



Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Istituto per lo Studio degli Ecosistemi**

Verbania Pallanza

---

# R E P O R T

CNR-ISE, 03.09

## **STUDI LIMNOLOGICI SUL BACINO DEL LAGO DI CANDIA**

G. Morabito, M. Ciampittiello, A. Oggioni, M. Austoni, N. Riccardi, P. Volta,

I. Cerutti, A. Pranzo & G. Tartari

2009

Convenzione tra CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi e Ente di Gestione del Parco  
Naturale di Interesse Provinciale del Lago di Candia 2008-2010

Responsabile del presente rapporto:  
Giuseppe Morabito

Hanno collaborato alle indagini i ricercatori:  
Marzia Ciampittiello, Alessandro Oggioni, Martina Austoni, Nicoletta Riccardi e Pietro Volta  
ed i tecnici:  
Igor Cerutti, Alfredo Pranzo e Gabriele Tartari

STUDI LIMNOLOGICI SUL BACINO DEL LAGO DI CANDIA  
RELAZIONE DELL'ATTIVITA' SVOLTA NEL 2008

*Ringraziamenti*

L'indagine sulla fauna ittica del Lago di Candia non avrebbe avuto luogo senza il contributo dei pescatori del Lago di Candia che hanno puntualmente registrato le catture effettuate. A loro un sentito ringraziamento, con la speranza che sia l'inizio di un percorso di collaborazione condiviso.

Si ringrazia il personale del Parco, in primis il guardiaparco Sig. Mario Zucca, per l'assistenza fornita durante le indagini di campo nelle varie fasi della ricerca.

Un sentito ringraziamento al Personale del JRC di Ispra, Dr. Niels Jepsen e Sig. Bruno Paracchini, per aver fornito parte delle attrezzature e per il sostanziale aiuto nelle fasi di campionamento.

In copertina: Alba sul Lago di Candia (Ph. G. Morabito)

## INDICE

1. Meteorologia e livelli del lago .....	4
1.1 Precipitazioni .....	5
2.1 Livello del lago .....	5
3.1 Temperatura .....	6
2. Parametri chimici .....	8
2.1. Nutrienti algali .....	9
3. Biocenosi vegetali .....	12
3.1. Clorofilla algale e composizione della comunità fitoplanctonica .....	13
3.2. Valutazione trofica del Lago di Candia attraverso l'indice fitoplanctonico di qualità PTIot ..	15
3.3. Macrofite acquatiche .....	17
3.3.1 Idrofite sommerse .....	17
3.3.2 Idrofite a foglie galleggianti .....	18
3.3.3 Il raccolto delle idrofite sommerse .....	19
3.3.4 Lavori previsti per il 2009 .....	20
4. Biocenosi animali .....	21
4.1 Fauna ittica .....	22
4.1.1 Introduzione .....	22
4.1.2. Monitoraggio fauna ittica .....	22
4.2 Zooplancton .....	24
4.2.1 Analisi dell'evoluzione storica dei popolamenti .....	24
4.2.2 Considerazioni conclusive e prospettive future .....	28
Appendice .....	31

# **1. Meteorologia e livelli del lago**

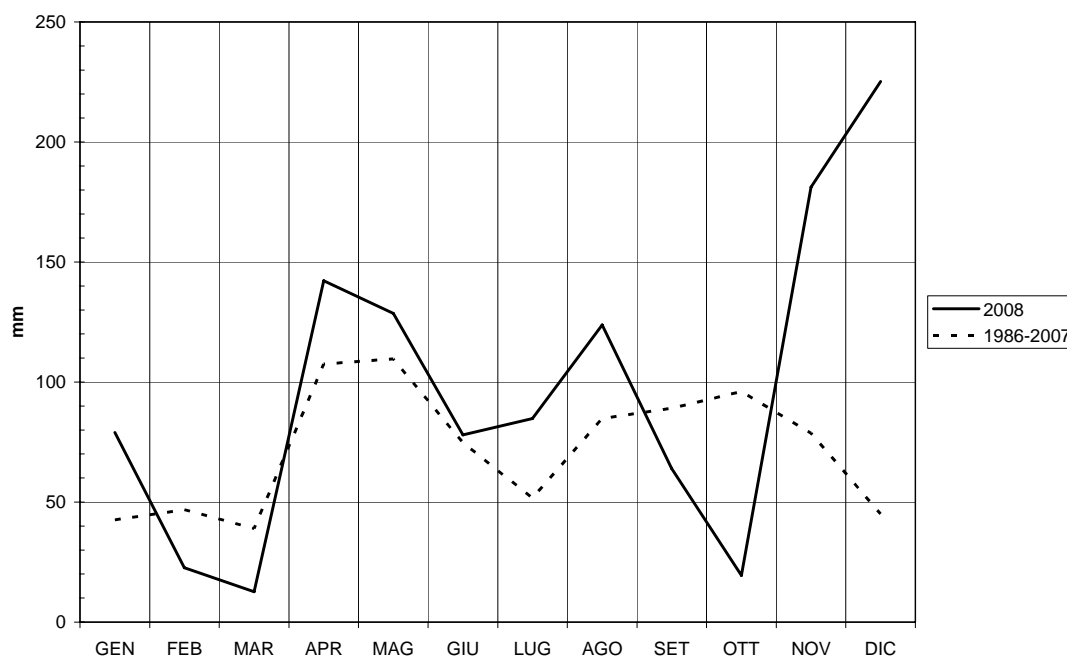
## 1.1 Precipitazioni

Le piogge registrate nell'anno 2008 alla stazione posta in prossimità del Lago di Candia, sono pari a 1161 mm, contro gli 865 mm del periodo di riferimento (1986-2007). I mesi che hanno fatto registrare le maggiori precipitazioni (Tabella 1) sono stati, aprile e dicembre, seguiti da agosto. Dicembre è stato particolarmente piovoso, soprattutto in riferimento al valore medio pluriennale, 225 mm contro i 45 mm del periodo 1987-2007. I mesi meno piovosi sono stati marzo e ottobre. In particolare si segnalano solo 19 mm ad ottobre, rispetto ai 95 mm dello stesso mese per il periodo di riferimento.

**Tab. 1.** Valori di pioggia mensili per l'anno 2008, misurati alla stazione meteorologica di Candia, posti a confronto con valori pluriennali.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2008	79	23	13	142	129	78	85	124	64	19	181	225
1986-2007	43	47	39	108	110	75	52	85	89	96	79	45

L'andamento annuale delle piogge (Figura 1) è caratterizzato da due massimi uno in primavera e l'altro in inverno (il più accentuato) e da due minimi uno a fine inverno e l'altro in autunno. Secondo le caratteristiche climatiche del bacino del Lago di Candia (sub litoraneo occidentale) i due massimi si identificano in primavera e autunno e i due minimi a fine inverno e in estate (grafico 1, periodo 1986-2007). Nel 2008 c'è stato uno spostamento del minimo e del massimo valore registrati nella seconda parte dell'anno. Un massimo invernale anziché autunnale e un minimo autunnale anziché estivo.



**Fig. 1.** Andamento mensile delle piogge per l'anno 2008, a confronto con gli andamenti medi mensili pluriennali (1986-2007).

## 2.1 Livello del lago

Il livello del Lago di Candia nel 2008 è stato, mediamente basso, con un valore medio annuale di 32 cm, mentre per il periodo di riferimento (1987-2007), si riporta un valore medio annuale di 43 cm. I

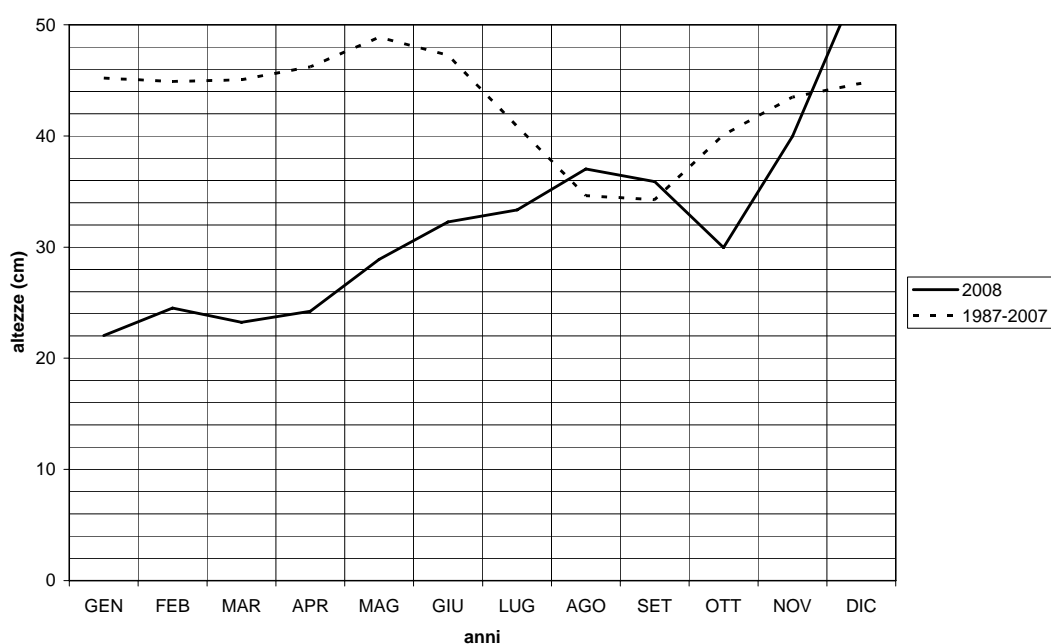
mesi durante i quali il livello è rimasto molto al di sotto della media pluriennale sono stati gennaio, febbraio, marzo, aprile e maggio (Tabella 2). Si è registrato un innalzamento dei livelli a partire da giugno, fino ad arrivare ad un valore maggiore della media pluriennale a dicembre, soprattutto per le abbondanti precipitazioni cadute nel mese. Fa eccezione ottobre, che ha visto il livello del lago scendere nuovamente sotto il valore medio del periodo di riferimento (Figura 2).

**Tab. 2.** Livelli medi mensili del lago di Candia, per l'anno 2008, posti a confronto con valori medi pluriennali (1987-2007).

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2008	22	25	23	24	29	32	33	37	36	30	40	54
1987-2007	45	45	45	46	49	47	41	35	34	40	43	45

L'andamento del livello del lago non rispecchia quello delle piogge in modo evidente; la risposta dei livelli del lago risulta spesso spostata nel tempo e meno impulsiva anche a causa del complesso sistema acque sotterranee-lago caratteristico del Lago di Candia. Sicuramente le abbondanti precipitazioni hanno influenzato il livello, questo si evidenzia soprattutto dal fatto che, dall'inizio dell'anno esso è risultato in continua crescita; come già sopra citato, fa eccezione il mese di ottobre, quando il livello del lago è diminuito nuovamente, per poi risalire a dicembre.

I bassi livelli di inizio anno sono molto probabilmente legati alle poche precipitazioni degli ultimi tre mesi dell'anno precedente (2007).



**Fig. 2.** Andamento mensile del livello del Lago di Candia per l'anno 2008, a confronto con il periodo di riferimento 1987 – 2005.

### 3.1 Temperatura

La temperatura media annuale del 2008 è stata di 11.9 °C, +1.1°C rispetto alla temperatura media pluriennale del periodo di riferimento (1987-2007) pari a 10.8 °C.

I mesi più caldi sono stati, luglio ed agosto seguiti da giugno (tabella 1). Quello più freddo dicembre. Tutti i mesi del 2008 sono stati più caldi rispetto ai valori medi mensili del periodo di riferimento, ma la maggior differenza si è riscontrata nel mese di gennaio con +2.2°C e di marzo

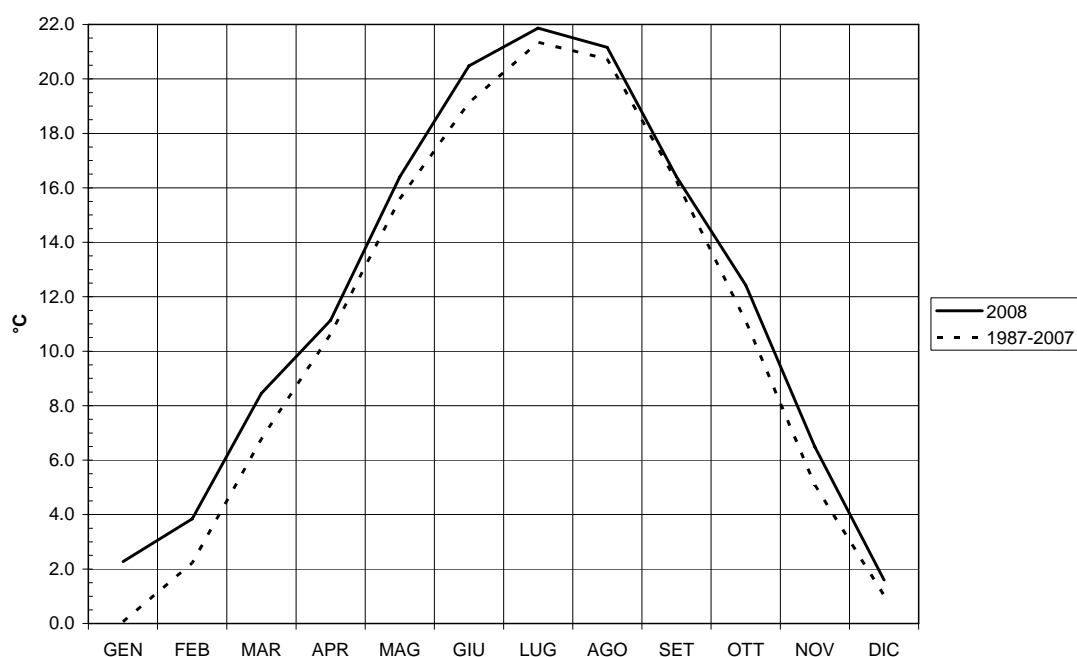
con +1.7 °C. Il mese che ha fatto registrare temperature più simili alla media pluriennale è stato settembre 16.4 °C nel 2008 rispetto ai 16.2 °C registrati nel periodo 1987-2007.

**Tab. 3.** Valori medi mensili di temperatura, misurati alla stazione meteorologica di Candia, per l'anno 2008, posti a confronto con il periodo di riferimento 1987-2007.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2008	2.3	3.8	8.4	11.1	16.4	20.5	21.9	21.2	16.4	12.4	6.5	1.6
1987-2007	0.1	2.2	6.8	10.6	15.6	19.1	21.3	20.7	16.2	11.1	5.1	1

L'andamento annuale delle temperature segue quello tipico del clima temperato sub-continentale, caratterizzato da una temperatura media annua compresa tra i 10°C e i 14.4°C, e da una escursione media annua superiore ai 19°C.

Gli scostamenti maggiori tra le temperature dell'anno 2008 e quelle del periodo di riferimento si identificano in inverno e all'inizio della primavera (Figura 3).



**Fig. 3.** Andamento medio mensile della temperatura dell'aria, per l'anno 2008, a confronto con il periodo di riferimento 1987-2007.

## **2. Parametri chimici**



I dati relativi all'anno 2008 si riferiscono ai campionamenti effettuati tra Marzo e Novembre. A causa delle avverse condizioni meteorologiche, non è stato possibile effettuare il prelievo di Dicembre, poiché, a causa della eccezionale quantità di pioggia caduta sul bacino, il livello del lago era talmente elevato da non permettere l'alaggio dell'imbarcazione.

### 2.1. Nutrienti algali

Rispetto al dato relativo al 2007, riportato nella predente relazione, i valori dell'azoto inorganico nella forma di ione ammoniacale ed in quella di ione nitrato sono leggermente diminuiti. Le concentrazioni medie annue nello strato da 0 a 6 m di profondità sono scese, per l'azoto ammoniacale, da  $270 \mu\text{g l}^{-1}$  a  $197 \mu\text{g l}^{-1}$ . Questi valori si collocano all'interno della viabilità del periodo 2000-2006 che è caratterizzato da concentrazioni superiori a quelle del periodo 1991-1999, come evidenziato nella relazione relativa al 2007.

La figura 4 riporta l'andamento stagionale delle concentrazioni su colonna dell'azoto ammoniacale, nei due anni 2007 e 2008. L'evoluzione annuale di questo parametro è simile nei due anni considerati, essendo caratterizzata da una distribuzione omogenea nei periodi di mescolamento autunnale e primaverile e da un accumulo estivo di ammonio negli strati più profondi del lago, dove avviene la mineralizzazione delle sostanze organiche. Tuttavia nel 2007 si osserva una maggiore estensione temporale di questo strato ad elevato contenuto di ammonio, che permane per tutto il periodo estivo. Il maggiore accumulo di ammonio nel 2007 nella zona ipolimnetica determina, al momento della circolazione autunnale, una maggiore concentrazione su colonna rispetto a quanto misurato nel 2008.

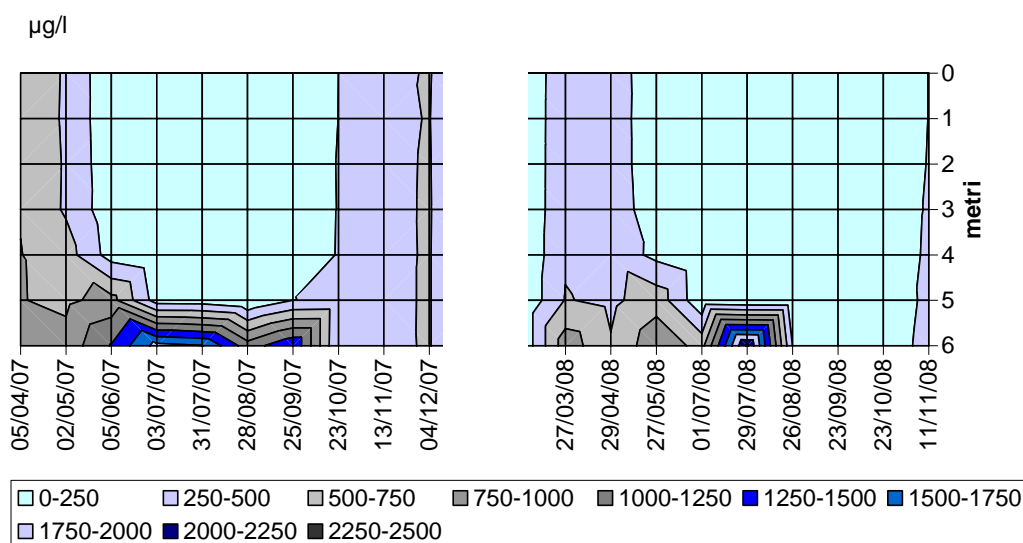
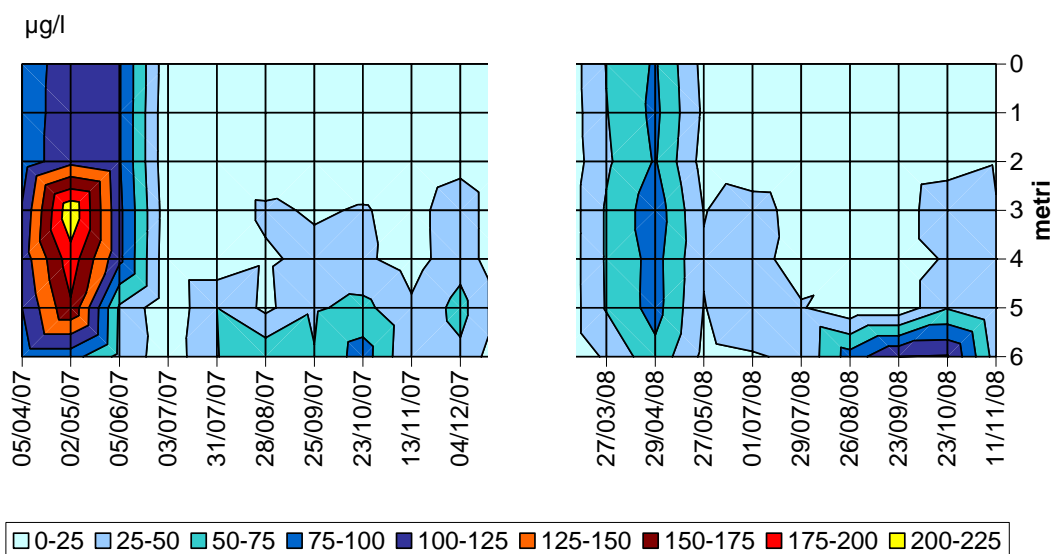


Fig. 4. Variazioni stagionali della concentrazione dell'azoto ammoniacale nel periodo 2007-2008.

Le concentrazioni dell'azoto nitrico sono diminuite, in media annua, da  $41 \mu\text{g l}^{-1}$  a  $33 \mu\text{g l}^{-1}$ . Come esposto nella precedente relazione di attività, l'evoluzione pluriennale è simile a quella dell'azoto ammoniacale fatta eccezione per le alte concentrazioni del periodo 1993-1996. Limitatamente agli anni 2007 e 2008, si osserva un ciclo stagionale simile, con i valori massimi di concentrazione riscontrati nel periodo di massima circolazione ed i minimi misurati durante la

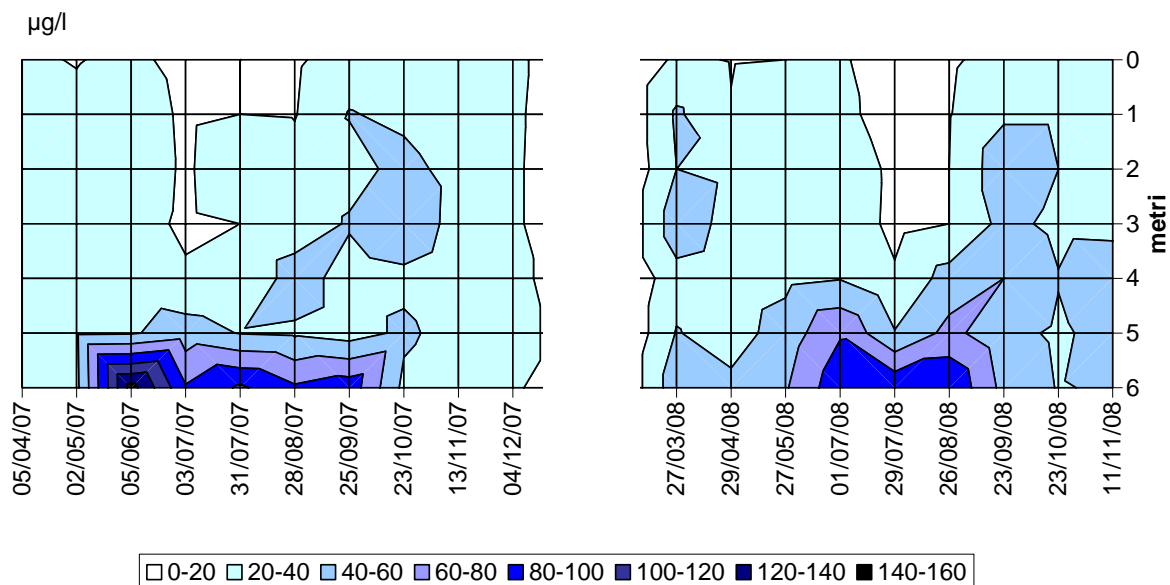
stagione di crescita della vegetazione acquatica (Fig.5). Dal confronto interannuale risulta evidente che le differenze maggiori di concentrazione si osservano in occasione del mescolamento primaverile, con valori decisamente più bassi nel 2008 rispetto all'anno precedente. Ciò potrebbe dipendere, almeno in parte, dalla scarsità di precipitazioni degli ultimi mesi del 2007, essendo gli apporti di nitrati strettamente dipendenti dal dilavamento del suolo coltivato e dalle acque sotterranee che alimentano il lago.



**Fig. 5.** Variazioni stagionali della concentrazione dell'azoto nitrico nel periodo 2007-2008.

Al contrario dell'azoto, la concentrazione media annuale del fosforo totale nel 2008 si è mantenuta sostanzialmente invariata, passando dal valore di  $32 \mu\text{g l}^{-1}$  nel 2007 a quello di  $35 \mu\text{g l}^{-1}$  nel 2008, confermando pertanto la tendenza alla diminuzione che si era innescata nel 2004. Tuttavia, è necessario considerare che, per avere una indicazione più affidabile sul potenziale trofico di un ecosistema lacustre, va focalizzata l'attenzione sulla concentrazione misurata al momento della circolazione primaverile. Questo valore, nel 2008, è stato di  $41 \mu\text{g l}^{-1}$ , tale da far attribuire al Candia un stato trofico tra la mesotrofia e l'eutrofia.

Per quanto riguarda l'andamento stagionale di questo parametro negli anni 2007 e 2008 (Fig.6), il ciclo è stato pressoché identico, con i mesi della primavera e dell'autunno caratterizzati da valori omogenei sull'intera colonna, mentre in estate le concentrazioni lungo la verticale appaiono fortemente disomogenee, con un aumento in prossimità del fondo ed una forte riduzione negli strati più superficiali. Queste differenze lungo la verticale sono legate ai fenomeni di accumulo della sostanza organica in prossimità dei sedimenti ed al consumo di nutrienti nella zona eufotica, a seguito dell'attività del fitoplancton. La forte stratificazione termica, che si instaura nel lago dopo la circolazione primaverile, contribuisce a mantenere fisicamente separati questi due strati d'acqua, confinando nell'ipolimnio notevoli quantità di nutrienti che potrebbero, potenzialmente, alimentare la produttività del fitoplancton.



**Fig. 6.** Variazioni stagionali della concentrazione del fosforo totale nel periodo 2007-2008.

La concentrazione del fosforo reattivo è stata per tutto l'anno molto bassa, e quasi sempre al di sotto del limite di rilevabilità analitica di  $3 \mu\text{g l}^{-1}$ , ricalcando la situazione osservata a partire dal 2004. Questa forma di fosforo è quella più rapidamente utilizzabile dal fitoplancton e per questo motivo è assente soprattutto nella zona epilimnica durante la maggior parte dell'anno. La sua marcata riduzione a partire dal 1991 è dovuta al minor rilascio dei sedimenti in conseguenza delle migliori condizioni di ossigenazione del fondo del lago. Anche la componente non reattiva del fosforo totale contribuisce alla crescita del fitoplancton cedendo fosforo sotto l'azione di particolari enzimi algali.

### **3. Biocenosi vegetali**

### 3.1. Clorofilla algale e composizione della comunità fitoplanctonica

Nel 2008 la concentrazione media annua della clorofilla totale, espressione della biomassa fitoplanctonica, è stata di  $18,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , mostrando quindi un sensibile aumento rispetto al 2007. Il confronto tra il 2007 ed il 2008 su base stagionale (Fig. 7) mostra chiaramente come le concentrazioni sulla colonna siano state maggiori nel 2008 pressoché in tutte le stagioni, raggiungendo addirittura valori intorno ai  $100 \mu\text{g l}^{-1}$  in epilimnio durante l'estate. L'aumento complessivo della biomassa algale nel 2008 non è da attribuirsi ad un maggiore apporto di nutrienti algali, la cui disponibilità non sembra aumentata rispetto al 2007. Alla luce dei dati disponibili, il fenomeno che potrebbe avere stimolato maggiormente lo sviluppo del fitoplancton è l'aumento di temperatura: come descritto nel capitolo 1, la temperatura del 2008 ha superato di quasi  $2^\circ\text{C}$  quella dei mesi primaverili relativa al periodo 1986-2007 e di circa  $1^\circ\text{C}$  quella dei mesi estivi.

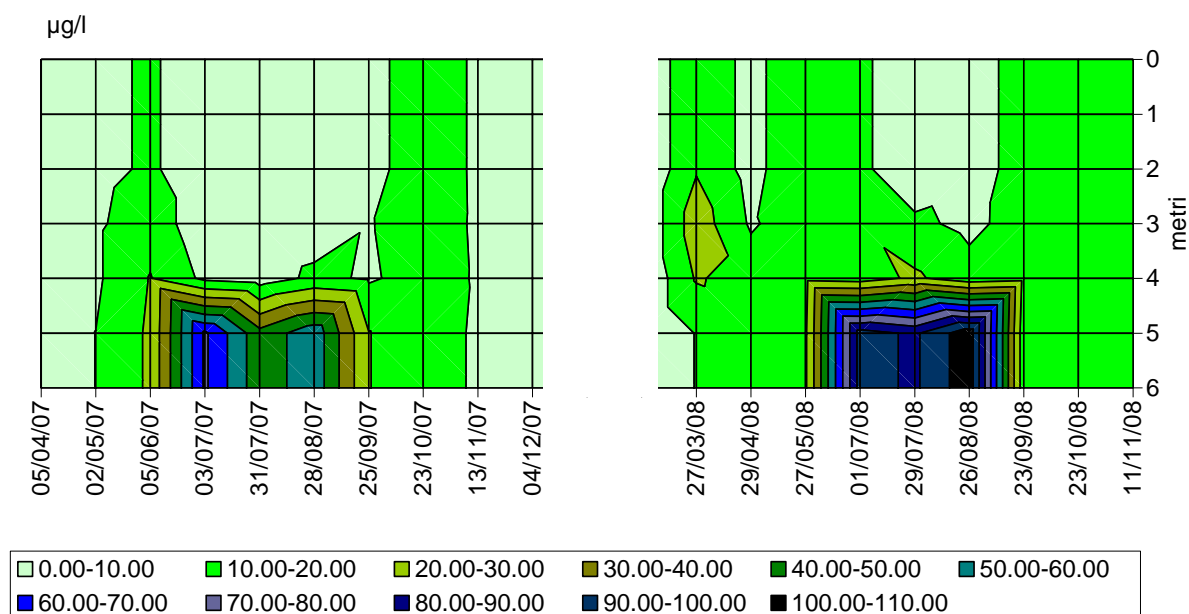
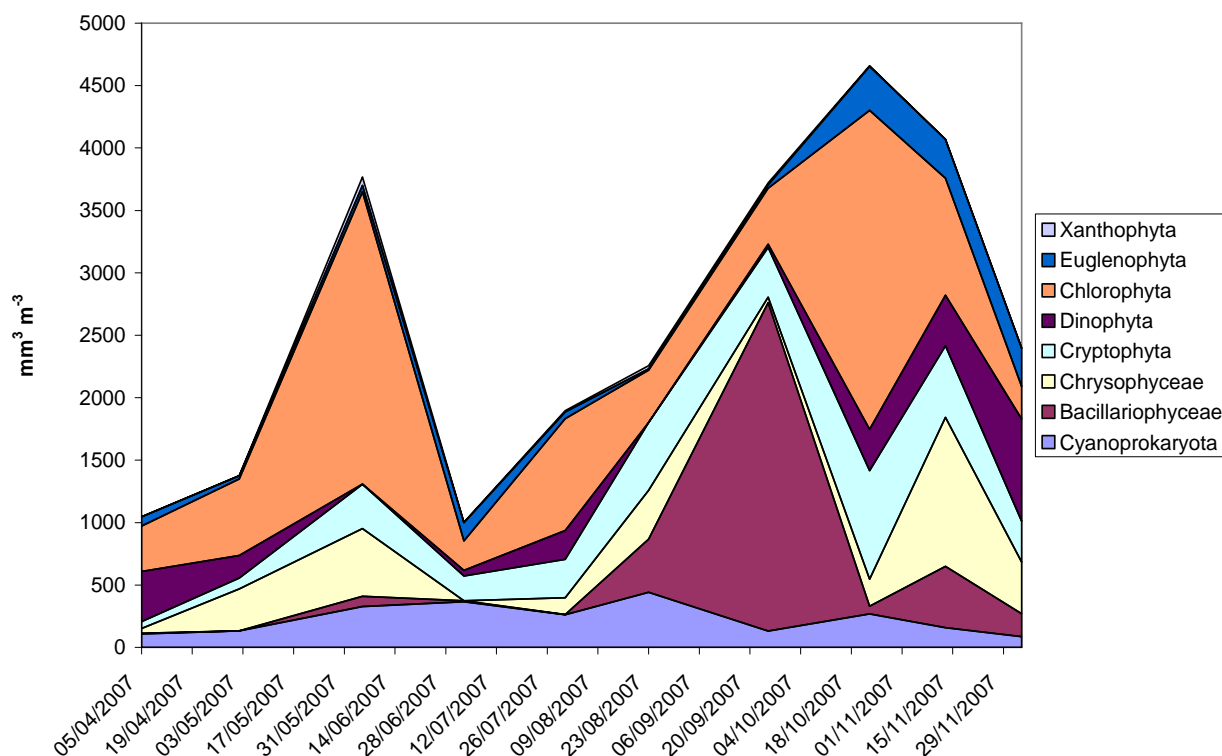


Fig. 7. Variazioni stagionali della concentrazione della clorofilla totale nel periodo 2007-2008.

La concentrazione media annua della clorofilla è un parametro classicamente utilizzato per dare un giudizio di qualità sullo stato trofico. Anche la Direttiva Comunitaria 2000/60 indica questa quantità come una delle metriche da utilizzare per definire lo stato di un ecosistema lacustre. Sulla base dei limiti tra le classi di qualità definiti dalla Commissione Europea a seguito della prima fase di intercalibrazione tra gli Stati Membri (Decisione n.915 del 23 Ottobre 2008), un valore medio annuo di  $18,1$  colloca il Lago di Candia nella penultima classe di qualità (scarso), attribuendo un rapporto di qualità ecologica (EQR) compreso fra  $0,15$  e  $0,18$ . Anche in questo caso si assiste ad un peggioramento rispetto al 2007, quando, con media annua di clorofilla di  $10,6$ , il Candia risultava collocato nella classe superiore (sufficiente), avendo un EQR compreso tra  $0,25$  e  $0,31$ .

Per quanto concerne la composizione specifica della comunità, saranno presentati i dati relativi al 2007, l'ultimo anno per il quale sono state portate a termine le analisi dei campioni di fitoplancton. Nel corso di quest'anno la comunità fitoplanctonica ha mostrato un'elevata biodiversità, essendo state rinvenute oltre 190 unità tassonomiche. La successione stagionale vede

la dominanza netta delle cloroficee, che raggiungono il 35% di biovolume medio annuo, come evidente in figura 8.



**Fig. 8.** Evoluzione stagionale del biovolume dei principali gruppi algali nel 2007.

Altri gruppi importanti, con valori intorno al 15% di biovolume medio annuo, sono criptoficee, crisoficee e diatomee. Le prime sono presenti durante l'intero anno, ma dominano nella tarda primavera ed in autunno, con picchi di biomassa superiori a  $2500 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$ . Le diatomee hanno caratterizzato soprattutto la fase estiva, mentre le crisoficee sono importanti in primavera ed autunno. Le criptoficee sono presenti con valori simili di abbondanza in tutte le stagioni. Il valore medio annuo di biomassa per il 2007, equivalente a  $2.6 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ , collocherebbe il Lago di Candia in una classe di trofia al limite tra sufficiente e buono, sostanzialmente in linea con quanto indicato dagli altri parametri considerati.

Per quanto riguarda la composizione specifica della comunità, numerose sono state le specie algali che hanno raggiunto una certa importanza nel corso delle stagioni. In termini generali, la dominanza esclusiva di una o poche specie riflette la presenza di condizioni ambientali estreme e, in questo caso, sarebbe indice di scarsa qualità dell'ambiente lacustre. Viceversa, nel Candia, l'alternanza di numerose specie algali è sintomo di un ambiente equilibrato e non pesantemente compromesso dal fenomeno dell'eutrofizzazione. La successione stagionale delle specie più importanti è presentata in Figura 9. La fase primaverile della successione è stata caratterizzata dalla dominanza delle due cloroficee *Sphaerocystis Schroeteri* e *Sphaerocystis planctonica*, insieme a *Peridinium bipes* e *Ceratium hirundinella*, entrambe dinoflegellate. All'inizio dell'estate sono ancora le cloroficee a dominare, con *Tetraedron minimum*: *Peridinium bipes* mantiene, tuttavia, una certa importanza. Nella tarda estate, invece, si osserva la prevalenza delle diatomee, con due specie di *Cyclotella*, *C. comensis* e *C. comta*. In autunno, con l'instaurarsi della circolazione e l'aumento della disponibilità dei nutrienti sulla colonna, si assiste allo sviluppo di *Microcystis aeruginosa*, specie classicamente associata a condizioni di eutrofia: tuttavia, il fatto che la biomassa raggiunta da questa specie si mantenga su valori relativamente modesti e che essa condivida la dominanza con

altre specie algali (soprattutto *Katablepharis ovalis*, *Peridinium bipes* e *Sphaerocystis schroeteri*) va interpretato come un segnale di buon equilibrio della biocenosi fitoplanctonica ad indicare che il Lago di Candia è lontano dalle situazioni di distrofia delle associazioni algali che si verificano negli ambienti molto compromessi.

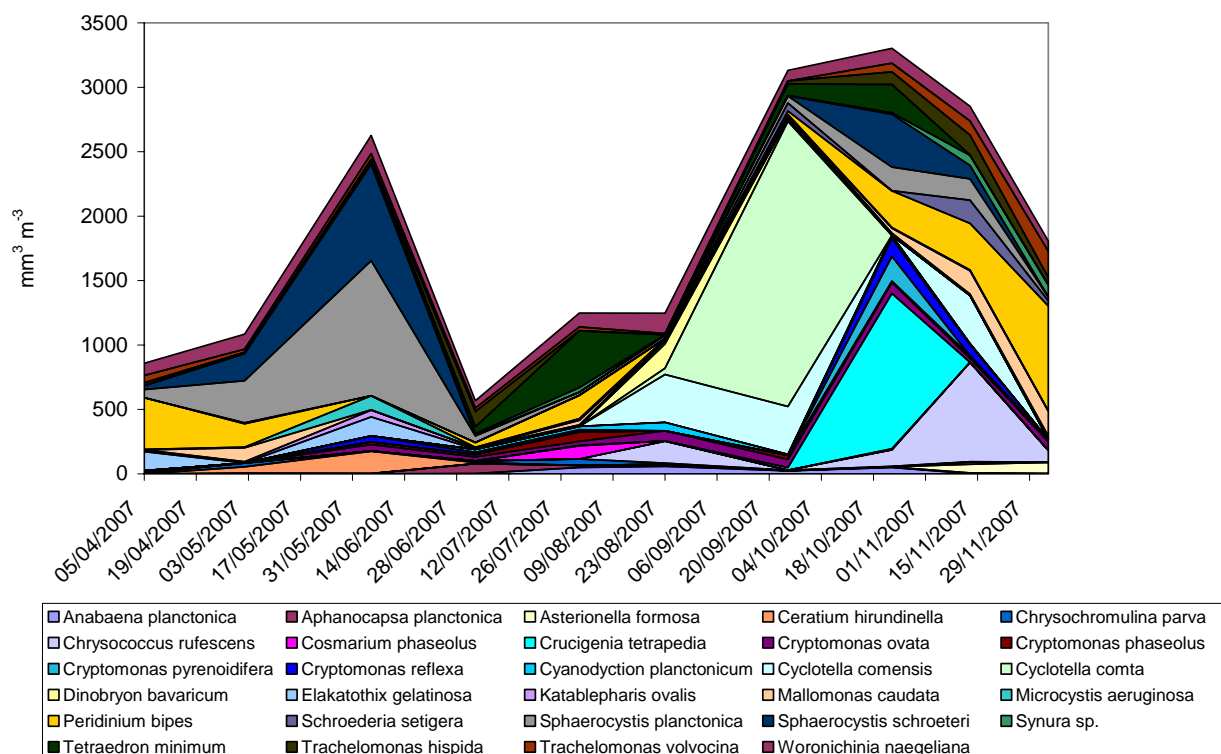


Fig. 9. Evoluzione stagionale del biovolume delle specie algali dominanti nel 2007.

### 3.2. Valutazione trofica del Lago di Candia attraverso l'indice fitoplanctonico di qualità PTI<sub>ot</sub>

La struttura delle associazioni fitoplanctoniche rispecchia le caratteristiche chimico-fisiche dell'ambiente lacustre, poiché specie differenti hanno esigenze ecologiche diverse. Il cambiamento delle specie nell'arco delle stagioni è guidato, in prevalenza, dai cambiamenti dell'ambiente fisico lacustre, come l'intensità della radiazione luminosa ed i cambiamenti nella struttura termica della colonna d'acqua. Alle variazioni di questi parametri il fitoplancton risponde con un'alternanza di specie che possiedono adattamenti morfologici e fisiologici specifici per rispondere alle alterazioni fisiche. Tuttavia, all'interno dello stesso spettro di adattamenti morfo-funzionali, troviamo specie con esigenze trofiche diverse, la cui presenza o assenza è, in gran parte, condizionata dalle risorse alimentari disponibili. In questo senso, la composizione specifica della comunità algale può essere presa come indicatrice della qualità trofica dell'ambiente: su questi presupposti si fonda la classificazione di qualità secondo la Direttiva Europea sulle Acque 2000/60/CE. Relativamente al fitoplancton, sono stati sviluppati, in ambito europeo, alcuni indici di qualità basati sulla composizione delle biocenosi algali: la valutazione trofica presentata di seguito per il Lago di Candia si basa sull'indice PTI<sub>ot</sub>, sviluppato in Italia nel 2006, sottoposto al processo di intercalibrazione a livello comunitario ed approvato dalla Commissione Europea con Decisione n. 915 del 23 Ottobre 2008.

L'indice è stato elaborato a partire da una serie di dati provenienti da laghi dell'Italia settentrionale, tra cui anche il Lago di Candia. La formula generale per il calcolo del PTI<sub>ot</sub> è la seguente:

$$PTI_{ot} = \frac{\sum a_i v_i TP_{opt}}{\sum a_i v_i}$$

Dove:

$a_i$  (mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) = biomassa media annuale

$v_i$  = valore trofico

$TP_{opt}$  (mg l<sup>-1</sup> TP) = optimum di fosforo totale della specie

Le variabili  $v_i$  e  $TP_{opt}$  rappresentano, rispettivamente, la bontà di una specie algale come indicatore di trofia lacustre ed il valore ottimale di fosforo totale per la crescita di ogni specie. Esse si calcolano come segue:

$$TP_{opt} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_{ik}}{Y_{+k}} TP_i$$

Dove:

$Y_{ik}$  = abbondanza della specie k nel sito i. L'abbondanza è la media annuale della frazione del biovolume della specie k nel sito i.

$Y_{+k}$  = L'abbondanza totale delle specie nel sito i

$TP_i$  = concentrazione di fosforo totale nel sito i

$v_i$  si ricava a partire dalla tolleranza per il fosforo, definita come di seguito, che rappresenta lo scostamento tra il valore di fosforo nell'ambiente ed il valore ottimale per la crescita della specie.

La tolleranza è stata calcolata come:

$$t_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{Y_{ik}}{Y_{+k}} (TP_i - TP_{opt})^2}$$

Sulla base del rapporto tra la tolleranza ed il  $TP_{opt}$  (mg/l TP) sono stati individuati i valori indicatori che vanno da 1 a 4. Se il valore di suddetto rapporto è maggiore di 0,8  $v_i=1$ ; se è compreso tra 0,8 e 0,6  $v_i=2$ ; se è compreso tra 0,4 e 0,6  $v_i=3$ ; se è inferiore a 0,4  $v_i=4$ . Una lista dei valori di  $TP_{opt}$  e dei valori indicatori per oltre 300 specie algali, attualmente in corso di pubblicazione, è servita come base per il calcolo dell'indice nel Lago di Candia.

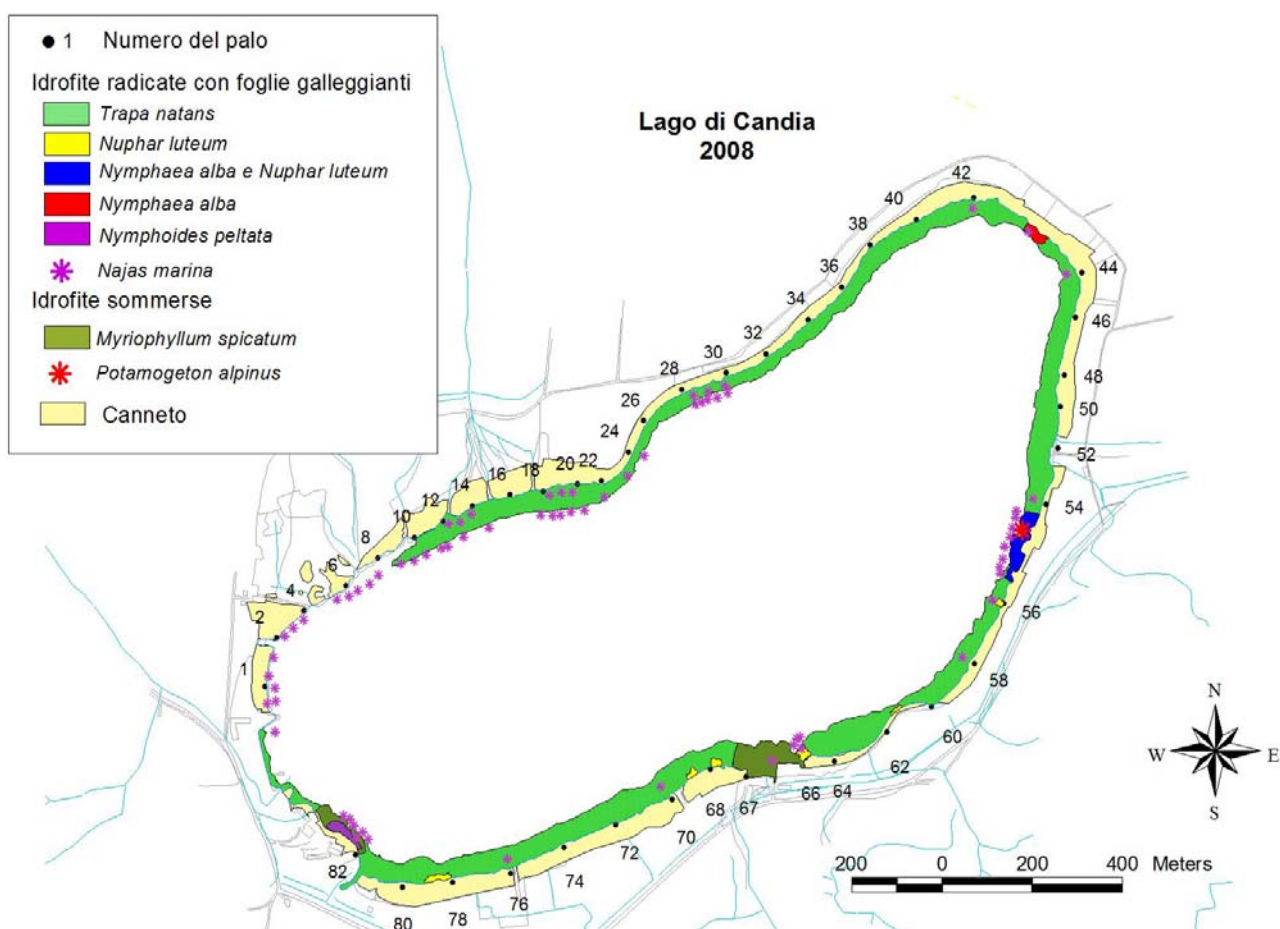
L'applicazione del  $PTI_{ot}$  al Candia, limitatamente al 2007, ultimo anno per il quale sono disponibili dati di fitoplancton, ha fornito un valore dell'indice di 2.84. Tale valore colloca il lago nella classe di qualità sufficiente, avendo un EQR di 0.80. Il risultato di questa classificazione è legato alla presenza di specie che hanno un'affidabilità elevata come indicatori di qualità ( $v_i = 3$  o 4), ma che, al tempo stesso hanno un valore trofico basso, ovvero sono indicatrici di acque eutrofe. In particolare, nel 2007, quattro specie con queste caratteristiche hanno raggiunto biovolumi rilevanti, ovvero *Cyclotella comta*, *Sphaerocystis schroeteri*, *Sphaerocystis planctonica* e *Crucigenia tetrapedia*. Anche il dinoflagellato *Peridinium bipes*, avendo un biovolume elevato ed essendo un buon indicatore con preferenze mesotrofe, contribuisce in modo significativo alla classificazione finale del Lago di Candia.



### 3.3. Macrofite acquatiche

#### 3.3.1 Idrofite sommerse

Nel 2008 la distribuzione e la produzione della vegetazione delle idrofite sommerse nel Lago di Candia è mutata sostanzialmente rispetto al triennio precedente. Infatti mentre per il *Miriophyllum spicatum* (L.), ormai fortemente insediato nelle zone antistanti il Ristorante La Barcaccia (0,95 ha) ed il Ristorante Lido (0,41 ha), si è assistito solo ad un lieve incremento nella sua distribuzione (Fig. 10 e 11); per *Najas marina* (L.) si deve riportare un notevole incremento nell'estensione. Infatti, a partire dal 2006, la ranocchia maggiore nella zona antistante la palueta e la Canottieri si è sviluppata fino ad occupare un'area di 0,87 ha nel 2008.

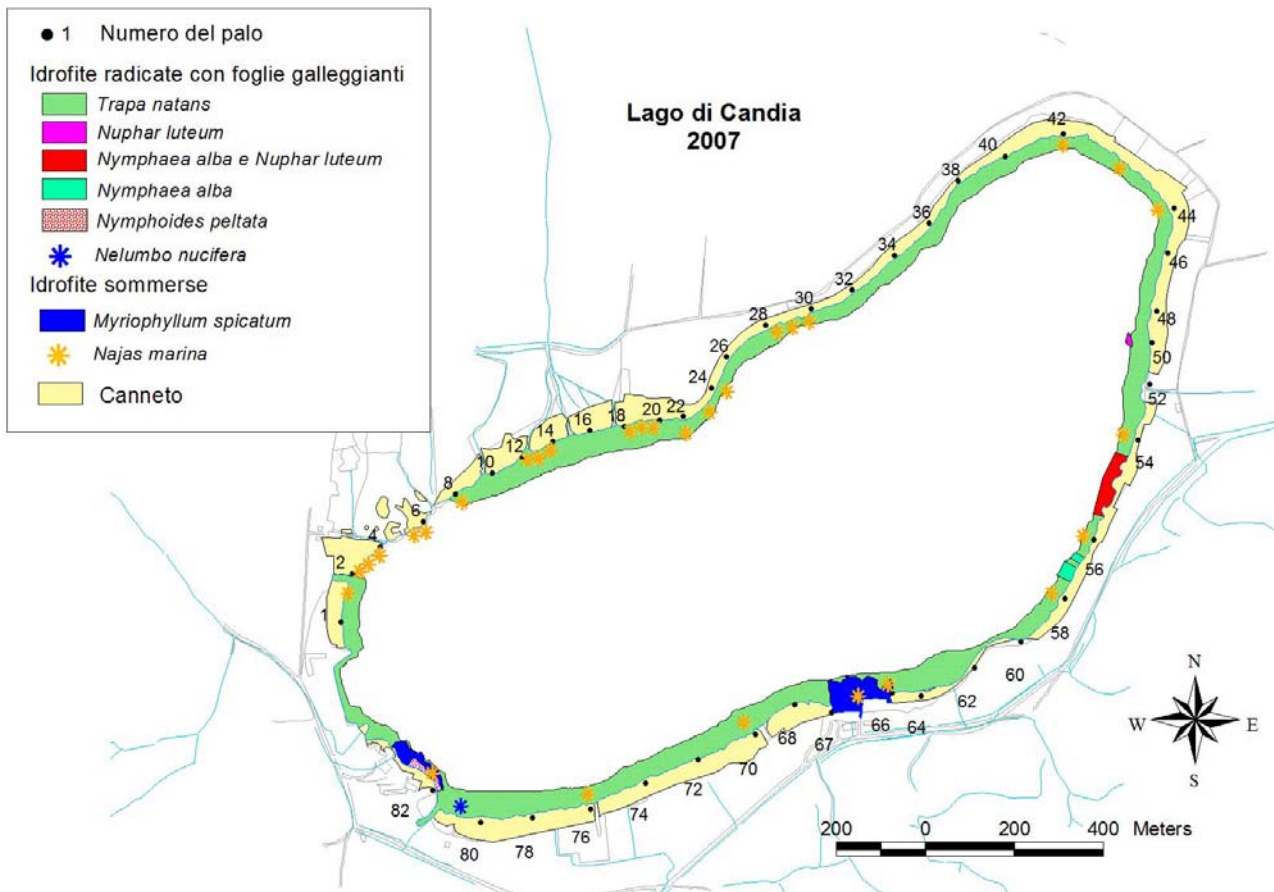


**Fig. 10.** Distribuzione 2008 delle idrofite e del canneto nel Lago di Candia con l'indicazione della presenza di popolamenti sparsi di *Najas marina* e *Potamogeton alpinus*.

La *N. marina* è comunque presente lungo la fascia litorale (Fig. 10) sempre oltre l'areale di colonizzazione della castagna d'acqua, fino a profondità comprese tra i 3 e 3.5 m.

Da segnalare è anche il ritrovamento di una porzione di pianta di *Potamogeton alpinus* (Balbis) nella zona compresa tra il palo 54 e 56. Il ritrovamento di questa specie, mai segnalata nel Lago di Candia, dovrà essere confermato durante la campagna primaverile-estiva del 2009: tuttavia, questo evento fa ritenere che si sia avviata una nuova stagione di aumento di diversità nella flora macrofita.

Come già avvenuto negli anni scorsi, anche nel 2008, nelle recinzioni cilindriche poste in prossimità del palo 1 e 2, sono cresciuti molto bene sia *Potamogeton crispus* (L.) sia *Ceratophyllum demersum* (L.).



**Fig. 11.** Distribuzione 2007 delle idrofite e del canneto nel Lago di Candia con l'indicazione della presenza di popolamenti sparsi di *Najas marina* e *Nelumbo nucifera*.

### 3.3.2 Idrofite a foglie galleggianti

Nel 2008 non sono state osservate variazioni a carico delle tre specie rizomatose perenni *Nymphaea alba* (L.), *Nuphar luteum* (S. et S.) e *Nymphoides peltata* (L.) (Figg. 10 e 11). Oggi le popolazioni di queste tre specie, dopo il lieve calo subito nel 1999 e nel 2000, occupano una superficie complessiva di circa 0,82 ha.

Opposte sono invece le osservazioni da fare per ciò che riguarda *Trapa natans* (L.). La distribuzione di questa specie si è invece modificata rispetto a quanto rilevato nel 2007. Infatti dal confronto delle mappature effettuate tramite rilievo GPS e elaborazione GIS (Figg. 10 e 11) si possono notare 2 cambiamenti: da un lato l'arretramento del trapeto e dall'altro l'assenza totale di piante nella zona antistante la Canottieri di Candia.

Il primo fenomeno risulta più evidente lungo la riva Nord tra il palo 10 e il palo 18 e lungo la riva occidentale tra il palo 78 e la Canottieri per un tratto di 300 m ciascuno. L'arretramento risulta essere compreso tra i 20 e i 25 m per un'estensione complessiva di 0,71 ha.

La zona coinvolta nella scomparsa della castagna d'acqua comprende tutta la costa dal palo 1 al 8, compresa anche una piccola porzione vicino alla riva tra il palo 8 e il palo 10 per un totale di 0,7 ha circa. Questo fenomeno è risultato essere in evoluzione già a partire dal 2005, coinvolgendo un'area complessiva di 1.60 ha, corrispondente a circa il 10 % del trapeto esistente. Questa superficie risulta essere persa per cause non imputabili alle raccolte annuali ed è equivalente a 100 t di biomassa vegetale a peso fresco che rappresenta circa il 20 % della quantità che è stata mediamente asportata dal lago con lo sfalcio nel periodo 2002-2008.

La scomparsa progressiva, a partire dal 2005, di *T. natans* a ridosso della palude di Candia è da valutare con attenzione. Infatti, se da un lato questa riduzione ha favorito altre specie come *N. marina* che per competizione ha colonizzato zone prima non occupabili, ripristinando, di fatto, una specie che non era presente nel lago da metà degli anni 90; dall'altro le ragioni di questa scomparsa sono da imputare a cause esterne come il consumo dei semi di *Trapa* da parte delle nutrie che sono presenti nella zona della palude.

### 3.3.3 Il raccolto delle idrofite sommerse

L'asportazione di biomassa vegetale prodotta dalle due specie *Trapa natans* e *Najas marina* è stata effettuata nei tempi stabiliti e nelle zone indicate nel programma di sfalcio inoltrato all'Ente Parco (Fig. 12). Come per gli anni precedenti, la raccolta è stata effettuata alternando le zone interessate dallo sfalcio nel 2007 e non considerando le zone coperte dalle rizomatose per la loro salvaguardia e integrità. Si è considerato però importante effettuare anche una raccolta di *N. marina* nella zona antistante la palude di Candia, per poter usufruire di un'ampia area di piantumazione di specie come *Ceratophyllum demersum* L. e *Potamogeton crispus* L., ormai da tempo scomparse dal lago e presenti solo nei cestoni, zona questa che già nel 2008 doveva essere dedicata a questo scopo.

Complessivamente sono stati asportati 8,38 ha in 10 zone, per un totale di 541 t di biomassa vegetale. Considerando che la biomassa di *Najas marina* è trascurabile rispetto a quella di *T. natans*, la produttività media annua di questa seconda specie risulta essere pari a 5 kg m<sup>-2</sup>. Il quantitativo asportato è invece decisamente superiore rispetto a quello mediamente raccolto tra il 1986 e il 2007 che è pari a 307 t (Fig. 13).

Il lavoro effettuato annualmente di raccolta delle idrofite è indispensabile per due ragioni: da un lato sottrarre nutrienti all'ecosistema lacustre e dall'altro creare spazio colonizzabile per altre specie di idrofite, favorendo quindi un possibile aumento della diversità. La comparsa di *N. marina* in più punti del lago è un segnale positivo, che fa ben sperare per il raggiungimento di questo secondo obiettivo.

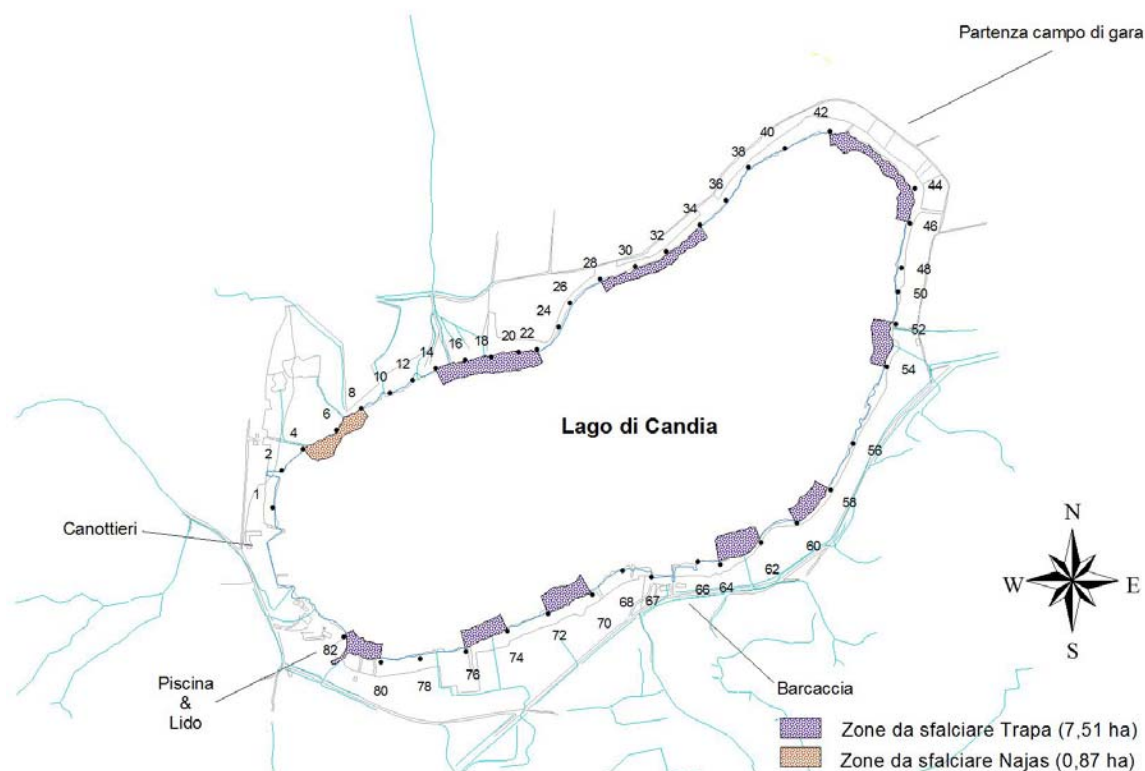
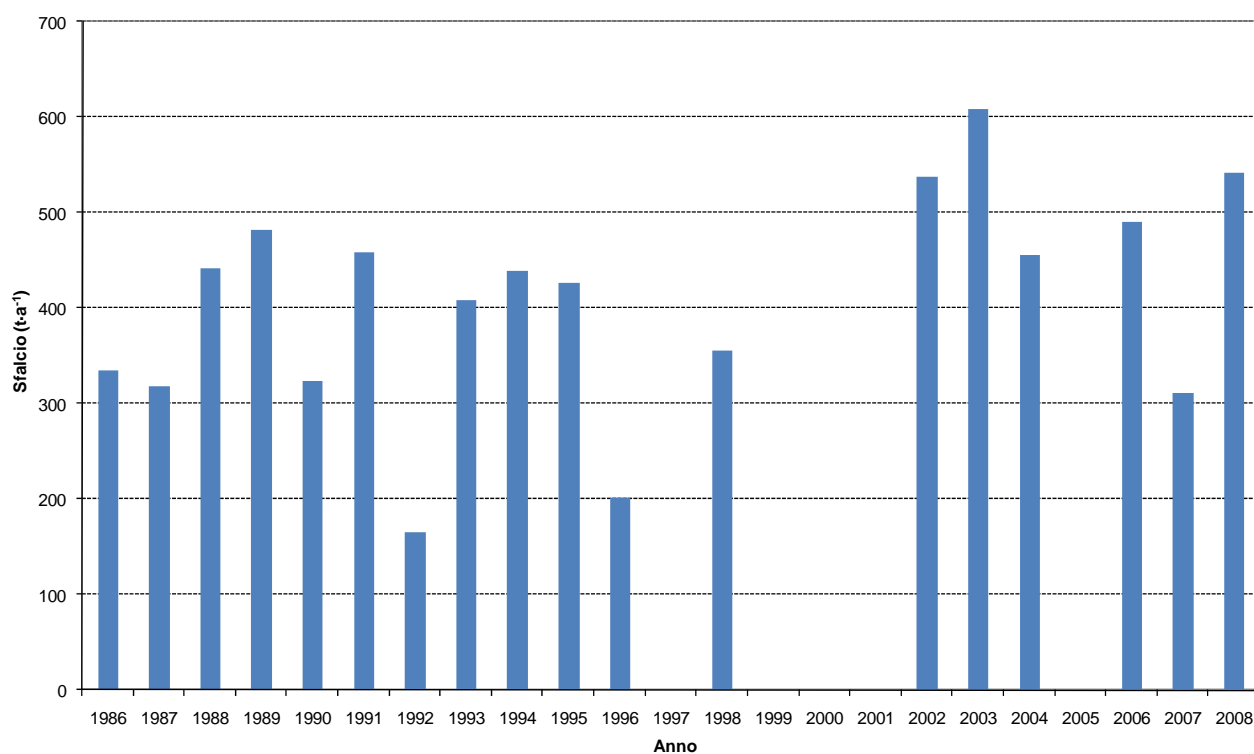


Fig. 12. Programma di taglio delle idrofite *Trapa natans* e *Najas marina*.



**Fig. 13.** Programma di taglio delle idrofite *Trapa natans* e *Najas marina*.

### 3.3.4 Lavori previsti per il 2009

Per il 2009 sono previsti i seguenti lavori:

- Mappatura completa di *Najas marina* e confronto con l'estensione del 2008;
- Mappatura completa del canneto;
- Mappatura vegetazione acquatica sommersa, emersa e galleggiante secondo il protocollo di campionamento proposto per la Direttiva Europea sulle Acque (WFD 2000/60 CE);
- Mappatura delle zone con presenza di *Potamogeton alpinus*.

## **4. Biocenosi animali**

## 4.1 Fauna ittica

### 4.1.1 Introduzione

Nell'ottica degli adempimenti formalizzati nel contratto tra Ente Parco Lago di Candia e ISE-CNR si è deciso di sviluppare nel biennio 2008-2009 il monitoraggio della fauna ittica ai fini di una valutazione dello stato di qualità ai sensi della Direttiva sulle Acque 2000/60/CE.

### 4.1.2. Monitoraggio fauna ittica

Il campionamento è stato effettuato nel primavera del 2008, facendo seguito al campionamento intensivo effettuato nel mese di novembre 2007.

Il campionamento ha previsto l'uso dell'elettrostorditore lungo la zona litorale del lago. Sono stati campionati 35 punti, scelti in modo omogeneo. È stato campionato anche il canale di collegamento tra la Paluetta e il lago.

Sono state identificate 6 specie ittiche (Tabella 4): tinca, scardola e lasca, carassio, persico sole e persico trota. Numericamente, il persico sole è la specie più abbondante, si deve far notare che l'assenza di alcune specie come il pesce persico e il pesce gatto è dovuta con grande probabilità al periodo di campionamento. L'acqua ancora piuttosto fredda nonché la scelta di campionare durante il giorno condiziona la distribuzione di molte specie ittiche. Pesce persico e pesce gatto probabilmente avevano una collocazione più profonda.

**Tab. 4.** Specie ittiche rinvenute durante il campionamento con elettropesca nell'Aprile 2008. (a) autoctona, (i) introdotta

Scardola ( <i>Scardinius erythrophthalmus</i> )	(a)
Tinca ( <i>Tinca tinca</i> )	(a)
Lasca ( <i>Chondrostoma genei</i> )	(a)
Persico sole ( <i>Lepomis gibbosus</i> )	(i)
Persico trota ( <i>Micropterus salmoides</i> )	(i)
Carassio ( <i>Carassius carassius</i> )	(i)

I risultati hanno sostanzialmente confermato quanto già emerso nel corso del 2007, ossia la grande abbondanza in termini numerici del persico sole e della scardola (Fig 14) la presenza di una buona percentuale di specie alloctone (tra le quali il carassio risulta ancora potenzialmente invasive) e l'assenza del luccio dalle acque del Lago. Interessante risulta è la presenza della lasca, che seppur limitata a pochissimi esemplari, tali da non poter sostenere un popolamento, risulta un elemento di novità rispetto al passato.

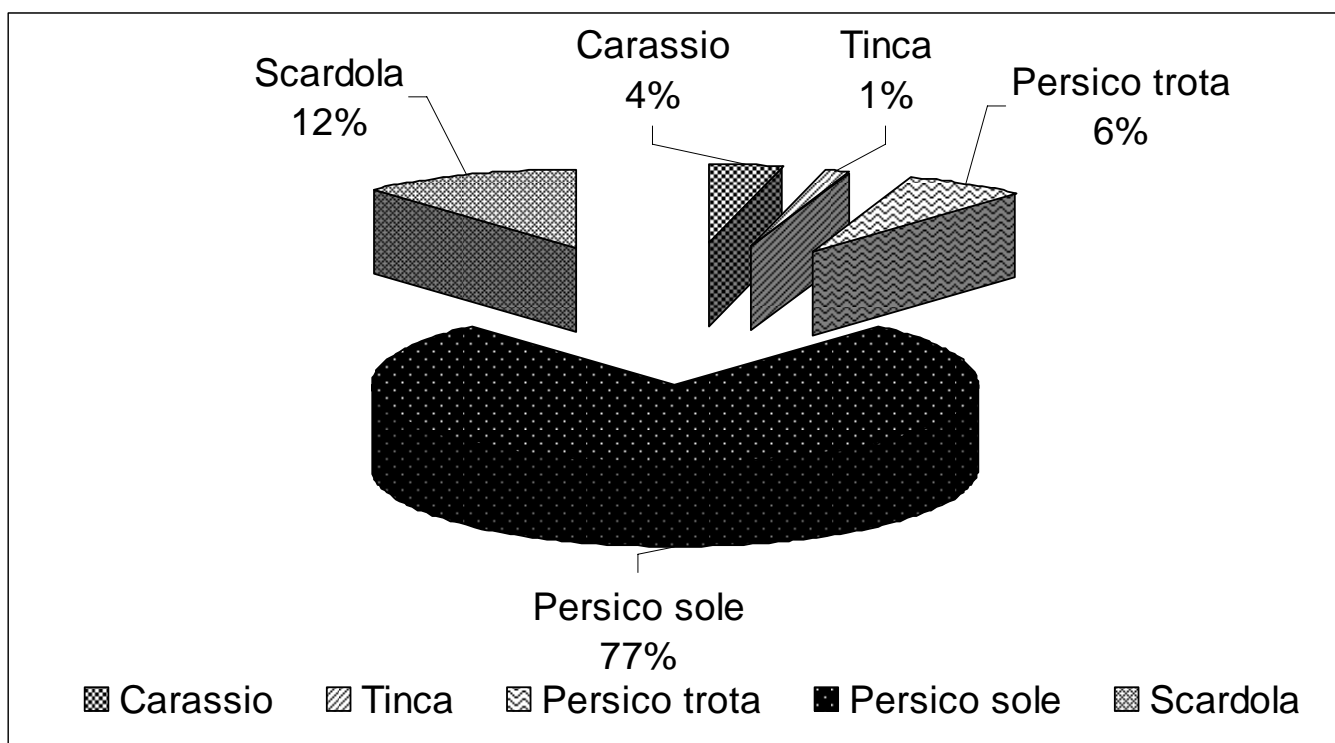


Fig. 14. Abbondanza relativa delle specie ittiche rinvenute nel campionamento della primavera 2008.

La Direttiva sulle Acque 2000/60/CE include la fauna ittica tra gli elementi di qualità biologica per la definizione dello stato ecologico degli ecosistemi lacustri.

Sui risultati del monitoraggio del Lago di Candia si è voluto applicare un indice di qualità della fauna ittica (Lake Fish Index) sviluppato appositamente per l'implementazione della Direttiva sulle Acque 2000/60/CE.

L'indice prevede per ogni tipologia lacustre la definizione di specie chiave e tipo specifiche delle quali si misura l'abbondanza e la struttura di popolazione.

Per il Lago di Candia le specie chiave sono luccio, tinca, scardola; mentre le specie tipo-specifiche sono alborella e carpa.

L'indice ha classificato il lago di Candia, sulla base della qualità della fauna ittica, tra i livelli di SUFFICIENTE e BUONO. I principali fattori a condizionare l'indice sono il numero di specie alloctone e l'assenza del luccio e dell'alborella.

Al fine di riportare il Lago di Candia in "Buono Stato Ecologico" (secondo la 2000/60/CE) entro il 2015) occorrerà operare sinergicamente secondo queste linee:

- Pescate selettive di specie alloctone invasive (pesce gatto, carassio, persico sole) ottimizzando le catture sugli stadi giovanili.
- Continuazione del monitoraggio della fauna ittica mediante elettropesca e reti multi maglia e indagine sul catturato da compilare ad opera dei pescatori.
- Valutazione specifica della competizione per le risorse e gli habitat tra le specie autoctone di maggior pregio e quelle alloctone.

Si ricorda infine che l'Ente Parco, con il supporto scientifico del CNR e il contributo specialistico del Servizio faunistico della Provincia di Torino ha iniziato nel corso del 2009 un progetto di ripristino dello stock di luccio (*Esox lucius*) nel lago. I risultati preliminari del progetto verranno mostrati nella relazione 2010.

## 4.2 Zooplankton

### 4.2.1 Analisi dell'evoluzione storica dei popolamenti

A distanza di oltre un ventennio dall'inizio degli studi continuativi sul Lago di Candia, e soprattutto, dall'applicazione dei primi interventi di manipolazione della rete trofica (riduzione del pesce planctofago) e di gestione delle comunità dei produttori primari (rimozione annuale delle macrofite emerse) è parso opportuno tentare una sintesi dei risultati ottenuti relativamente all'associazione zooplanctonica che rappresenta il livello intermedio tra il primo livello trofico (produttori: es. fitoplancton, macrofite) e l'ultimo livello trofico (consumatori terminali: es. specie ittiche planctofaghe o piscivore). Infatti, è presumibile (come testimoniato da un'abbondante letteratura scientifica) che ogni variazione del livello trofico inferiore e/o superiore induca una variazione dei livelli trofici intermedi (es. zooplankton, zoobenthos) che possono, quindi, essere usati come indicatori del livello di variazione globale del sistema.

Poiché la distribuzione e l'abbondanza delle specie in un particolare ambiente è determinata dalla tolleranza delle condizioni chimico-fisiche (fattori abiotici) e dalle interrelazioni con le altre specie che compongono la comunità (predazione e/o competizione), le variazioni nella struttura di una delle componenti dell'ecosistema (in questo caso lo zooplankton) sono la risultante degli effetti combinati di questi fattori. È importante considerare che lungo un gradiente di condizioni ambientali l'intensità e, quindi, l'importanza relativa, della predazione e della competizione cambiano e, di conseguenza, cambia il loro effetto sulla struttura della comunità. Questo avviene perché i fattori abiotici condizionano sia lo stato fisiologico che il comportamento degli organismi e questo, a sua volta, influenza le relazioni intra- ed interspecifiche. Ad esempio, la capacità competitiva di una specie si riduce notevolmente se questa passa da condizioni ambientali prossime al suo "optimum" a condizioni più prossime ai suoi limiti di tolleranza, perché parte dell'energia necessaria all'attività riproduttiva verrà utilizzata per garantire la sopravvivenza degli individui. Analogamente, i rapporti preda-predatore possono essere profondamente modificati dalle condizioni ambientali. Lo stesso modello di Lotka e Volterra prevede stadi di equilibrio preda-predatore modificati dalla presenza di un rifugio. Numerosi studi anche recenti hanno messo in evidenza come la presenza di aree di rifugio (ad esempio, praterie di macrofite sommerse, strati d'acqua ad elevata torbidità) possano garantire, anche in presenza di predatori, la sopravvivenza di specie planctoniche intensamente predate.

I fattori abiotici, quindi, condizionano direttamente o indirettamente, tramite i loro effetti sulle relazioni di competizione e/o predazione, la struttura dell'associazione zooplanctonica. Malgrado le difficoltà di separare gli effetti dei fattori abiotici da quelli delle interazioni biotiche, e gli effetti diretti da quelli indiretti, gli studi di lungo termine in natura, unitamente ai risultati degli studi in laboratorio, possono fornire utili indicazioni circa il ruolo dei diversi fattori nello strutturare l'associazione zooplanctonica e, soprattutto, circa la probabile alternanza dei fattori di controllo in relazione sia ai cambiamenti periodici dell'ambiente che all'evoluzione pluriennale. Infatti, se nel breve termine un cambiamento non si presta ad altra interpretazione che quella di una semplice coincidenza (o, meglio, correlazione) di fattori, nel lungo termine la riproducibilità (o meno) del fenomeno osservato può fornire maggiore supporto all'ipotesi esplicativa o aprire la strada a nuove ipotesi.

La serie storica di dati limnologici sul Lago di Candia ci ha fornito una valida base per tentare un approccio di lungo termine al problema dell'evoluzione (o della stabilità) dei popolamenti zooplanctonici al variare delle condizioni trofiche del lago.

Le domande alle quali abbiamo tentato di rispondere erano soprattutto due:

- 1) Quanto e in che modo è variato il popolamento zooplanctonico nel corso del periodo di studio?
- 2) È possibile identificare le cause del cambiamento e, in caso affermativo, quanto determinanti sono stati gli interventi gestionali rispetto agli eventi occasionali?

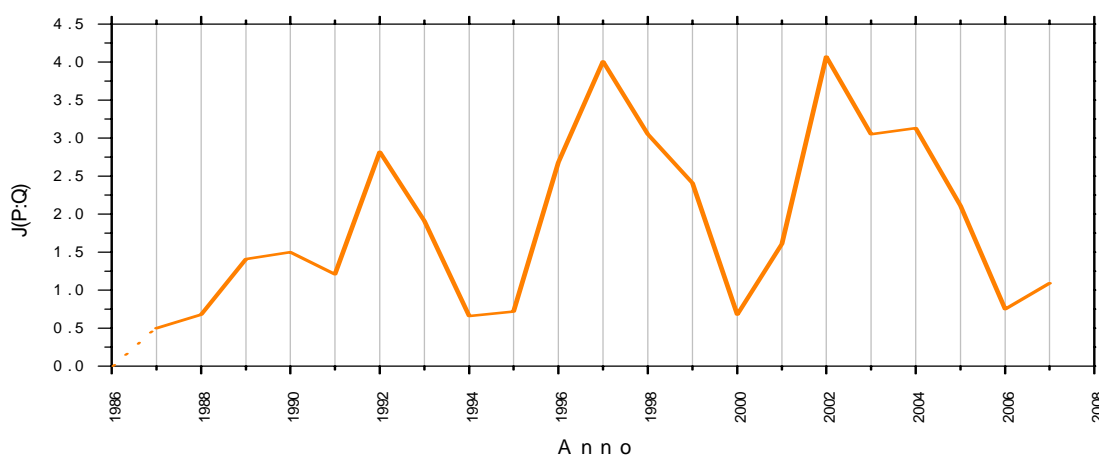


La risposta alla prima domanda deve essere articolata come segue:

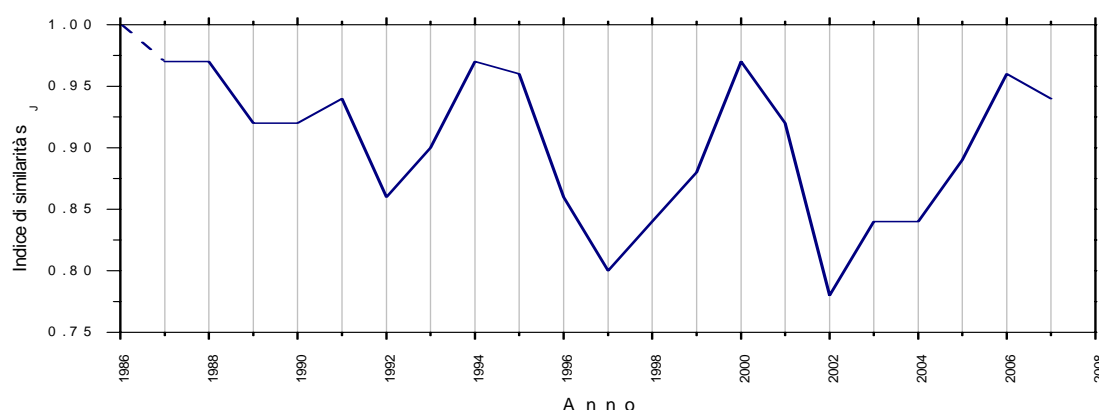
- quantificare la variazione
- verificare se la variazione si compone di fluttuazioni (cicliche o occasionali) oppure se esiste una tendenza al cambiamento direzionale e progressivo (evoluzione)

Per rispondere a questa domanda abbiamo utilizzato un approccio basato sull'applicazione di un indice di beta-diversità per misurare il grado di divergenza nel tempo della composizione specifica dello zooplankton rispetto all'anno iniziale (1986).

Dall'analisi della divergenza simmetrica di Kullbach-Leibler (Fig. 15) e del relativo indice di similarità (Fig. 16) calcolati per gli anni 1987-2007 rispetto al valore iniziale (1986) è evidente che la variazione della comunità rispetto all'inizio è in media del 10%, e che la variazione lungo il gradiente temporale non mostra un andamento regolare e progressivo ma, al contrario, tre fasi di allontanamento dallo stato iniziale si alternano ad altrettante fasi di "ritorno" verso una condizione simile.



**Fig. 15.** Variazione temporale della divergenza simmetrica di Kullbach-Leibler negli anni 1987-2007 rispetto al 1986.

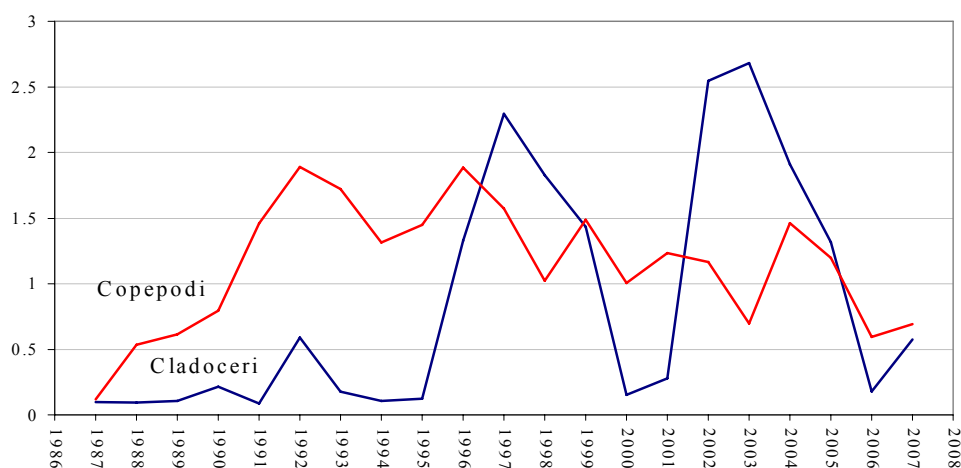


**Fig. 16.** Variazione temporale dell'indice di similarità basato sulla divergenza simmetrica di Kullbach-Leibler negli anni 1987-2007 rispetto al 1986.

Per tentare di individuare le cause del cambiamento e, quindi, formulare delle ipotesi circa i meccanismi di controllo della composizione della comunità, abbiamo valutato separatamente il contributo relativo delle diverse specie al cambiamento: dai dati riportati nella Tabella 5 si può

vedere che le principali variazioni interannuali della comunità zooplanctonica sono attribuibili a *Eudiaptomus gracilis* ed ai piccoli cladoceri, come *Eubosmina*.

Sommando i contributi relativi delle singole specie è possibile confrontare la divergenza determinata dai copepodi e quella determinata dai cladoceri (Fig. 17). I primi sono responsabili di una variazione precoce della struttura del popolamento con un aumento rapido della divergenza che culmina nel 1992 e, successivamente, tende a ridursi molto gradualmente senza tuttavia annullarsi. Al contrario, il contributo dei cladoceri alla variazione è tardivo e molto irregolare, con l'alternanza di scostamenti e di ritorni verso la struttura di partenza.



**Fig.17.** Contributo alla divergenza simmetrica di Kullback-Leibler di Cladoceri e Copepodi considerati separatamente.

**Tab. 5.** Contributo delle singole specie alla divergenza  $\hat{J}(P:Q)$  complessiva

Specie	Contributo relativo alla divergenza
<i>Eubosmina coregoni longicornis</i>	13.577
<i>Eudiaptomus gracilis</i> copepoditi	8.378
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	5.949
<i>Chydorus sphaericus</i>	3.821
<i>Ceriodaphnia</i> spp.	2.925
<i>Mesocyclops leuckarti</i> e <i>Thermocyclops crassus</i> copepoditi	1.107
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.726
<i>Cyclops abyssorum</i> e <i>Cyclop vicinus</i> copepoditi	0.700
<i>Daphnia hyalina galeata cucullata</i> complex	0.647
<i>Daphnia parvula</i>	0.642
<i>Eudiaptomus padanus</i>	0.541
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.415
<i>Thermocyclops crassus</i>	0.265
<i>Cyclops vicinus</i>	0.229
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	0.098
<i>Cyclops abyssorum</i>	0.036
<i>Leptodora</i>	0.002

La specie che maggiormente ha contribuito alla variazione di diversità è il copepode diaptomide *E. gracilis* che ha invaso il lago nel 1989 sostituendo la specie autoctona *Eudiaptomus padanus*

(Fig.18), probabilmente grazie ad una superiore capacità competitiva. Nei due anni successivi raggiunge densità considerevolmente più elevate di quelle manifestate dalla specie sostituita e questa sembra essere la causa di un'aumentata interazione competitiva con *Daphnia* che spiegherebbe l'inversione dei rapporti numerici *Daphnia/Eudiaptomus*. Tale inversione risulta evidente nel 1992 quando, in concomitanza con il picco di densità di *E. gracilis*, *Daphnia* mostra un drastico declino (Fig. 19). Negli anni successivi si osserva una ripresa di *Daphnia* mentre *Eudiaptomus* inizia a ridimensionarsi. In seguito le due specie sembrano raggiungere un equilibrio competitivo grazie ad uno spostamento temporale dei picchi di massima densità che favorisce una ripartizione stagionale della nicchia.

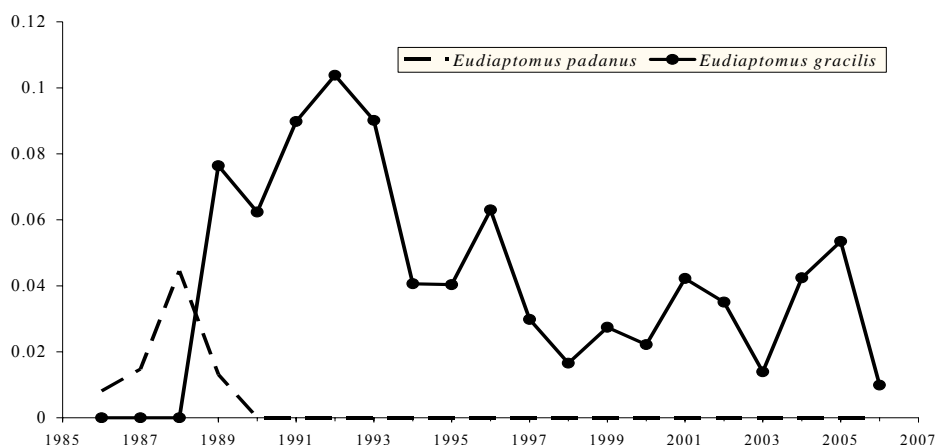


Fig. 18. Variazione della densità (ind L<sup>-1</sup>) media annuale di *E. gracilis* ed *E. padanus*.

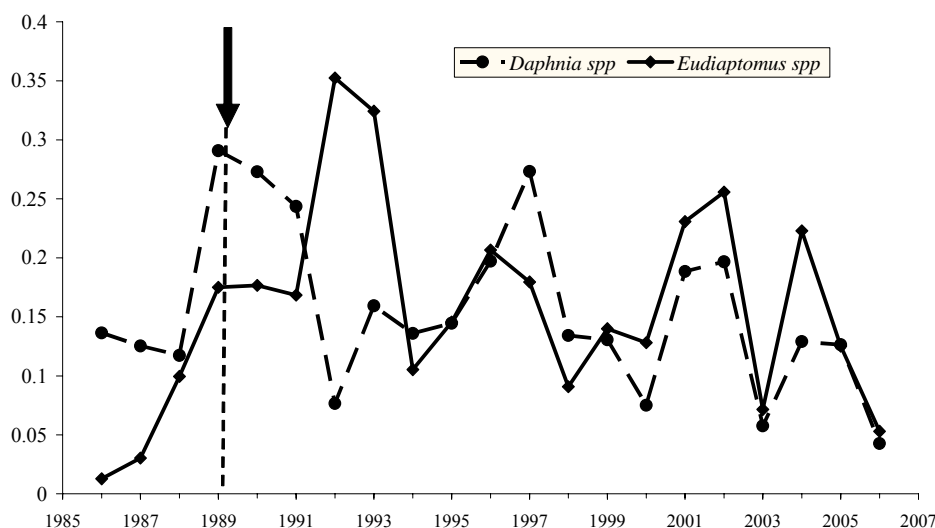
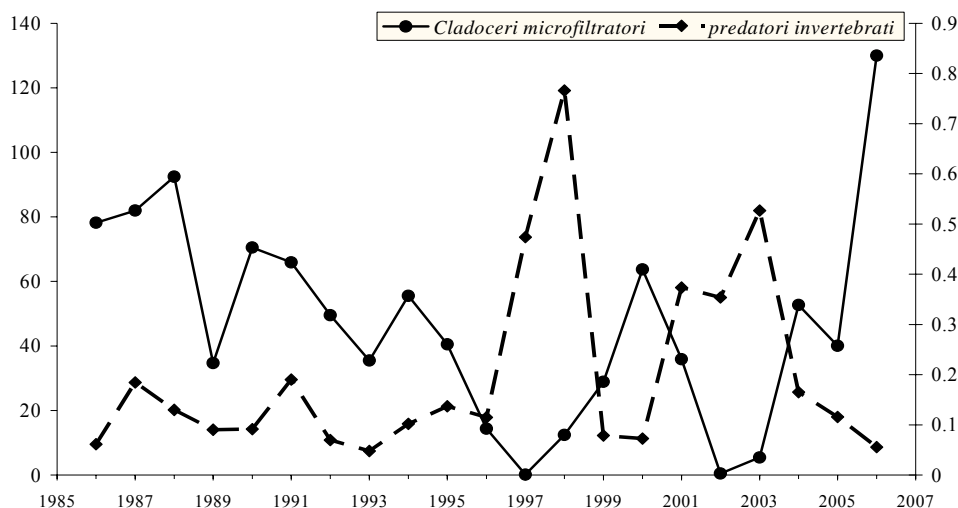


Fig. 19. Variazione della densità (ind L<sup>-1</sup>) media annuale di *Eudiaptomus* spp. e *Daphnia* spp.

Mentre *Eudiaptomus gracilis* ha influenzato la divergenza del popolamento dallo stato iniziale mediante il suo insediamento nella comunità, nel caso dei cladoceri di piccole dimensioni sono le drastiche e irregolari riduzioni della densità di popolazione a determinare un effetto sulla struttura dell'associazione zooplanctonica (Fig. 20). Infatti, negli anni corrispondenti al massimo scostamento del popolamento dalla struttura iniziale, cioè nel 1997 e nel 2002 (Fig. 15), i microfiltratori quali *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina longirostris*, *Eubosmina coregoni*

*longicornis*, *Ceriodaphnia* spp. e *Chydorus sphaericus*, erano assenti, verosimilmente per effetto della forte predazione da parte dei predatori invertebrati (in particolare le larve del moscerino *Chaoborus flavicans*) particolarmente abbondanti in quegli anni (Fig. 20). La ricomparsa dei cladoceri di piccole dimensioni negli anni con scarsa densità di predatori invertebrati comporta una diminuzione della divergenza, cioè un ritorno della struttura del popolamento verso condizioni più simili a quelle di partenza.



**Fig. 20.** Variazione della densità (ind. L<sup>-1</sup>) media annuale dei micro filtratori (asse y di sinistra) e dei predatori invertebrati (asse y di destra)

#### 4.2.2 Considerazioni conclusive e prospettive future

Da questa prima analisi dell'evoluzione a lungo termine del popolamento zooplanctonico del Lago di Candia si possono trarre alcune interessanti conclusioni. La causa più importante di perturbazione della struttura del popolamento sembra essere stato l'ingresso di una specie aliena che ha sostituito la specie congenerica alloctona. Inoltre, benché dopo la stabilizzazione l'invasore sia stato gradualmente integrato nell'associazione zooplanctonica raggiungendo un equilibrio con le specie residenti, sembra essere il maggiore responsabile del mantenimento di quel 10% di differenza rispetto alla struttura iniziale. Questo risultato sembrerebbe confermare che l'ingresso anche di una sola specie aliena può determinare un forte impatto nella comunità recipiente sia mediante effetti diretti (esclusione di specie) che indiretti (es. spostamento di equilibri competitivi) che tendono a mantenere la comunità stessa lontana dall'equilibrio originario per tempi anche lunghi. Il secondo fattore che ha assunto un ruolo importante nel determinare il cambiamento a lungo termine è la predazione, tuttavia, contrariamente all'atteso, la massima variazione della comunità non è quella innescata dalla riduzione dei predatori vertebrati, ma è il risultato dell'incremento dei predatori invertebrati. Infatti, la comunità sembra caratterizzata da un elevato grado di resilienza come dimostra il modesto grado di divergenza negli anni immediatamente successivi la biomanipolazione, anni nei quali la variazione è, sostanzialmente, dovuta all'ingresso della specie aliena *E. gracilis*. Il massimo grado di divergenza della comunità coincide invece con gli anni di massima densità di predatori invertebrati, l'aumento dei quali è un effetto della riduzione dei predatori vertebrati. Il cambiamento del regime di predazione e il cambiamento nell'intensità di predazione sembrano essere i fattori che determinano l'alternanza di cicli di scostamento e di

“ritorno” della composizione del popolamento da e verso le condizioni di partenza. Negli anni caratterizzati da elevate densità di predatori invertebrati (larve di *Chaoborus flavicans*) *Eubosmina coregoni* e le altre specie di cladoceri microfiltratori sono fortemente ridotte a vantaggio di altre specie non predate o meno intensamente predate, come il piccolo ciclope *Thermocyclops crassus* o i cladoceri di maggiori dimensioni (*Daphnia*).

Si potrebbe, quindi, concludere che più che la variazione dell'intensità della predazione è la variazione del regime di predazione che ha determinato il cambiamento. Però, contrariamente all'impatto dell'introduzione della specie aliena, il mutato regime di predazione ha determinato effetti meno stabili nel tempo intervallati da rapide fasi di recupero dell'equilibrio della comunità negli anni a bassa densità di predatori invertebrati.

Da questa analisi della variazione di lungo termine dello zooplancton del lago di Candia sembra che le interazioni biotiche siano state più determinanti per il cambiamento che non i fattori abiotici. Questa considerazione, d'altra parte, non nega il ruolo dei fattori ambientali perché qualunque cambiamento nelle condizioni abiotiche, se non catastrofico (es. inquinamenti tossici), si rifletterà sulla comunità tramite i suoi effetti di modulazione dei rapporti tra le specie che compongono la comunità.

Tuttavia, una conclusione circa il reale impatto del mutato regime di predazione non può essere tratta se non dopo aver analizzato, oltre ai cambiamenti della composizione specifica, anche i cambiamenti della struttura dimensionale della comunità. A tale scopo sarebbe opportuno analizzare, tramite strumenti adeguati (es. indice di beta-diversità applicato ai dati dimensionali; spettri dimensionali delle biomasse), le variazioni a lungo termine della struttura dimensionale del popolamento in relazione alle variazioni del regime di predazione.

L'ingresso di specie aliene è un altro fattore che, come questa analisi dei dati ha messo in chiara evidenza, può influenzare profondamente la comunità e, di conseguenza, gli equilibri trofici all'interno dell'ecosistema. Ad esempio, l'introduzione di *Eudiaptomus gracilis* sembra aver limitato lo sviluppo di *Daphnia hyalina* che rappresenta la frazione più importante nella dieta del pesce planctofago. La recente introduzione di un'altra specie aliena, *Daphnia parvula*, potrebbe ulteriormente indebolire, per competizione, il popolamento autoctono di *Daphnia* con effetti presumibilmente negativi sulla disponibilità di alimento per la fauna ittica planctofaga. Infatti, *Daphnia parvula*, per le sue minori dimensioni, rappresenterebbe una preda meno appetibile per il pesce rispetto a *Daphnia hyalina*, mentre sarebbe verosimilmente più vulnerabile ai predatori invertebrati, come le larve del moscerino *Chaoborus flavicans*. Le minori dimensioni di *Daphnia parvula* lasciano, inoltre, presupporre che possa esercitare un minore controllo sul fitoplancton rispetto alla specie autoctona.

Per una migliore valutazione dell'impatto delle specie zooplanctoniche aliene che hanno invaso recentemente il Lago di Candia (es. *Eudiaptomus gracilis*, *Daphnia parvula*) sarebbe utile approfondire la conoscenza delle loro caratteristiche eco fisiologiche e delle loro potenzialità competitive rispetto alle specie residenti. A questo scopo sarebbe necessario completare i dati acquisiti dai campionamenti in natura con esperimenti in laboratorio e in condizioni semi-naturali (mesocosmi).

Da un punto di vista pratico è importante ricordare che il mantenimento di un popolamento zooplanctonico abbondante e, soprattutto, composto da specie in grado di esercitare un efficiente controllo del fitoplancton, è la garanzia per il mantenimento dei risultati conseguiti con gli interventi di biomanipolazione, come la diminuzione delle concentrazioni dei nutrienti, la riduzione delle fioriture algali e la riduzione del deficit estivo di ossigeno nelle acque profonde. La comprensione dei meccanismi che regolano i rapporti tra le specie zooplanctoniche (competizione, predazione) è indispensabile per valutazioni previsionali circa la stabilità del popolamento e, quindi degli equilibri trofici del lago. La disponibilità di una serie dettagliata e completa di dati per oltre un ventennio ha consentito di identificare i principali fattori di controllo che hanno determinato l'evoluzione del popolamento del lago. Introdurre verifiche delle evidenze di campo mediante l'avvio di una fase complementare di sperimentazione in condizioni controllate e semi-naturali

appare come la strada migliore per ottenere informazioni che contribuiscano ad una sempre più mirata gestione “biologica” dell’ambiente, della quale il Lago di Candia rappresenta un valido esempio.

## **Appendice**

### 2008. Lago di Candia. Temperatura °C

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	11.28	17.11	21.60	28.57	29.05	25.16	21.15	16.95	12.19
0.5	11.08	17.13	20.34	28.54	27.90	25.13	21.20	16.95	12.13
1	10.80	17.14	20.05	28.50	27.82	25.93	21.20	16.90	12.13
1.5	10.68	17.14	19.97	28.42	27.65	25.82	21.20	15.90	12.09
2	10.58	17.13	19.92	27.94	27.46	25.77	21.18	15.85	12.09
2.5	10.48	16.38	19.88	25.68	25.92	25.73	21.18	15.80	12.07
3	10.38	14.98	19.23	24.53	25.36	25.55	21.20	15.80	12.07
3.5	10.15	13.97	17.70	22.34	25.08	25.51	21.20	15.80	12.07
4	9.93	13.52	16.30	21.16	23.56	25.11	21.20	15.79	12.05
4.5	9.66	13.29	15.06	19.62	23.73	24.40	21.20	15.77	12.07
5	8.78	13.03	13.98	18.17	19.87	23.62	21.14	15.75	12.05
5.5	8.13	12.66	13.26	16.28	17.40	20.50	21.09	15.75	12.05
6	8.00	12.47	13.07	15.32	15.75	17.87	20.89	15.73	12.05
6.5	7.95			14.58	15.14	15.83		15.63	

### 2008. Lago di Candia. Ossigeno mg l<sup>-1</sup>

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	7.9	4.9	4.7	4.6	3.7	3.9	3.3	4.7	4.0
m 1	7.2	5.1	4.6	4.4	3.6	4.1	3.2	4.5	3.4
m 2	6.7	5.6	4.6	4.7	3.7	3.9	3.1	4.5	3.2
m 3	6.6	5.2	4.4	4.4	3.4	3.8	3.2	4.4	3.7
m 4	6.1	5.6	2.9	4.0	3.4	3.1	3.4	4.2	3.8
m 5	6.1	4.9	0.5	1.2	3.0	2.9	2.4	4.2	3.5
m 6	1.0	3.2	2.2	0.5	2.3	0.6	3.0	4.0	3.9

### 2008. Lago di CANDIA. Alcalinità meq l<sup>-1</sup>

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	1.187	1.132	1.067	1.066	1.047	0.995	1.146	1.133	1.094
m 1	1.175	1.134	1.059	1.057	1.061	0.991	1.058	1.138	1.099
m 2	1.190	1.132	1.066	1.059	1.054	0.991	1.058	1.136	1.094
m 3	1.187	1.138	1.063	1.060	1.053	0.993	1.060	1.134	1.092
m 4	1.194	1.137	1.083	1.067	1.033	0.959	1.169	1.133	1.087
m 5	1.193	1.138	1.164	1.028	0.943	0.972	1.049	1.137	1.097
m 6	1.265	1.174	1.128	1.213	2.021	1.098	1.053	1.130	1.094

### 2008. Lago di CANDIA. Conducibilità μS cm<sup>-1</sup> (20 °C)

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	125.1	123.2	116.3	116.7	116.9	110.2	116.7	123.3	121.3
m 1	125.6	123.4	115.9	117.4	117.8	112.9	117.2	123.8	121.3
m 2	125.7	123.2	116.1	117.6	117.4	113.0	117.3	123.8	121.3
m 3	125.7	123.5	116.7	117.2	117.3	113.1	117.5	124.1	121.5
m 4	126.4	124.3	119.6	118.4	116.3	110.6	133.6	124.1	121.5
m 5	127.7	125.0	128.4	117.4	109.8	112.1	118.6	124.2	121.7
m 6	134.6	127.8	137.9	132.1	193.6	123.3	117.7	124.2	121.9



### 2008. Lago di Candia. pH

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	8.99	8.85	9.19	8.98	8.00	7.89	7.33	7.65	7.46
m 1	8.97	8.82	9.16	8.96	8.01	7.85	7.33	7.63	7.43
m 2	8.97	8.84	9.17	8.95	8.00	7.87	7.30	7.64	7.43
m 3	8.95	8.84	9.17	9.02	7.98	7.90	7.30	7.56	7.42
m 4	8.80	8.80	8.70	8.54	7.71	7.00	8.24	7.49	7.40
m 5	8.54	8.51	7.08	6.98	7.11	7.25	7.32	7.56	7.39
m 6	7.13	7.66	7.00	6.99	6.88	6.93	7.32	7.48	7.38

### 2008. Lago di CANDIA. N-NH<sub>4</sub> µg l<sup>-1</sup>

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	435	408	54	33	7	3	67	166	252
m 1	442	402	63	33	9	3	62	163	252
m 2	446	402	67	38	7	4	62	170	255
m 3	451	415	87	41	11	4	67	167	262
m 4	471	411	185	38	9	6	72	181	266
m 5	515	438	653	55	20	6	71	175	275
m 6	892	527	923	663	2304	236	67	183	287

### 2008. Lago di CANDIA N-NO<sub>3</sub> µg l<sup>-1</sup>

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	51	78	17	6	5	3	6	9	25
m 1	49	81	20	16	9	1	4	18	23
m 2	46	77	15	6	4	4	3	9	23
m 3	53	90	24	37	13	2	7	50	26
m 4	53	84	27	33	15	19	7	29	25
m 5	52	85	24	42	27	7	7	48	25
m 6	29	67	19	23	29	86	125	127	38

### 2008. Lago di Candia. P-PO<sub>4</sub> µg l<sup>-1</sup>

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	2	0	3	0	0	1	0	0	0
m 1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
m 2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
m 3	2	0	0	0	1	0	0	0	0
m 4	1	0	2	0	0	1	0	0	0
m 5	2	0	2	0	0	0	0	0	0
m 6	6	0	10	0	0	0	0	0	0

### 2008. Lago di CANDIA P totale $\mu\text{g l}^{-1}$

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Superf.	24	19	20	23	7	17	28	27	25
m 1	43	21	32	27	8	19	37	37	29
m 2	40	36	23	35	15	20	53	40	32
m 3	52	33	36	36	14	20	46	35	34
m 4	33	28	35	39	23	48	60	41	53
m 5	41	31	49	78	41	66	46	37	47
m 6	53	45	58	94	96	98	54	39	42

### 2008. Lago di Candia. Trasparenza disco di Secchi (m)

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
Prof.	2.50	3.10	1.60	1.10	2.80	2.20	2.20	1.30	1.40

### 2008. Lago di CANDIA. Clorofilla Totale $\mu\text{g l}^{-1}$

Data giorni	27/03/08	29/04/08	27/05/08	01/07/08	29/07/08	26/08/08	23/09/08	23/10/08	11/11/08
0-2 m	19.13	6.32	19.43	12.31	2.21	5.46	13.89	15.11	14.11
3 m	25.68	8.68	16.49	18.64	12.12	7.56	14.08	15.30	16.84
4 m	20.91	15.97	16.69	15.40	21.71	13.72	16.07	16.70	16.84
5-6 m	10.42	14.79	18.32	94.07	88.23	106.60	13.43	16.49	16.46