

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI SCIENZE MM.FF.NN.

Laurea di primo livello in Scienze e Tecnologie per la Natura



Elaborato di Laurea

IL LAGO DI CALDARO (BZ): UNO STUDIO DELLO ZOOBENTHOS AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA SUA QUALITÀ ECOLOGICA

CALDARO LAKE (BZ): AN EXPERIMENTAL STUDY ON ZOOBENTHOS FOR ECOLOGICAL QUALITY ASSESSMENT

Relatore: Prof.ssa Sandra Casellato

Dipartimento di Biologia A. Vallisneri

Laureando: Tommaso Didonè

ANNO ACCADEMICO 2008/2009

INDICE

| | |
|---|---------|
| 1. PREMESSA | pag. 1 |
| 2. INTRODUZIONE | pag. 1 |
| 2.1 IL LAGO DI CALDARO | pag. 1 |
| 2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO | pag. 2 |
| 2.3 TERMICA DELLE ACQUE | pag. 2 |
| 2.4 POPOLAZIONE ITTICA | pag. 3 |
| 2.5 PROVVEDIMENTI DI SALVAGUARDIA | pag. 4 |
| 2.6 RUOLO DEI MACROINVERTEBRATI BENTONICI | pag. 4 |
| 2.7 DIRETTIVA DI RIFERIMENTO | pag. 5 |
| 3. SCOPO DELLA TESI | pag. 7 |
| 4. MATERIALI E METODI | pag. 9 |
| 4.1 DATE E MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO | pag. 9 |
| 4.2 PARAMETRI CHIMICO-FISICI | pag. 11 |
| 4.3 PRELIEVO DEI CAMPIONI DI SEDIMENTO | pag. 11 |
| 4.4 ESAME DEI CAMPIONI DI BENTHOS | pag. 12 |
| 4.5 ANALISI DEL SEDIMENTO | pag. 12 |
| 5. RISULTATI | pag. 15 |
| 5.1 PARAMETRI CHIMICO-FISICI DELLE ACQUE | pag. 15 |
| 5.2 ANALISI DEI SEDIMENTI | pag. 17 |
| 5.3 STRUTTURA DELLA COMUNITÀ BENTONICA NEI TRANSETTI | pag. 19 |
| 5.4 BENTHOS LITORALE RETINATO IN RIVA | pag. 22 |
| 6. CONCLUSIONI | pag. 23 |
| 7. RINGRAZIAMENTI | pag. 25 |
| 8. BIBLIOGRAFIA | pag. 27 |
| ALLEGATI | |

1. PREMESSA

Il presente lavoro intende presentare un'analisi della composizione bentonica di un piccolo lago temperato, il lago di Caldaro nella Provincia di Bolzano. I dati presentati sono quelli derivati da due campagne di ricerca effettuate sul lago alle date del 20 maggio e del 7 luglio 2008.

La ricerca sul posto è stata possibile grazie al supporto logistico del Laboratorio Biologico dell'Agenzia per l'Ambiente della Provincia Autonoma di Bolzano, e all'interessamento dei funzionari dott.ssa Bertha Thaler e p.i. Danilo Tait, ai quali si esprime un sentito ringraziamento. Si ringrazia il Laboratorio Biologico anche per i dati forniti sul chimismo qui utilizzati.

2. INTRODUZIONE

2.1 IL LAGO DI CALDARO

Il lago di Caldaro (Fig. 1) è il più grande specchio d'acqua naturale della Provincia di Bolzano. È situato nell'Oltradige a 216 m di altitudine nel territorio del Comune di Caldaro sulla Strada del Vino, a circa 20 km da Bolzano.

Le sue condizioni climatiche, le sue dimensioni e la vicinanza alla città di Bolzano lo rendono un centro ricreativo particolarmente attraente soprattutto per la balneazione, la pesca, il surfing e la vela.

I territori in prossimità del lago sono coltivati prevalentemente a frutteto a nord, e a vigneto a ovest. Il ripido versante a est è in prevalenza ricoperto da bosco ceduo. Tutte le rive del lago sono caratterizzate dalla presenza di piccoli canneti sparsi irregolarmente. A sud si trova un canneto dell'estensione di circa 110 ettari, importante dal punto di vista naturalistico, soprattutto per la fauna avicola. Meno esteso ma ben sviluppato è anche il canneto a nord e sud-ovest.

A partire dal 1979 il lago viene monitorato regolarmente con analisi chimico-fisiche e analisi dello zoo-fitoplancton; uno studio sulle macrofite è stato condotto nel 1993, e sul sedimento nel 1977.



Fig. 1: Il lago di Caldaro.

2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO

Il principale affluente è situato a nord del lago ed è denominato “Rio dei prati/Wiesenbach”. Il lago di Caldaro possiede un altro affluente denominato “Rio di Castelvecchio/Altenburger Bach”, che scende dal monte Roen, ma che conduce acqua solamente in caso di forti piogge. L’acqua di alcune sorgenti sommerse proviene dalla parte alta del monte Roen, costituita da pareti calcaree, altre sorgenti provengono dalla parte bassa porfirica dello stesso monte. Negli anni Settanta sono stati realizzati tre pozzi presso le rive settentrionali, con l’obiettivo di aumentare il ricambio di acqua in questa zona. A causa delle ampie dimensioni del bacino imbrifero, il ricambio del lago è elevato. L’emissario, che prende il nome di “Fossa Grande/Großer Graben”, si trova all’estremità sud del lago, assieme ad un emissario minore, “Fossa Piccola/Kleiner Graben”, che attraversa il canneto a sud.

| | |
|--------------------------------|----------------------|
| Area (compreso il lago) | 55,5 km ² |
| Quota del lago | 214 m s.l.m. |
| Rapporto area bacino/area lago | 36,3 |

Tab. 1: Caratteristiche morfologiche del bacino imbrifero.

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| Superficie | 131,4 ettari |
| Volume | 6.000.000 m ³ circa |
| Lunghezza massima | 1900 m |
| Lunghezza media | 692 m |
| Profondità massima | 6 m |
| Perimetro | 5300 m |

Tab. 2: Dati morfometrici del bacino lacustre.

2.3 TERMICA DELLE ACQUE

Le acque superficiali del lago raggiungono nei mesi di luglio e agosto le massime temperature, comprese tra i 20 e i 26 °C. Le differenze di temperatura tra le acque superficiali e quelle di fondo raggiungono nel periodo estivo, in base alle misurazioni disponibili, un massimo di 6,6 °C, ma possono anche essere inferiori ad 1 °C, mantenendosi in media comprese tra i 2 e i 3 °C.

La stratificazione che talvolta si può riscontrare nel periodo estivo è instabile a causa della ridotta profondità e della forza e frequenza dei venti. Il lago è generalmente gelato durante i mesi di gennaio e febbraio, ma negli inverni miti gela solo parzialmente. Soprattutto le zone in prossimità delle quali sorgono sorgenti rimangono libere da ghiaccio anche d'inverno.

2.4 POPOLAZIONE ITTICA

La fauna ittica del lago di Caldaro si compone delle seguenti specie:

| | |
|-----------------|---|
| lucioperca | <i>Stizostedion lucioperca</i> (Linnaeus, 1758) |
| luccio | <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 |
| anguilla | <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758) |
| pesce persico | <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758 |
| carpa | <i>Cyprinus carpius</i> Linnaeus, 1758 |
| tinca | <i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758) |
| cavedano | <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758) |
| abramide | <i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758) |
| triotto | <i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837) |
| scardola | <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) |
| alborella | <i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758) |
| carpa erbivora | <i>Ctenopharyngodon idellus</i> (Valenciennes, 1844) |
| naso | <i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758) |
| persico sole | <i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758) |
| carpa argentata | <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844) |

Tab. 3: Fauna ittica.

Il Comune di Caldaro ha la concessione esclusiva di pesca sul lago, e immissioni artificiali di pesce vengono effettuate ogni anno. In base alle informazioni fornite dall'Ufficio Caccia e Pesca della Provincia di Bolzano, nell'anno 2007 sono stati immessi nel lago: 506 kg di novellame di carpe, 257 kg di novellame di tinche e 632 kg di novellame di lucci.

Le ingenti immissioni di pesce e la buona riproduzione naturale di lucci e di tinche (non di carpe) rendono la fauna ittica del lago di Caldaro abbondantissima.

Nel 1973 e 1974 sono stati introdotti nell'ambiente lacustre 2700 kg di carpe erbivore e carpe argentate, con l'intento di tenere sotto controllo la vegetazione sommersa e la crescita di fitoplancton.

Tuttavia questo ultimo fattore ha comportato soprattutto effetti negativi, che verranno illustrati nelle conclusioni.

2.5 PROVVEDIMENTI DI SALVAGUARDIA

Fino al 1979 – anno in cui è stata realizzata la diversione di gran parte delle acque di scarico - il lago di Caldaro è stato fortemente soggetto all'inquinamento, ma grazie alla sua buona esposizione ai venti e all'elevato ricambio, è stato in grado di sopportare il carico inquinante meglio di altri laghi meno favoriti dalla loro natura, e di migliorare rapidamente a seguito del risanamento realizzato dell'affluente principale (Rio dei prati/Wiesenbach). Attualmente le condizioni del lago si possono definire mesotrofiche (moderatamente soggette ad inquinamento). La densità dei popolamenti algali e il contenuto in clorofilla-*a* sono nettamente diminuite negli anni, con conseguente aumento dei valori di trasparenza. L'aumento di trasparenza, in presenza di contenuti di nutrienti ancora relativamente alti soprattutto nel sedimento, favorisce lo sviluppo delle piante acquatiche superiori, particolarmente nella zona dell'affluente e nella baia di Geier (nord-ovest del lago).

In più riprese sono stati asportati i sedimenti del lago con un natante attrezzato. Il provvedimento è stato intrapreso per contrastare l'interramento e per ripulire dalle acque non depurate le zone in prossimità dei vecchi punti di scarico, le zone di balneazione e le zone con eccessiva crescita di piante acquatiche.

Durante i mesi invernali si procede a un parziale taglio del canneto a sud del lago. Il periodico taglio consente una migliore crescita dello stesso e un asporto dei nutrienti. Quando si presenta la necessità, si provvede al taglio e asporto delle piante acquatiche sommerse che infestano la parte nord del lago (piante acquatiche superiori come *Najas intermedia*, *Nuphar luteum*, *Myriophyllum spicatum*).

2.6 RUOLO DEI MACROINVERTEBRATI BENTONICI

La comunità bentonica è costituita da un complesso di organismi che vivono a contatto con il fondo, sia aderenti sia mobili sul substrato.

Gli organismi animali del benthos degli ambienti lacustri vengono suddivisi, per ragioni essenzialmente pratiche, in microinvertebrati e macroinvertebrati (GHETTI, 1981). I microinvertebrati raramente superano i 0,5 mm di lunghezza, a essi appartengono prevalentemente i seguenti gruppi: Protozoa, Rotifera, Nematoda, Tardigrada, Hydracarina e Ostracoda. I macroinvertebrati sono invece organismi la cui taglia supera i 0,5 mm. A essi appartengono essenzialmente i seguenti gruppi: Insecta (larve acquatiche di Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Odonata, Coleoptera, questi ultimi anche adulti), Crustacea, Mollusca, Oligochaeta, Hirudinea e Turbellaria.

I macroinvertebrati bentonici nell'ambiente lacustre vivono all'interno del sedimento (endobenthos) o sopra di esso (epibenthos); nel sedimento essi spesso costruiscono tubi (Oligochaeta, Chironomidae) o si muovono al di sopra di questo (benthos vagile, Crustacea, Ephemeroptera etc.). Nei

sedimenti possono infine svolgere l'intero ciclo vitale (Oligochaeta) o solo una parte di esso (Insecta).

Generalmente i macroinvertebrati bentonici sono distribuiti più abbondantemente nelle zone più prossime alla riva, e tendono a diminuire di numero verso le zone più profonde dei laghi, che rimangono dominate solamente da Chironomidae e Oligochaeta.

I macroinvertebrati possono distribuirsi nell'ambiente bentico in corrispondenza di tre fasce o zone: la zona litorale (zona eufotica, compresa tra la linea di costa e alcuni metri di profondità), la zona sublitorale (corrisponde ad una zona scarsamente illuminata e al metalimnio, spesso è una zona di deposito di conchiglie di molluschi) e la zona profonda (corrisponde alla zona ipolimnica del lago, poco o per nulla illuminata).

I sedimenti svolgono un ruolo fondamentale nei processi chimici e biologici dell'ecosistema lacustre, in quanto le sostanze disciolte nell'acqua sovrastante vi si accumulano per adsorbimento; la capacità di trattenere o rilasciare diversi elementi (il fosforo ad esempio) condiziona lo stato trofico e la produttività del lago. Pertanto, nello studio della fauna bentonica di un lago vanno tenute in considerazione le caratteristiche fisiche e chimiche. (SOLIMINI et al.; 2006, LENCIONI et al.; 2005, KENNETH & DONOHUE, 2006)

2.7 DIRETTIVA DI RIFERIMENTO

L'utilizzo dei macroinvertebrati bentonici come indicatori della qualità delle acque è previsto dalla direttiva europea cui il mio lavoro fa riferimento, nota come "Water Framework Directive". Tale Direttiva - 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 Ottobre 2000 - istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, e più precisamente prevede che per stabilire lo stato ecologico è necessario il monitoraggio delle diverse comunità biologiche. Uno degli obiettivi della Direttiva è il raggiungimento entro il 2015 dello stato ecologico buono per tutti i corpi idrici europei, prevenire l'ulteriore degradazione, proteggere e migliorare lo stato ecologico degli ecosistemi acquatici. Per stato ecologico s'intende "l'espressione della qualità, della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali" (Articolo 2, punto 21).

La Direttiva indica, oltre agli obiettivi, anche i parametri da valutare per il raggiungimento dello stato ecologico; tra questi, vengono indicati anche i parametri biologici, che devono essere usati come indicatori di qualità per i diversi corpi idrici. (SOLIMINI A., 2006)

3. SCOPO DELLA TESI

Il presente lavoro è un primo tentativo di utilizzare i macroinvertebrati bentonici del lago di Caldaro come elementi indicatori di qualità biologica, finalizzato a determinarne lo stato ecologico.

Questa ricerca si propone di applicare la normativa di riferimento E.U., 200 Direttiva 2000/60/EC del Parlamento e del Consiglio Europeo del 23 Ottobre 2000, la quale stabilisce un protocollo per l'azione comunitaria in materia di acque ("Official Journal of the European Communities" L 327, 22.12.2000, 1-72).

Ritengo opportuno premettere che l'analisi da me eseguita non ha potuto avvalersi del confronto con i dati della letteratura precedente: in particolare sulla fauna bentonica litorale del lago di Caldaro è stato eseguito un solo studio sistematico nell'anno 1979, ma quei risultati non possono essere correlati per un confronto con i dati da me raccolti perché usano dei metodi diversi, e si fondano su una situazione trofica del lago molto diversa da quella attuale.

I responsabili del Laboratorio Biologico della Provincia Autonoma di Bolzano hanno effettuato nel mese di ottobre 2008 un nuovo campionamento di macroinvertebrati: ma poiché queste ultime analisi allo stato attuale (novembre 2008) sono ancora in elaborazione, di esse non si è potuto tener conto in questo lavoro di tesi.

4. MATERIALI E METODI

4.1 DATE E MODALITA' DI CAMPIONAMENTO

Lo studio eseguito si è svolto da maggio 2008 fino alla fine di luglio dello stesso anno, con due uscite sul campo, la prima il 20 maggio e la seconda il 7 luglio.

Il protocollo di riferimento utilizzato (Zoobenthos, Direttiva EC) prevede che vengano effettuati due campionamenti annuali. Il primo deve essere effettuato durante il periodo di piena circolazione del lago a fine inverno-inizio primavera, prima che il lago vada incontro al processo di stratificazione termica estiva; il secondo campionamento durante il periodo di massima stratificazione (fine estate), quando il lago è presumibilmente nel peggiore stato ecologico.

La mia ricerca si limita a trattare i dati ricavati dal primo campionamento annuale.

I campionamenti sono stati compiuti eseguendo due transetti: il primo in prossimità del campeggio a ovest del lago, il secondo in prossimità del canneto a sud-est. Lungo ogni transetto sono state scelte tre stazioni, precisamente a 1,5 m, a 3 m e a 5 m (Fig. 3). Entro ogni stazione sono state eseguite tre repliche di campioni. Lo strumento utilizzato, la draga di Ekman (Fig. 2), che ha una superficie di raccolta di circa 225 cm², è stato calato da un'imbarcazione e chiuso mediante messaggero di piombo.

Successivamente sono stati prelevati campioni di benthos in riva con retino da plancton (maglie di 250 µm), in due zone del canneto, a est e a nord-est del lago. Altri campioni di benthos litorale sono stati prelevati con retino nella seconda uscita sul campo di luglio. Questi campioni sono stati presi trascinando un retino da plancton sul fondo, fino a 0,5 m ca., in più punti lungo il perimetro della riva.

QuickTime è un
decompressore
sono necessari per visualizzare quest'immagine.

Fig. 2: Draga di Ekman.

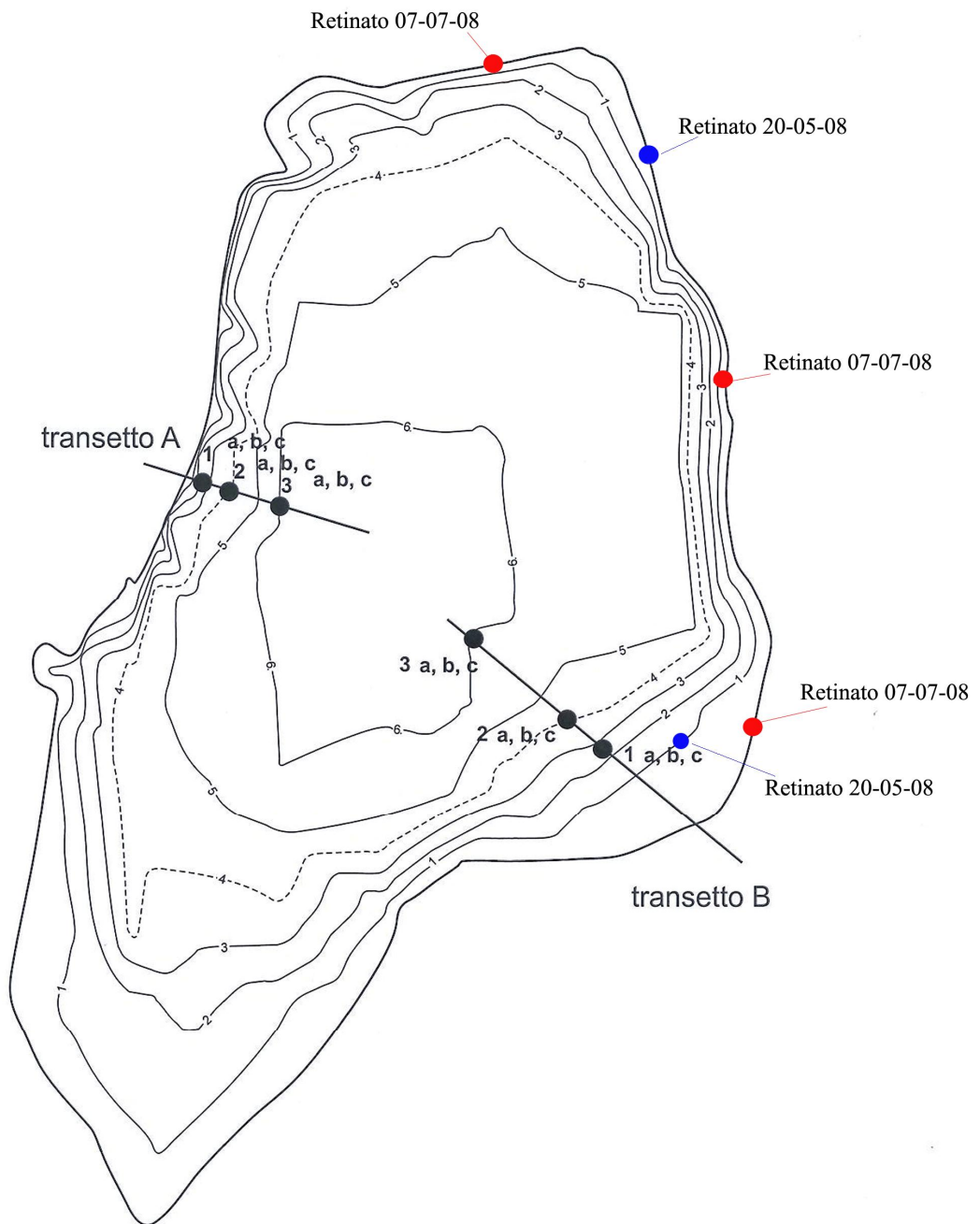


Fig. 3: Il lago di Caldaro: sono indicate le isobate e i punti di campionamento.

4.2 PARAMETRI CHIMICO-FISICI

Il campionamento della fauna bentonica è stato abbinato a quello della colonna d'acqua prelevata in centro lago. I dati presi in considerazione dal mio lavoro, si riferiscono a due date di campionamento: il 31 marzo 2008 e il 7 luglio dello stesso anno; io ho partecipato solamente al campionamento del 7 luglio e alle successive analisi di laboratorio.

Sulla colonna d'acqua sono state effettuate le seguenti analisi:

- Temperatura;
- pH (determinazione elettrometrica);
- Alcalinità (titolazione);
- Conducibilità elettrica (conduttimetria);
- TP (spettrofotometria dopo digestione);
- TN (combustione e chemiluminescenza);
- TOC (NPOC combustione catalitica);
- Clorofilla-*a* (Metodo secondo ROTT);
- Ossigeno disciolto (Metodo di WINKLER);
- N-NH₄ (spettrofotometria);
- N-NO₃ (cromatografia ionica);
- S-SO₄ (cromatografia ionica);
- Cl⁻ (cromatografia ionica);
- Ca (cromatografia ionica);
- Mg (cromatografia ionica);
- Na (cromatografia ionica);
- K (cromatografia ionica).

La trasparenza è stata misurata con il disco di Secchi.

Per quanto riguarda le metodologie delle analisi chimiche, è stato seguito quanto prescritto dal manuale APAT, CNR-IRSA (2003).

4.3 PRELIEVO DEI CAMPIONI DI SEDIMENTO

Per quanto riguarda la raccolta dei campioni di sedimento, è stato fatto un unico campionamento il giorno 7 luglio 2008. Per la raccolta è stato usato un carotatore a gravità (UWITEC CORER), che è stato lasciato cadere dalla barca fino a toccare il fondale. Sono stati carotati tre campioni di sedimento rispettivamente a 1,5 m, a 3 m e a 5 m di profondità, in una zona del lago in prossimità della quale è stato effettuato il secondo transetto (transetto B) nella data del 20 maggio 2008.

È opportuno che l'analisi dei sedimenti sia fatta congiuntamente all'analisi dei macroinvertebrati bentonici al fine di acquisire informazioni circa la risposta della comunità macrobentonica a situazioni di rischio da sostanze tossiche.

4.4 ESAME DEI CAMPIONI DI BENTHOS

I campioni raccolti con la draga di Ekman sono stati trasportati in laboratorio, e setacciati per mezzo di un retino da plancton con maglie da 250 µm al fine di liberare il campione dal detrito più fine.

Il campione è stato poi posto in bacinelle con fondo bianco ed esaminato inizialmente a occhio nudo con l'aiuto di una grossa lente d'ingrandimento (diametro 200 mm o più). Gli esemplari identificati sono stati separati dal detrito e conservati in provette di vetro in alcool al 75 % con un cartellino indicante data e stazione di prelievo.

Gli individui identificati sono stati poi osservati meglio allo stereomicroscopio e al microscopio ottico (con obiettivi ×4, ×10, ×20, ×40, ×60), contati e classificati; mediante una proporzione matematica, il numero di individui classificati è stato rapportato a 1 m². L'analisi tassonomica è stata spinta fino al livello più basso consentito dalla chiave di determinazione usata (CAMPAIOLI et al., 1994; EPLER, 2001; TACHET et al., 2000; SANSONI, 1998) e dalle mie competenze.

Per la determinazione dei Diptera fino al genere è stato utilizzato il volume *I Ditteri Chironomidi* di LENCIONI et al., 2007.

4.5 ANALISI DEL SEDIMENTO

I sedimenti sono stati sezionati nei vari strati da analizzare, posti in capsule di ceramica dal peso predeterminato e successivamente pesati assieme alla capsula. Una volta a conoscenza del peso fresco dei campioni, si procede disponendo questi in una stufa alla temperatura di 105 °C (12 – 24 ore circa fino a peso costante), per poi estrarli e determinarne il peso secco. In questo modo si può calcolare il contenuto percentuale in acqua dei campioni. La determinazione del carbonio organico e dei carbonati è stata effettuata sottoponendo i sedimenti a procedure di combustione. I sedimenti sono stati dapprima posti in forno a muffola a 550 °C dove la materia organica viene ossidata a diossido di carbonio. Il contenuto percentuale in materia organica viene espresso come LOI (loss on ignition o perdita per combustione) mediante il seguente calcolo:

$$LOI_{550} = ((DW_{105} - DW_{550}) / DW_{105}) * 100$$

dove DW₅₅₀ rappresenta il peso secco del campione dopo la combustione a 550 °C e DW₁₀₅ il peso secco del campione prima della combustione (entrambi espressi in grammi).

Il carbonio inorganico è stato successivamente determinato con combustione a 950 °C, dove anche il carbonato viene trasformato in diossido di carbonio. Il contenuto percentuale in carbonati viene espresso come LOI₉₅₀ e calcolato come segue:

$$LOI_{950} = ((DW_{550} - DW_{950}) / DW_{105}) * 100$$

dove DW_{950} rappresenta il peso secco dopo la combustione a 950 °C, DW_{550} rappresenta il peso secco della sostanza organica a 550 °C e DW_{105} è ancora il peso secco del campione prima delle due combustioni (il tutto sempre espresso in grammi).

Come nel caso dell'analisi tassonomica dei macroinvertebrati, i dati ricavati dalle analisi del sedimento sono stati inseriti in fogli di calcolo Microsoft Excel. (HEIRI et al., 2001)

5. RISULTATI

5.1 PARAMETRI CHIMICO-FISICI DELLE ACQUE

I dati che vengono riportati nelle tabelle qui sotto (Tab. 4 e 5) sono stati ricavati in seguito a due campionamenti: il primo in data 31 marzo 2008, il secondo, 7 luglio 2008.

| prof m | T°C. | pH | Cond. | TP | TN | N- NO3 | N- NH 4 | Alc. | O ₂ | Chl .a | SO4 | Cl ⁻ | Ca | Mg | Na | K |
|-----------|------|-----|-------|------|------|-----------|---------------|-------|----------------|-----------|------|-----------------|------|------|-----|-----|
| 1 | 10.5 | 8.3 | 537.0 | 7.5 | 1323 | 1016 | 96 | 4.159 | 12.2 | 3.2 | 79.3 | 8.74 | 48.3 | 31.3 | 8.0 | 2.8 |
| 2 | 10.4 | 8.3 | 550.5 | 9.0 | 1308 | 1015 | 102 | 4.145 | 12.4 | 3.2 | 79.7 | 8.77 | 50.5 | 32.6 | 8.4 | 2.9 |
| 3 | 10.2 | 8.4 | 552.0 | 9.0 | 1292 | 1025 | 99 | 4.136 | 12.5 | 3.0 | 80.8 | 8.90 | 50.2 | 32.5 | 8.4 | 2.9 |
| 4 | 10.1 | 8.4 | 548.0 | 10.0 | 1270 | 1020 | 105 | 4.128 | 12.1 | 3.2 | 80.7 | 8.92 | 50.9 | 32.8 | 8.6 | 2.9 |
| 5 | 9.9 | 8.4 | 553.0 | 11.0 | 1303 | 1015 | 97 | 4.122 | 12.5 | 4.3 | 81.5 | 8.99 | 49.9 | 32.5 | 8.5 | 2.9 |

| $\mu\text{S}/\text{cm}$ ₂ | $\mu\text{g}/\text{L}$ | $\mu\text{g}/\text{L}$ | $\mu\text{g}/\text{L}$ | $\mu\text{g}/\text{L}$ | meq/L | mg/ L | $\mu\text{g}/\text{L}$ | mg/ L | mg/ L | mg/ L | mg/ L | mg/ L | mg/ L | mg/ L |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------|----------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------|----------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|

Tab. 4: Tabella riassuntiva dei parametri chimico-fisici del giorno 31/03/2008

| prof. m | T°C. | pH | Cond. | TP | TN | N- NO3 | N- NH4 | Alc. | O ₂ | Chl .a | SO4 | Cl ⁻ | Ca | Mg | Na | K |
|------------|------|-----|-------|----|-----|-----------|-----------|-------|----------------|-----------|------|-----------------|------|------|-----|-----|
| 1 | 26.2 | 8.2 | 534.0 | 16 | 971 | 322 | 162 | 3.644 | 8.8 | 3.9 | 64.7 | 7.6 | 47.6 | 32.9 | 8.2 | 2.4 |
| 2 | 26.0 | 8.2 | 541.0 | 15 | 953 | 319 | 159 | 3.551 | 8.6 | 4.0 | 66.7 | 10.1 | 48.2 | 33.1 | 8.7 | 2.5 |
| 3 | 25.9 | 8.2 | 533.0 | 15 | 925 | 323 | 166 | 3.680 | 8.6 | 4.0 | 64.2 | 7.5 | 47.0 | 32.4 | 7.8 | 2.4 |
| 4 | 25.9 | 8.2 | 533.0 | 16 | 920 | 325 | 171 | 3.638 | 8.6 | 4.0 | 64.9 | 8.1 | 47.7 | 32.8 | 7.9 | 2.5 |
| 5 | 25.7 | 8.2 | 540.0 | 20 | 930 | 341 | 189 | 3.740 | 8.8 | 5.9 | 66.0 | 7.3 | 49.5 | 33.2 | 7.9 | 2.6 |

Tab. 5: Tabella riassuntiva dei parametri chimico-fisici del giorno 07/07/2008

Le temperature delle acque del lago di Caldaro sono comprese tra un minimo di 9.9 °C nel mese di marzo sul fondo, fino a un massimo di 26.2 °C in superficie nel mese di luglio.

Le acque del lago possiedono un pH leggermente alcalino, che varia da un massimo di 8.4 alla profondità di 3 m nel mese di marzo, a un minimo di 8.2 nel mese di luglio a 4 m di profondità. In generale i valori di pH si mantengono pressoché costanti lungo la colonna d'acqua, tranne qualora l'attività fitoplanctonica raggiunga valori elevati.

La conducibilità varia nel periodo di studio, da un minimo di 533 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ nel mese di luglio a 3 m di profondità, a un massimo pari a 553 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ a marzo alla massima profondità. La conducibilità aumenta leggermente negli strati profondi.

Le concentrazioni di fosforo totale aumentano notevolmente da marzo a luglio, all'aumentare della profondità lungo la colonna d'acqua, fino a raggiungere durante il mese di luglio a 5 m di profondità i limiti del mesotrofismo.

I valori di azoto totale diminuiscono invece da marzo a luglio con l'aumento delle temperature e della produzione primaria. Questi valori variano da un massimo di 1.323 $\mu\text{g}/\text{l}$ a marzo in superficie, a un minimo di 520 $\mu\text{g}/\text{l}$ in luglio a 4 m sotto il livello del filo d'acqua.

Le concentrazioni di ossigeno disciolto in soluzione riflettono l'intensità dell'attività fotosintetica e lo scambio di ossigeno tra corpo idrico e atmosfera. Questo parametro, uno dei principali fattori limitanti di un ecosistema lacustre, mostra nel mese di marzo valori superiori a 12.5 mg/l, e a luglio, valori che decrescono con l'aumentare della temperatura e della profondità fino a un minimo di 8.6 mg/l. Le concentrazioni di ossigeno nell'acqua del lago sono in entrambe le date leggermente superiori alla saturazione.

La concentrazione della clorofilla-*a* riflette l'attività, e quindi la quantità dei produttori primari. I valori non variano molto tra primavera ed estate, e vanno da un minimo di 3.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ alla profondità di 3 m a marzo, a un massimo di 5.9 $\mu\text{g}/\text{l}$ nel mese di luglio nel punto più profondo. I valori della clorofilla tendono ad aumentare con la profondità lungo la colonna d'acqua.

Per quanto riguarda il bilancio ionico (Fig. 4), tra i cationi, calcio e magnesio si trovano in quantità simili, con leggera preponderanza del calcio sul magnesio, mentre sodio e potassio contribuiscono solo in piccola parte. Tra gli anioni sono preponderanti i solfati (SO_4^{2-}).

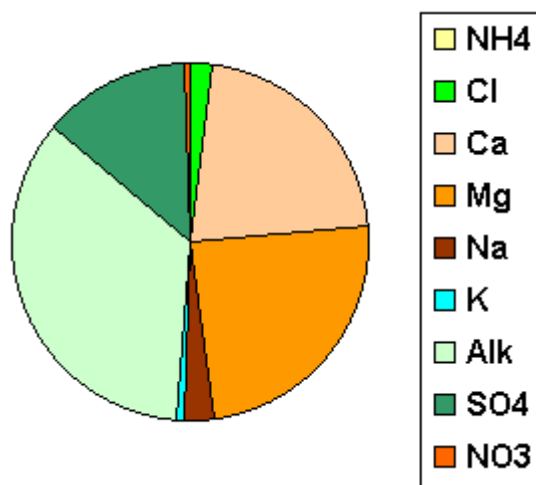


Fig. 4: Lago di Caldaro: composizione ionica delle acque.

5.2 ANALISI DEI SEDIMENTI

Uno dei fattori ecologici di fondamentale importanza distributiva per il benthos litorale è la natura dei sedimenti che, a parità di altre condizioni, può avere un valore selettivo nel limitare o prevenire la colonizzazione da parte di certe specie o gruppi di organismi quali ad esempio: larve di Chironomidae e Oligochaeta (TONOLLI, 1964).

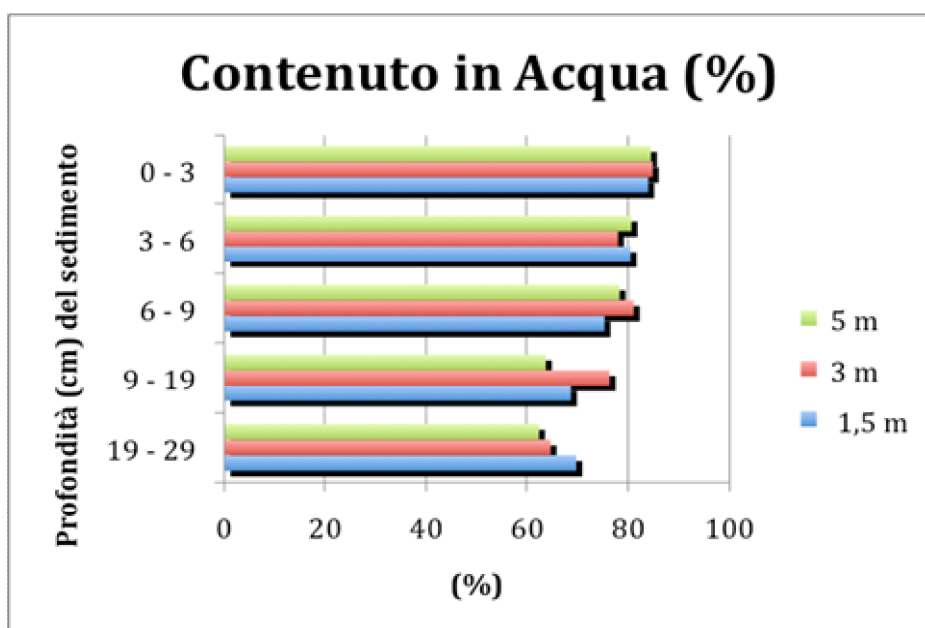


Fig. 5: Contenuto (%) di H₂O calcolato mediante LOI₁₅₀ alle differenti profondità.

I sedimenti prelevati nei carotaggi effettuati il 7 luglio 2008 presentano un contenuto in acqua piuttosto elevato, che tende a diminuire nella carota dagli strati più superficiali a quelli più profondi per un processo di progressivo compattamento. Non vi sono marcate differenze di contenuto d'acqua alle tre differenti profondità (Fig. 5).

Per quanto riguarda la sostanza organica, si può osservare (Fig. 6) come questa sia contenuta maggiormente negli strati più in superficie, soprattutto nel sedimento prelevato in prossimità della costa a 3 m, e diminuisca progressivamente con la profondità, dove, a 5 m, raggiunge valori molto bassi. La sostanza organica si presenta con percentuali maggiori in prossimità della costa, dove viene degradata meno rispetto a zone più profonde del lago; il contrario avviene man mano che si scende in profondità, dove la materia organica viene progressivamente metabolizzata.

Il contenuto in carbonati dei sedimenti non varia molto sia negli strati, sia nelle carote alle diverse profondità (Fig. 7).

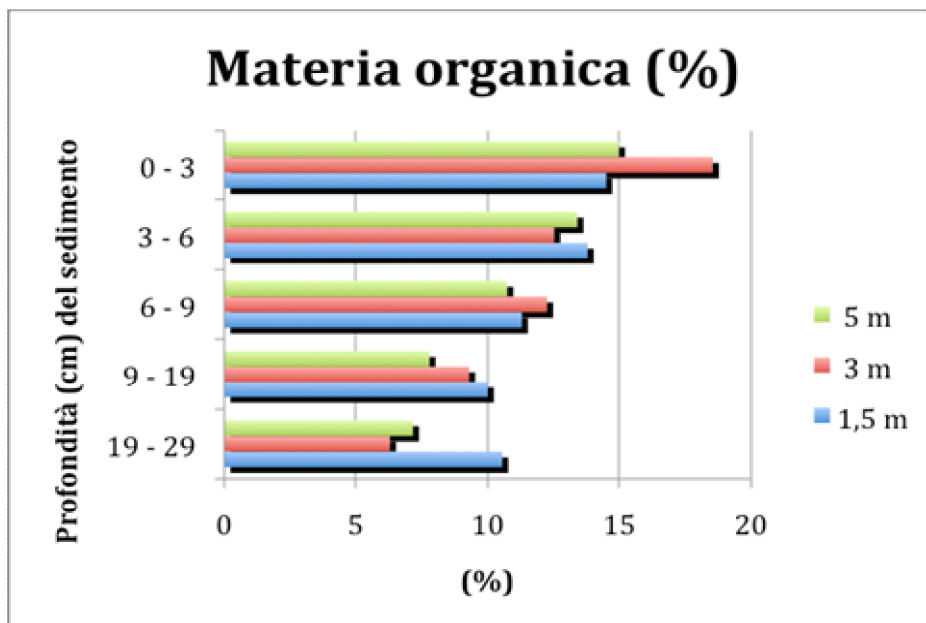


Fig. 6: Contenuto (%) di materia organica calcolato mediante LOI₅₅₀ alle differenti profondità.

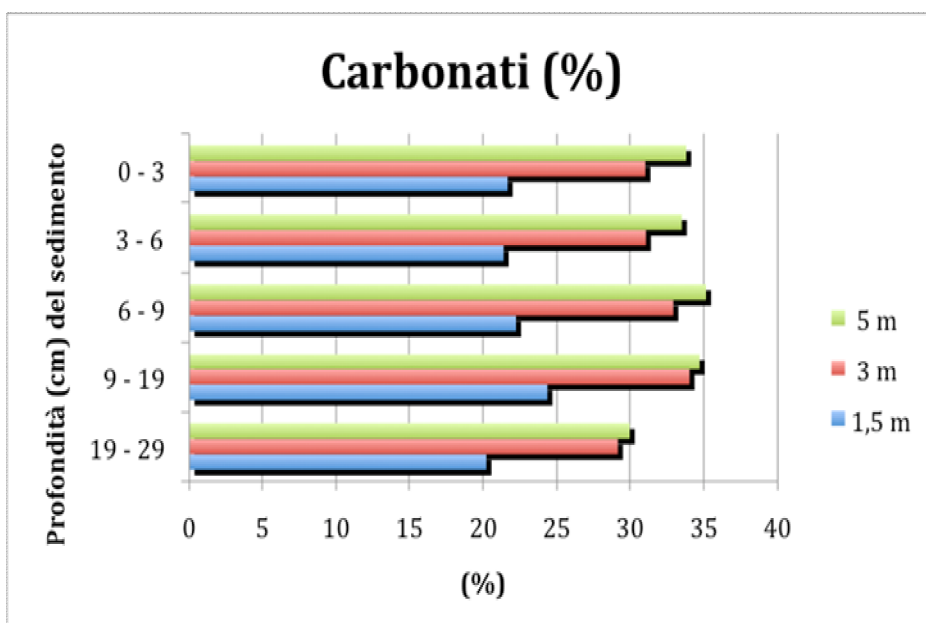


Fig. 7: Contenuto (%) di carbonati calcolato mediante LOI₉₅₀ alle differenti profondità.

5.3 STRUTTURA DELLA COMUNITA' BENTONICA NEI TRANSETTI

Nei due siti di campionamento sono stati reperiti organismi appartenenti esclusivamente al gruppo tassonomico degli Insecta. Nel materiale setacciato sono stati identificati anche moltissimi gusci vuoti di Mollusca, che tuttavia non possono essere presi in considerazione per l'analisi quantitativa e qualitativa della comunità dei macroinvertebrati bentonici.

Le quattro unità tassonomiche identificate tra gli Insecta sono rappresentate da: Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera e Diptera (vedi All. 1, 2 e Fig. 8).

La comunità bentonica risulta dominata quasi esclusivamente da Chironomidae a tutte le profondità; solamente a 1.5 m di profondità sono stati identificati individui appartenenti al genere *Caenis* (famiglia Caenidae, Ephemeroptera), alle famiglie di Ecnomidae (Trichoptera) ed Elmidae (Coleoptera).

All'interno dell'ordine Diptera, la famiglia rinvenuta in entrambi i siti di prelievo, in quantità notevoli e a tutte le profondità, è stata quella dei Chironomidae; assai molto meno rappresentato invece, il genere *Chaoborus* costituito esclusivamente da pochissimi individui.

Per la famiglia dei Chironomidae, l'analisi tassonomica è stata condotta fino al livello di genere (Fig. 9).

Le sottofamiglie più numerose in entrambi i siti di prelievo sono risultate essere quelle dei Chironominae e dei Tanypodinae. Tra i Chironominae tribù Chironomini sono stati identificati i generi: *Cladopelma*, *Polypedilum* e Chironominae gen.

Di questi, *Cladopelma* è stato quello più rappresentato, infatti ne sono stati reperiti individui a quasi tutte le profondità e in entrambi i transetti.

Sono stati inoltre identificati individui appartenenti alla tribù dei Tanytarsini: *Tanytarsus* sp. e *Stempellina* sp.; questi sono stati rinvenuti assieme a 5 m di profondità.

Tra i Tanypodinae invece sono stati identificati: *Procladius* sp., *Ablabesmyia* sp. e Tanypodinae gen. sp. Di questi, *Procladius* sp. è la specie che si rinviene a tutte le profondità in entrambi i siti di prelievo.

Le larve del genere *Tanytarsus* colonizzano una varietà di ambienti acquatici, ma nella maggior parte dei casi si possono rinvenire in maggior quantità nelle zone più prossime alle rive.

Per quanto riguarda i Tanypodinae, la maggior parte dei generi di questa sottofamiglia sono predatori e le larve colonizzano una varietà di habitat.

Il genere *Procladius* colonizza prevalentemente zone in cui le acque hanno caratteristiche chimiche particolari: pH compreso tra 4,1-8,0, e temperature comprese tra i 19-23 °C. Le larve possono colonizzare anche ambienti debolmente soggetti a inquinazione e subire deformazioni che sono indotte dalla sussistenza di livelli fisiologici alterati.

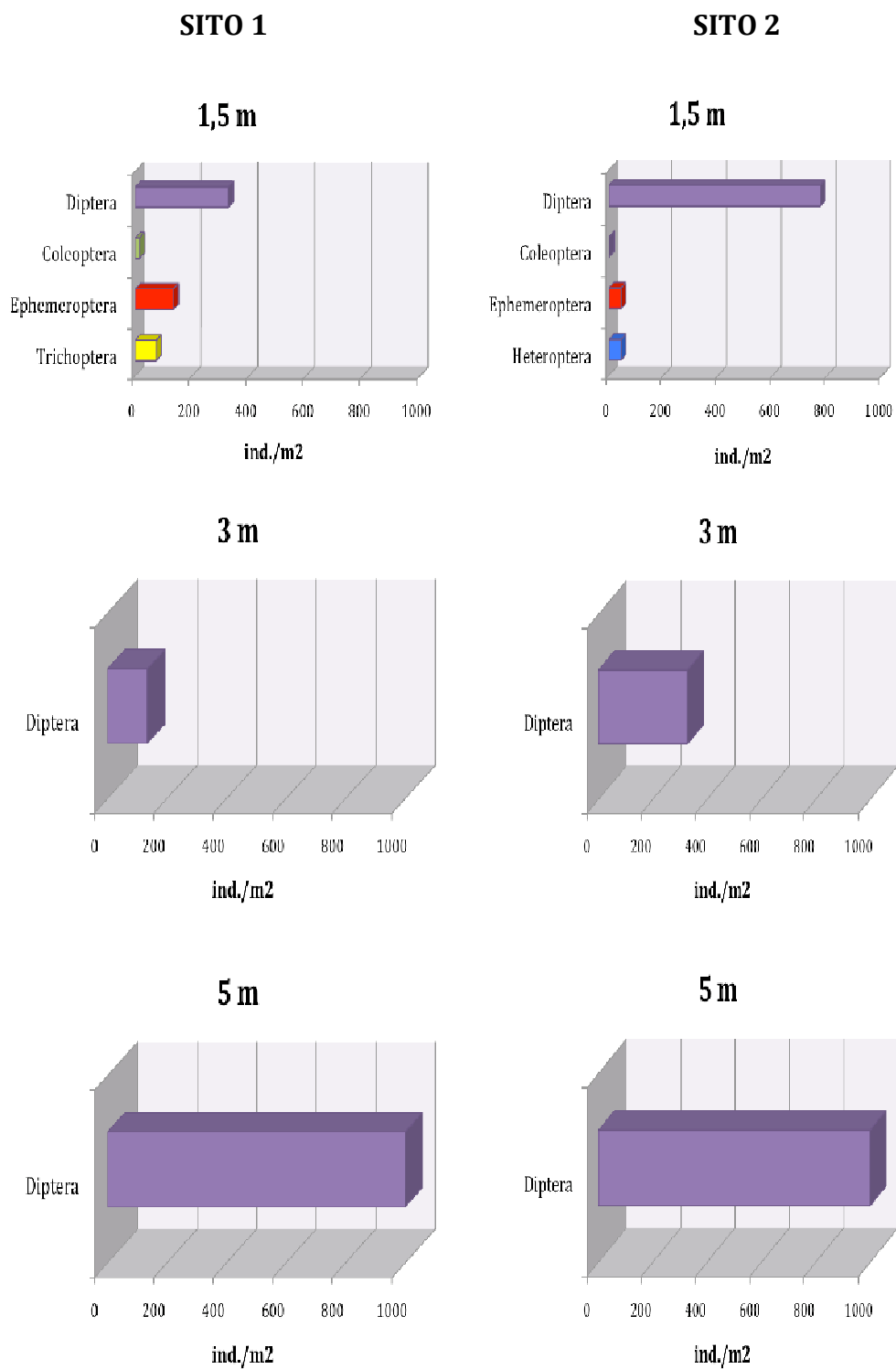


Fig. 8: Composizione del gruppo Insecta alle differenti profondità nei due transetti.

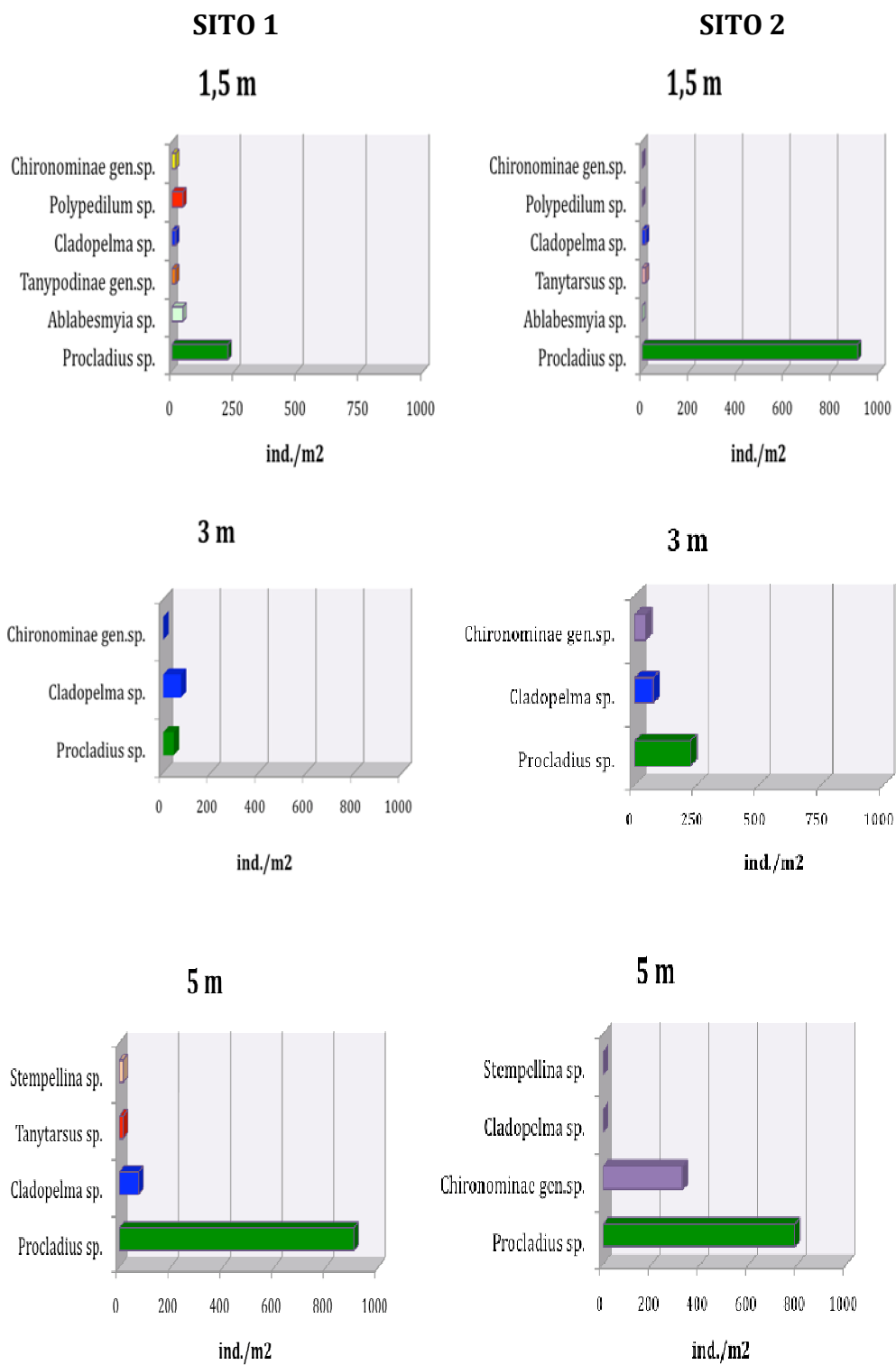


Fig. 9: Composizione della famiglia Chironomidae alle diverse profondità nei due transetti.

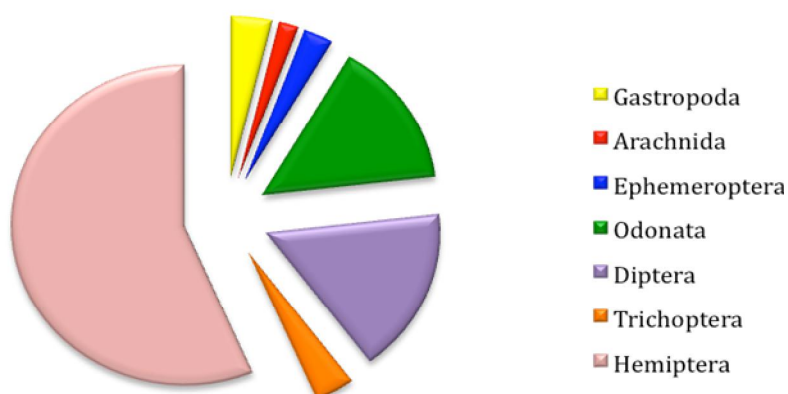
5.4 BENTHOS LITORALE RETINATO IN RIVA

Tra i macroinvertebrati campionati presso i canneti in più punti lungo la riva del lago, si può riscontrare una maggiore diversità specifica rispetto a quelli prelevati nelle zone più in profondità (vedi All. 3 e Fig. 10). Nel mese di maggio sono stati rinvenuti in prevalenza Hemiptera, in particolare *Micronecta* sp. (Corixidae), mentre nel mese di luglio un maggior numero di Trichoptera: Ecnomidae e Psychomyidae.

In entrambe le date di prelievo sono risultati abbondanti i Diptera (Chironomidae) e gli Odonata (Zygoptera e Anisoptera), meno rappresentati invece i Trichoptera e gli Ephemeroptera (Caenidae-*Caenis* sp.).

Tra i taxa non rinvenuti nel benthos prelevato nei transetti in profondità, il benthos litorale annovera alcuni individui di Hydrachnidae gen.sp. (Arachnida) e di Coleoptera (Helodidae gen.sp.). Tra il benthos litorale sono inoltre stati rinvenuti i seguenti Mollusca appartenenti alla classe dei Gastropoda: Bithyniidae-*Bithynia* sp., Lymnaeidae-*Lymnaea* sp., Physidae-*Physa* sp. e Planorbidae-*Gyraulus* sp.

BENTHOS LITORALE 20/05/08



BENTHOS LITORALE 07/07/08

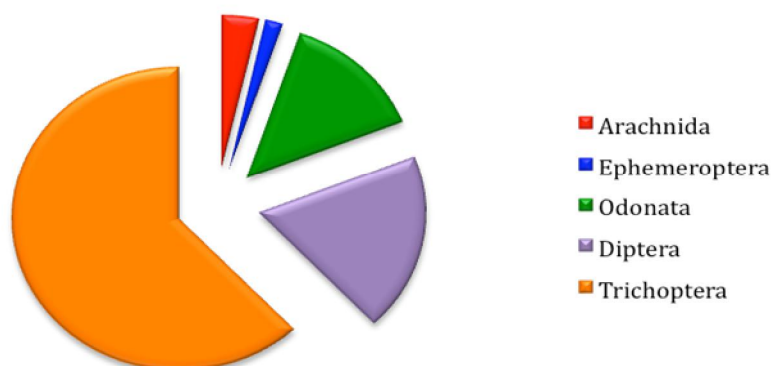


Fig. 10: Composizione del benthos litorale retinato presso i canneti lungo la riva del lago nelle date del 20/05/2008 e del 07/07/2008.

6. CONCLUSIONI

Le analisi chimico-fisiche delle acque e del sedimento condotte sul lago di Caldaro possono essere considerate indicative dello stato di buona salute di quest'ultimo. Inoltre la buona esposizione ai venti, il continuo ricambio, le basse profondità e la presenza di immissari e di numerose falde idriche, garantiscono una dinamicità idrica che interessa tutto il perimetro lacustre. Ciò garantisce condizioni ambientali adatte a una ben diversificata comunità di macroinvertebrati nelle varie zone lacustri.

Dai campionamenti da me effettuati nel periodo di studio risulta invece che la comunità macrobentonica è poco strutturata e poco diversificata. Nella zona litorale lungo le rive, si può osservare una maggiore ricchezza in specie in corrispondenza di più eterogenei microhabitat, ma le zone più in profondità sono colonizzate solamente da larve di Chironomidae, in quantità che difficilmente superano i 1000 ind./m², cioè molto inferiori quelle che ci si potrebbe aspettare in un lago considerato mesotrofico.

Per fare un paragone con un lago dalle caratteristiche abbastanza simili al lago di Caldaro, si potrebbe per esempio citare il lago di Canzolino, piccolo lago della Valsugana a 540 m s.l.m., in cui la densità riscontrata per i Chironomidae è superiore, fino a 1600 ind./m² (LUNELLI & CASELLATO, 1981).

Un altro fattore insolito, meritevole di particolare attenzione a riguardo, è la completa assenza di Oligochaeta.

Questa scarsa diversità di specie e di numero di individui campionati sono stati il punto di partenza per una serie di analisi, considerazioni e ipotesi che hanno caratterizzato il mio lavoro.

L'analisi delle acque non ha evidenziato anomalie nei valori tali da poter essere fattore limitante per la presenza di macroinvertebrati bentonici: infatti ossigeno disciolto, pH, fosforo totale, azoto totale, clorofilla-*a*, nitrati e nitriti risultano essere conformi e indicano che lo stato ecologico delle acque è buono.

In seguito ad analisi ecotossicologiche effettuate con *Daphnia magna* (LAZZERI & BLASIOR, 2005), non è stata riscontrata alcuna tossicità o presenza di fattori inquinanti.

Quindi sono state effettuate le analisi del sedimento, per osservare la natura di quest'ultimo, per evidenziare eventuali anomalie tali da essere fattore di degrado per il corpo idrico. Anche in questo caso però non è stata riscontrata nessuna significativa alterazione.

La povertà sia qualitativa sia quantitativa di macroinvertebrati bentonici potrebbe essere stata determinata in primo luogo dal periodo di campionamento. Questo è stato effettuato nel mese di maggio, periodo in cui i Chironomidae potrebbero essere appena schiusi dall'uovo sotto forma di larva ed essere quindi di ridotte dimensioni, a tal punto da sfuggire alle maglie dei setacci. Oppure, basandosi su un'altra ipotesi, i Chironomidae nel mese di maggio potrebbero aver già raggiunto lo stato pupale avanzato, ed essere sfarfallati sotto forma di immagine.

Un altro fattore che ha limitato la colonizzazione dei Chironomidae e degli Oligochaeta può essere interpretato in relazione alla natura dei sedimenti e

della sostanza organica più o meno fresca. Infatti il substrato del lago di Caldaro risulta essere ricco di sostanza organica fresca, e questo fattore potrebbe aver limitato la presenza di Oligochaeta (comunicazione personale del prof. B. Rossaro, Università degli Studi di Milano).

La carenza di Chironomidae, la scarsa diversità di specie di macroinvertebrati bentonici, assieme alla forte riduzione di macrofite (costituite essenzialmente da *Najas intermedia* e *Myriophyllum spicatum*), possono essere giustificate dal fatto che il lago di Caldaro è caratterizzato da una abbondante fauna ittica. Le ingenti immissioni del 1973 e 1974 di carpe erbivore e carpe argentate, specie molto longeve, esercitano una pressione molto elevata sul lago.

Le carpe erbivore si nutrono prevalentemente di macrofite e quando non trovano più da mangiare, si cibano di tutto ciò che trovano.

Di questa drastica riduzione di diversità, potrebbero essere responsabili non soltanto le carpe erbivore, ma anche le numerose altre specie di pesci massicciamente presenti nel lago. Questi certamente dapprima si cibano del benthos, ma poi passano pure a rosicchiare anche le piante (riducendo la diversità di macrofite).

Quest'ultima ipotesi ha suggerito ai responsabili del Laboratorio Biologico, in tempi recentissimi (novembre 2008) di fissare alcune gabbie di raccolta nel lago, al fine di consentire la crescita di macrofite e macroinvertebrati al loro interno, e di verificare quindi se questi abbiano la possibilità di svilupparsi al riparo dall'eventuale predazione da parte di pesci.

Solo in un prossimo futuro sarà possibile verificare l'efficacia del provvedimento e insieme la fondatezza di quell'ipotesi.

7. RINGRAZIAMENTI

Ringrazio la prof.ssa Sandra Casellato e il dott. Luciano Masiero del Laboratorio di Ecologia del Benthos del Dipartimento di Biologia dell'Università di Padova per avermi seguito nei lavori.

Per quanto riguarda la correttezza nella classificazione dei campioni di Chironomidae, ringrazio la dottoressa Valeria Lencioni (Museo Tridentino di Scienze Naturali), che si è resa disponibile per effettuare il controllo dei campioni.

Ringrazio inoltre la dott.ssa Bertha Thaler e p.i. Danilo Tait del Laboratorio Biologico dell'Agenzia per l'Ambiente della Provincia Autonoma di Bolzano per l'assistenza nella conduzione delle ricerche e la trasmissione dei dati.

8. BIBLIOGRAFIA

APAT, CNR-IRSA, 2003: Metodi Analitici per le acque, Manuale 29, I, II e III.

CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A. & RUFFO S., 1994: Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane, Provincia Autonoma di Trento.

EPLER J.H., 2001: Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina, North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Division of Water Quality. (PH.D.Thesis).

EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 2000: Directive of the European Parliament and the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy, 1997/0067 (COD)C5034712000 LEX224.

GHETTI P.F., 1981: I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua, Manuali di utilizzazione degli Indicatori Biologici di qualità delle acque, CNR, Roma, AQ/1/127, 90.

HEIRI O., LOTTER A.F. & LEMCKE G., 2001: Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate in sediments: reproducibility and comparability of results, Journal of Paleolimnology, 25: 101-110, Kluwer Academic Publishers.

KENNETH I. & DONOHUE I., 2006: North South Shared Aquatic Resource (NS Share). A review of the use of the littoral invertebrate communities of lakes for ecological classification, Trinity College, Dublin 2.

LAZZERI F. & BLASIOR L., 2005: Analisi ecotossicologiche di alcuni laghi altoatesini, Gredleriana, 5, 311-328.

LENCIONI V., MARZIALI L. & ROSSARO B., 2005: Assessment of the ecological status of lakes by macroinvertebrates: a case study, European Commission Directorate General JRC Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability Inland and Marine Waters Unit.

LENCIONI V., MARZIALI L. & ROSSARO B., 2007: I Ditteri Chironomidi: morfologia, tassonomia, ecologia, fisiologia e zoogeografia, Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali. 1, Trento.

LUNELLI F. & CASELLATO, 1981: Il lago di Canzolino (Valsugana, Trentino): primo quadro limnologico generale, Studi Trentini di Scienze Naturali, 57: 3-32.

SANSONI G., 1998: Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani, Provincia Autonoma di Trento.

SOLIMINI A., 2006: Lo stato ecologico dei corpi d'acqua Europei e l'attuazione della direttiva quadro sulle acque: principi generali, European Commission Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability Rural, Water and Ecosystem Resources.

SOLIMINI A., FREE G., DONOHUE I., IRVINE K., PUSCH M., ROSSARO B., SANDIN L. & CARDOSO A.C., 2006: Using Benthic Macroinvertebrates to Assess Ecological Status of Lakes Current Knowledge and Way Forward to Support WFD Implementation, Institute for Environment and Sustainability. EUR 22347 EN.

TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. & USSEGLIO-POLATER P., 2000: Invertébrés d'eaux douces. Systématique, biologie, écologie. CNRS éditions, Paris.

THALER B. & TAIT D.: Il lago di Caldaro, Caratterizzazione limnologica, (in prep.).

TONOLLI V., 1964: Introduzione allo studio della limnologia, CNR Istituto Italiano di Idrobiologia, Verbania Pallanza.

ALLEGATI