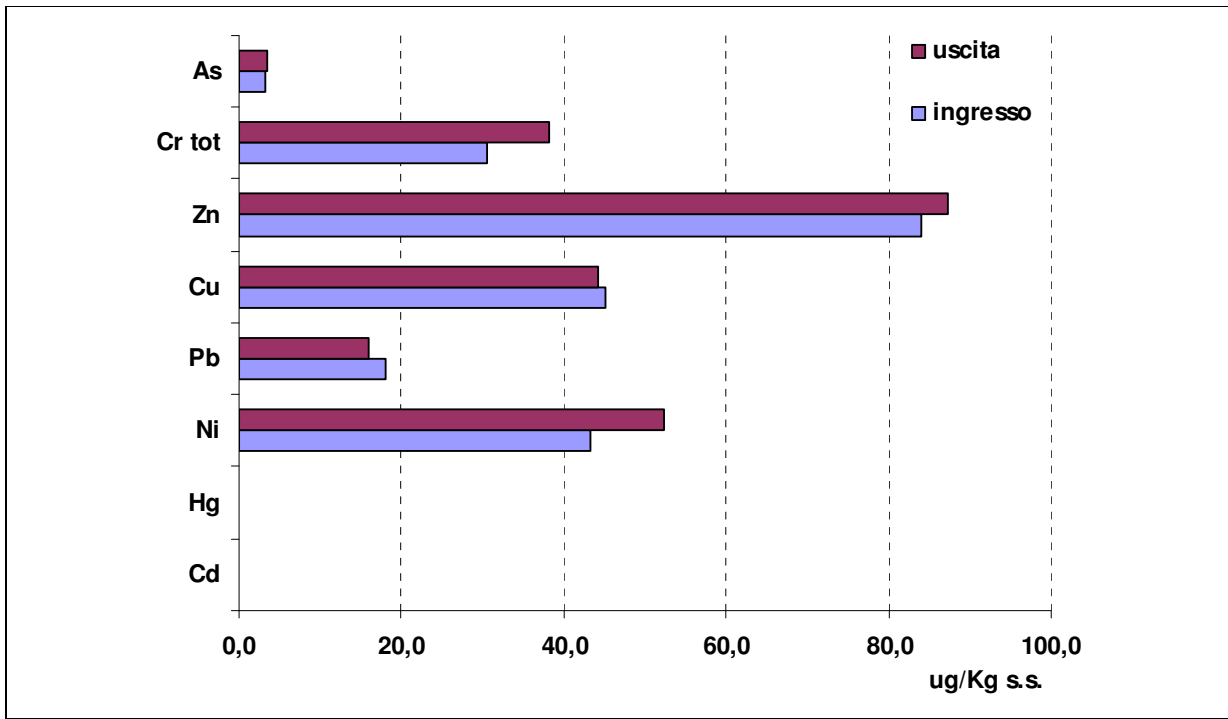


Figura 40. Analisi dei metalli: confronto dei sedimenti nel punto in ingresso con quelli nel punto d'uscita dell'acqua da Valle Santa (valori mediani relativi al periodo 2003 – 2005).

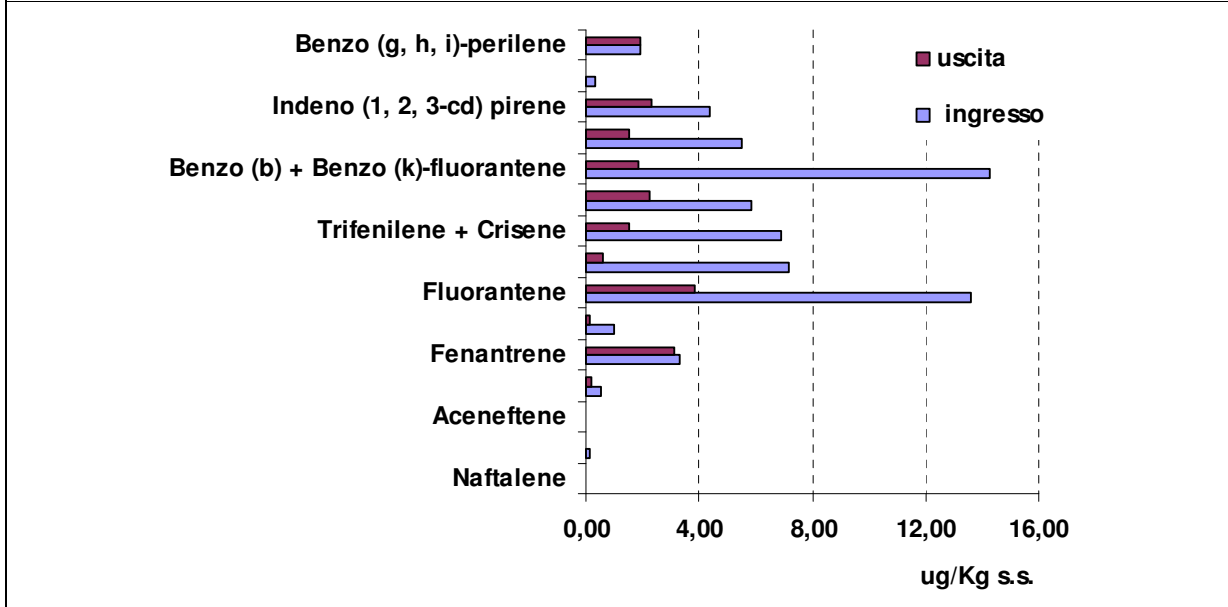


Figura 41. Analisi degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA): confronto dei sedimenti nel punto in ingresso con quelli nel punto d'uscita dell'acqua da Valle Santa (valori mediani relativi al periodo 2003 – 2005).

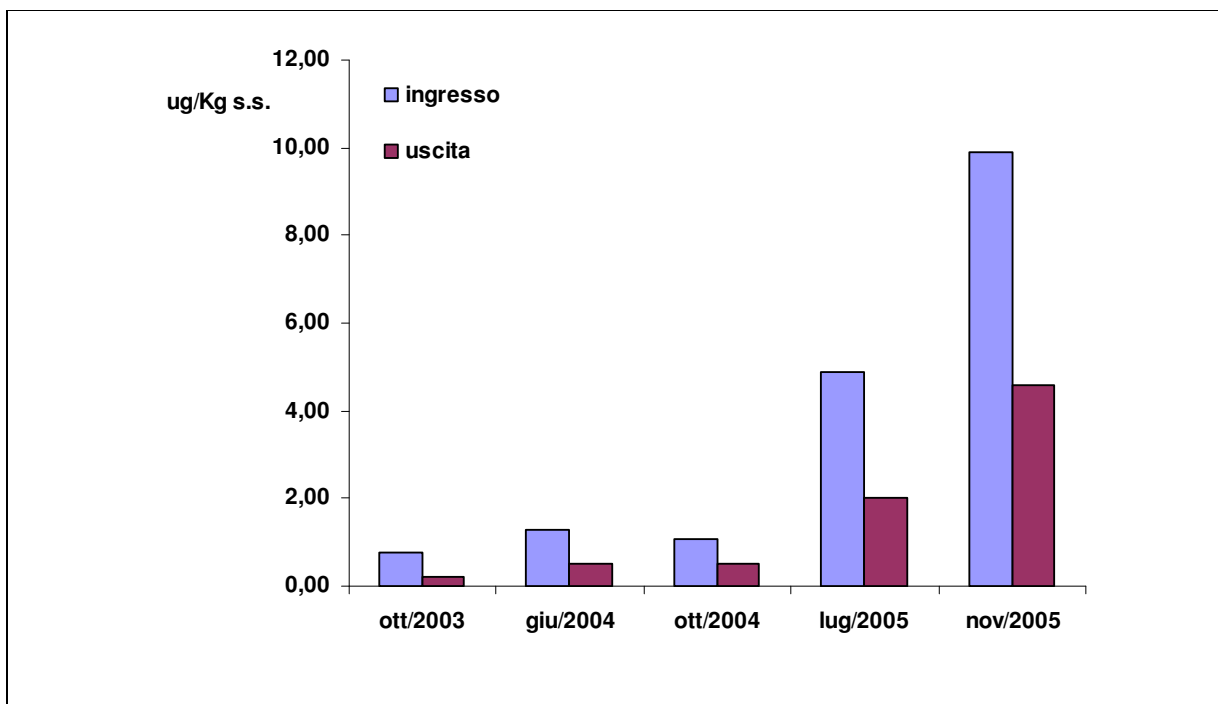


Figura 42. Valori di DDT misurati nei sedimenti nel periodo 2003 – 2005 (confronto dell'acqua in ingresso con quella in uscita a Valle Santa).

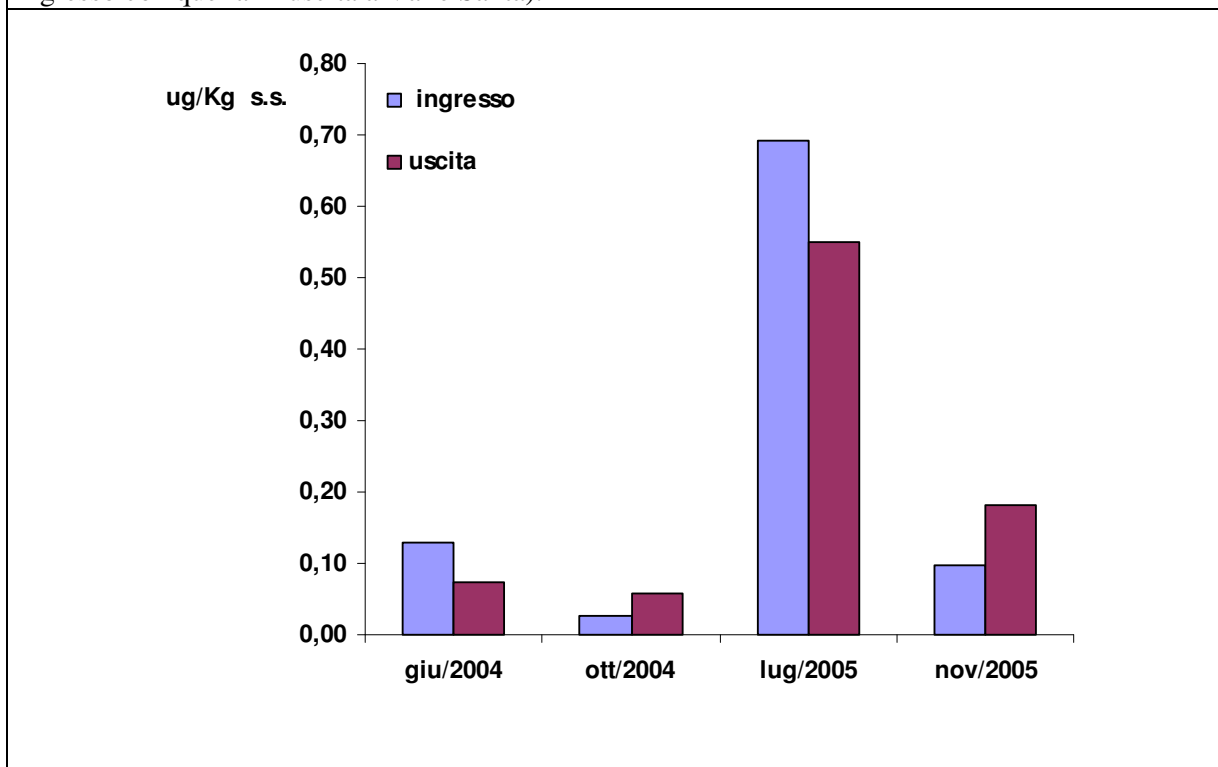


Figura 43. Valori di PCB (somma di congeneri 52, 77, 81, 128, 138, 153, 169) misurati nei sedimenti nel periodo 2003 – 2005 (Confronto dell'acqua in ingresso con quella in uscita a Valle Santa).

#### 4. CONSIDERAZIONI

Le risultanze che emergono dalle analisi condotte sulla componente biotica dell'acqua, fitoplancton e macroinvertebrati, riflettono ed integrano le osservazioni derivanti dall'analisi delle componenti fisiche.

Le analisi condotte sui sedimenti e sull'acqua hanno fornito una buona conoscenza dello stato ambientale; le sostanze tossiche o nocive presenti nei sedimenti sono in quantità paragonabili a quelle di un inquinamento diffuso che si riscontra nel nostro territorio ed in aree antropizzate simili.

Dall'analisi chimica dell'acqua si evince che nella valle arrivano carichi organici e di nutrienti elevati, responsabili di frequenti abbassamenti delle concentrazioni di ossigeno.

La biomassa fitoplanctonica in ogni periodo dell'anno deriva dall'ampia disponibilità di fosforo ed azoto, di cui sono cariche le acque in entrata nella valle. Si può ritenere che la valle si comporti come un ampio bacino di fitodepurazione, in cui le acque in entrata vengono depurate attraverso lo sviluppo del canneto e dei bloom fitoplanctonici.

Se questo aspetto può considerarsi normale in bacini fortemente eutrofizzati dalle pressioni antropiche, può risultare tuttavia critico quando i bloom algali coinvolgono specie fitoplanctoniche che sono in grado di produrre tossine, come l'esplosione di *Cylindrospermopsis raciborskii* osservata in Valle Santa nell'estate del 2003 e 2004.

Gli effetti nocivi che questi fenomeni possono avere su questo ambiente sono ancora, per nostra fortuna, da dimostrare. Il miglioramento registrato nel corso del 2005 induce a due considerazioni principali:

1. appare necessario un progetto di monitoraggio per il controllo dell'andamento della presenza di alghe azzurre;
2. definire un programma di monitoraggio chimico dei parametri particolarmente critici (nutrienti, sostanza organica, materiali in sospensione totali);
3. occorre progettare per tempo interventi di gestione, sul tipo di quello appena concluso, miranti anche alla prevenzione dello sviluppo di bloom fitoplanctonici.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Wehr J.D., Sheath R.G. : "Freshwater Algae of North America" -Academic Press - 2003.
- Streble H., Krauter D.: "Atlante dei Microrganismi acquatici" - F. Muzzio & C. -1984.
- Ghetti P.F. : "Manuale di applicazione Indice Biotico Esteso (I.B.E.)" - Prov. Aut. Trento -1997.
- AA.VV. : "Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani " - Prov. Aut. Trento - 1998.
- Fitter R., Manuel R. : "La Vita nelle Acque dolci" - F. Muzzio & C. -1993.
- Hotzel G., Croome R.: "A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwater" - Green Words & Images, Canberra – 1999
- Viaroli P., Ferrari I. : "Per una ricerca di ecologia nelle valli di Campotto" - Quaderni di Campotto 2 - Nuova Alfa ed. 1992.
- AA.VV. : "Invasive Blue-Green Alga Found in Indiana Lakes" - Water Column - Fall 2001- Vol. 13 No. 4.
- Smith V.H. : "Blue-green Algae in Eutrophic Fresh Waters" - Spring 2001 - Lakeline
- Sournia A. : "Phytoplankton Manual" - UNESCO – 1978.
- Hillebrand H. et al.: "Biovolume Calculating for Pelagic and Benthic Microalgae" - J. Phycol. 35, 403-424 -1999.
- AA.VV. : "Diffusione delle fioriture algali tossiche nelle acque italiane: gestione del rischio ed evidenze epidemiologiche". Rapporti ISTISAN 05/29.

Siti WEB di interesse

[http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/toxicyanobact/](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/toxicyanobact/)

<http://www.cyanosite.bio.purdue.edu/>

<http://www.icm.csic.es/bio/projects/lifehab/LIFEHAB.pdf>

<http://www.aims.gov.au/arnat/arnat-010-03-02.htm>

<http://www.iep.ca.gov/>

<http://www.unipa.it/IstitutoItaloRusso/biblioteca/taxonomy-padisak.pdf>