

Boll. Mus. reg. Sci.nat. Torino	Vo. 33 - N. 1-2	pp. 281 - 300	15.06.2017
---------------------------------	-----------------	---------------	------------

Silvia ZAUPA\*, Marzia CIAMPITIELLO\*,  
Arianna ORRU\* & Angela BOGGERO\*§

## Influenza delle caratteristiche dell'habitat sui macroinvertebrati lacustri: l'esempio del Lago di Viverone

### ABSTRACT

*Influence of habitat characteristics on lacustrine macroinvertebrates: Lake Viverone as a case study*

A combined analysis performed on Lake Viverone (Piedmont) linking the composition of the littoral macroinvertebrate fauna with the Benthic Quality Index used for lake quality classification and some hydro-morphological parameters evaluated through the application of the Lake Habitat Survey is presented. Hydro-morphological parameters comprised the characteristics of the littoral and sub-littoral substratum type, the bank characteristics, and the anthropic impacts along the shore. The lake was sampled during water mixing (spring) and stratification (autumn) with a grab in soft sediment, according to the national standardized protocol in the littoral, sublittoral and profundal areas, but here an in-depth description of the littoral area is provided. Canonical Correlation Analysis to evaluate the effects of anthropic pressures on the littoral benthic community was applied. According to the described numerical analysis, i) macroinvertebrates composition and sampling stations can be classified in three principal groups, according to seasonality and anthropic impacts; ii) correlations between the Benthic Quality Index and the hydro-morphological variables were high. It's clear that to better understand the real effects of hydro-morphology on macroinvertebrates distribution and composition, it is necessary to expand the number of sampling sites along the coast to verify the robustness of our hypothesis.

Key words: chemistry, hydro-morphology, lakes, littoral, macroinvertebrates.

### INTRODUZIONE

La Direttiva Quadro sulle Acque (WFD 2000/60/CE - European Community, 2000) spiega i principi generali e gli obiettivi per l'azione comunitaria in materia di acque, definisce l'acqua come patrimonio da tutelare e da conservare e ha come scopo finale quello di migliorare i Piani di Gestione e la valutazione dello stato ecologico dei bacini idrografici. Ha introdotto inoltre, aspetti innovativi relativamente al monitoraggio. In passato, infatti, la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici si basava solamente sui classici parametri chimico-fisici delle acque. Ora, con

---

\* CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE), Verbania Pallanza

§ LifeWatch, Italia

l'introduzione del D.Lgs. 152/06, che rappresenta il recepimento italiano della WFD 2000/60, il giudizio dei corpi idrici lacustri, è basato principalmente su parametri biologici (fitoplancton, diatomee, macrofite, macroinvertebrati e pesci), ma anche su parametri chimico-fisici e idro-morfologici a supporto di quelli biologici. La qualità del corpo idrico è quindi vista nel suo significato più completo, guardando l'ecosistema nella sua totalità, sapendo che le comunità biologiche rispondono a diversi tipi di cambiamento, a piccola e grande scala, a inquinamenti puntuali e diffusi, ma anche a piccole o grandi modificazioni degli habitat.

In questo lavoro, si analizza in modo specifico la fauna litorale a macroinvertebrati per evidenziare le possibili relazioni esistenti fra la presenza di attività antropiche, la presenza di infrastrutture e di opere artificiali lungo la zona riparia e litorale del Lago di Viverone, scelto come caso di studio, e la distribuzione e composizione dei macroinvertebrati nella stessa zona, valutando quali sono i parametri idro-morfologici che maggiormente vanno ad influenzarne la struttura di comunità. Si sono quindi caratterizzati i punti di campionamento litorali, utilizzando dati biologici, alcuni parametri chimici, specifici parametri idro-morfologici analizzati attraverso il Lake Habitat Survey (LHS; Rowan *et al.*, 2006) e i valori dell'indice di Qualità Bentonico (BQIES; Rossaro *et al.*, 2013).

Per le analisi, si è scelto il Lago di Viverone, uno dei 10 laghi oggetto di studio all'interno del Progetto Life+ LIFE08 ENV/IT/000413 INHABIT (*Idromorfologia locale, habitat e Piani di Gestione: nuove misure per migliorare la qualità ecologica in fiumi e laghi sud europei*) attuato nel periodo 2010-2013.

Il lago è stato scelto per le dimensioni dell'area superficiale, grazie alle quali è stato possibile posizionare più transetti (tre), permettendo così analisi ed elaborazioni statistiche più dettagliate.

#### *Area di studio*

Il Lago di Viverone o d'Azeglio è un lago naturale di tipo intermorenico, formatosi grazie all'attività di scavo della lingua glaciale che scendeva dalla Valle d'Aosta e che ha dato luogo ad una conca successivamente riempita dalle acque di scioglimento del ghiacciaio stesso. È situato alla base dell'estremità orientale della Serra morenica di Ivrea a 275 m s.l.m., al confine tra le province di Torino, Biella e Vercelli, a sud est della città di Ivrea. Ha una superficie di 5,73 Km<sup>2</sup>, con lunghezza e larghezza massime, rispettivamente di 3,3 e 2,3 Km. La profondità massima è di 70 m, mentre la profondità media è di 22,5 m. Presenta una forma ovale, ed una pendenza uniforme, con tre scalini principali: i) fino agli 8 metri la pendenza è leggera, ii) si accentua fino a 26 m, e iii) aumenta ancora fino ad arrivare alla massima profondità. Il Lago di Viverone è il maggiore dei 12 bacini lacustri originatisi per esarazione glaciale facenti parte dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea, ed è il terzo del Piemonte per dimensioni, dopo i laghi Maggiore e Orta.

Il Lago di Viverone è un lago monomittico caldo, ovvero con periodo di massima circolazione delle acque a fine inverno e massima stratificazione a fine estate. Nel periodo di stratificazione si assiste ad un progressivo instaurarsi di uno stato di anossia a partire dai 15–20 m di profondità, mentre in superficie si ha

sovrasaturazione di ossigeno dovuta ad intensa attività fotosintetica (Calderoni & Marchetto, 1998).

Nel bacino imbrifero non sono presenti tributari importanti (Calderoni *et al.*, 2006), quindi il lago riceve acqua principalmente per infiltrazione e per scorrimento superficiale da due modesti immissari, la roggia Roppolo a nord e la roggia Piverone a sud-est. Entrambi i corsi d'acqua presentano valori di portata massima nel mese di aprile, e valori minimi nel mese di luglio. Il lago possiede un unico emissario sulla sponda ovest (roggia Fola) che convoglia le acque alla roggia Violana, che a sua volta, le indirizza al Fiume Dora Baltea. La roggia Violana, è collegata ad un reticolo di fossi di drenaggio di origine artificiale che raccoglie le acque di scolo dell'area agricola presente nella piana di Azeglio, a ovest del lago, dopo aver attraversato la più estesa area a bosco umido-paludoso presente lungo tutto il perimetro del lago. La costa, nella parte sud-ovest si presenta quindi più naturale e ricca di vegetazione spontanea di tipo igrofilo, mentre la parte nord-est è più urbanizzata, con attrazioni turistiche di vario tipo (alberghi, porticcioli, camping e spiagge).

## MATERIALI E METODI

### *Campionamenti*

Il campionamento è stato effettuato in primavera e in autunno seguendo il protocollo nazionale (Boggero *et al.*, 2011, 2013) che prevede una stretta relazione fra dimensioni del corpo idrico e numero di transetti da posizionare all'interno del bacino lacustre. Poiché il lago supera le dimensioni di 5 km<sup>2</sup> è stato programmato il posizionamento di tre diversi transetti, l'ultimo dei quali, il terzo, situato in corrispondenza dell'ingresso a lago della roggia Piverone (uno dei due tributari del lago).

La programmazione dell'attività di campionamento si è basata, inoltre, su quanto previsto dalle linee guida Standard ISO relative al campionamento in acque profonde e alla conservazione del campione (ISO 5667-4, 1987; ISO 5667-3, 2012). La raccolta dei campioni si è svolta in due periodi: il periodo di circolazione (tarda primavera) e di stratificazione delle acque (autunno), rappresentativi di due estremi stagionali per i laghi. I campioni sono stati prelevati tramite draga su sedimenti molli lungo tre transetti, in replicati di tre per sito, a tre diverse profondità rappresentative rispettivamente delle tre fasce batimetriche, generalmente riconosciute in un lago, e corrispondenti all'epilimnio, al metalimnio e all'ipolimnio ovvero al litorale, al sub-litorale e alla fascia profonda.

In questa sede, si presentano però, in modo specifico, i dati rappresentativi della fascia litorale, ipotizzando che siano quelli maggiormente soggetti a modificazione nella composizione della comunità in seguito alla presenza di impatti antropici nella zona riparia, a ridosso della linea di costa e nell'area litorale.

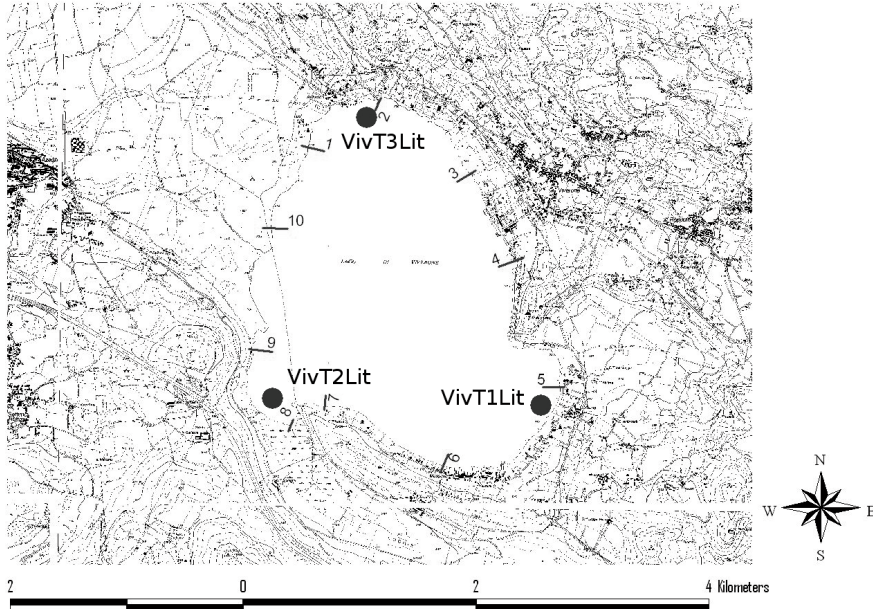


Fig. 1 - Lago di Viverone: distribuzione degli HabPlots (10) dell'LHS lungo le rive e dei siti di campionamento della fauna macroinvertebrata (3) lungo la fascia litorale.

### *Analisi della componente biotica*

I campioni biologici raccolti e fissati in formalina al 4% in campo, sono stati successivamente sottoposti in laboratorio a risciacquo, smistamento, identificazione tassonomica spinta (specie, laddove possibile) e conteggio, utilizzando sia un microscopio stereoscopico (80x) che un microscopio ottico (1000x). La tassonomia morfologica si è basata sull'uso di diversi testi riconosciuti a livello nazionale e internazionale, quali: Wiederholm (1983, 1986) e AA.VV. (1977-1985) per i Ditteri Chironomidi, Timm (2009) per gli Oligocheti e AA.VV. (1977-1985) per i rimanenti gruppi. Per ogni campione sono poi stati calcolati i valori di densità (espressi come ind/m<sup>2</sup>), utilizzati per la stima dell'indice BQIES (Indice di Qualità Bentonico – Rossaro *et al.*, 2013). I valori dei tre replicati dei singoli punti di campionamento sono poi stati mediati, così da avere un valore rappresentativo dell'intera fauna a livello di sito. L'indice BQIES, basato sulla fauna macroinvertebrata bentonica, è l'indice attualmente in vigore, per la valutazione dello stato ecologico di qualità degli ambienti lacustri d'acqua dolce.

In un secondo tempo, sono state calcolate le abbondanze relative delle singole specie (esprese in percentuale), usate nelle elaborazioni statistiche successive. Alla componente biologica si è infatti applicata l'Analisi della Correlazione Canonica (CCA) utilizzando il programma di elaborazione statistica CANOCO 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002). Tale analisi permette di far fronte a notevoli quantità di dati che presentano un numero spesso assai grande di variabili per ogni sito e permette altresì di esplorare i dati e sintetizzare in modo semplice (ossia graficamente) le possibili relazioni esistenti fra le osservazioni (ad es. caratteristiche del sito e presenza di infrastrutture antropiche

rispetto alla presenza e distribuzione di specie all'interno del sito) classificando i dati in gruppi in qualche modo omogenei. L'analisi è di tipo discriminante, ossia mette in luce, laddove è possibile, quale o quali variabili ambientali rivestono un ruolo primario nella separazione delle specie biologiche. In particolare, nella rappresentazione grafica (Fig. 4), i punti rappresentano i punteggi dei singoli siti lungo i primi due assi dell'analisi. Le variabili esplicative sono rappresentate da vettori (freccie che partono dal punto origine del diagramma cartesiano). La proiezione di un vettore su ogni asse (cioè la lunghezza del vettore nella direzione di quell'asse) è tanto maggiore quanto più quella variabile è correlata all'asse. I nomi delle specie rappresentano l'optimum di distribuzione della specie nei diversi siti lungo gli assi 1 e 2, e le specie con maggior peso sono quelle più distanti dal punto origine.

Nel nostro caso, sono state considerate solamente le specie con abbondanze relative superiori all'1% (eliminando quindi le specie rare), e i valori percentuali sono stati trasformati in radice quadrata, per uniformare i dati ed eliminare le asimmetrie nella distribuzione dei dati stessi. Gli organismi rimasti, dopo l'eliminazione delle specie rare, sono andati a formare un dataset di 19 taxa composto da: *Dero* sp., *Nais* sp., *Stylaria lacustris* (Linnaeus, 1767), *Limnodrilus hoffmeisteri* (Claparède, 1862), *Branchiura sowerbyi* (Beddard, 1892), *Ilyodrilus templetoni* (Southern, 1909), *Potamothrix heuscheri* (Bretscher, 1900), *Potamothrix hammoniensis* (Michaelson 1901), *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) fra gli Oligocheti, *Procladius choreus* (Meigen, 1804), *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758), *Pseudochironomus* sp., *Cladopelma viridulum* (Linnaeus 1767), *Dicrotendipes* gr. *tritomus*, *Einfeldia* gr. *insolita*, *Polypedilum* gr. *nubeculosum*, *Cladotanytarsus* gr. *mancus* fra i Chironomidi, *Dugesia tigrina* (Girard, 1850) fra i Platelmini ed *Ecnomus tenellus* (Rambur, 1842) fra i Tricotteri.

Utilizzando le densità relative delle diverse specie è stato calcolato l'indice BQIES per le singole stazioni in modo da valutare lo stato ecologico dei singoli punti di campionamento. L'indice, rispondendo alle richieste della Direttiva Quadro sulle Acque, considera la composizione tassonomica, le densità, la diversità della comunità e la presenza di taxa sensibili e tolleranti, grazie all'adozione di un peso indicatore assegnato sulla base di informazioni storiche e più attuali (Rossaro *et al.*, 2013). In particolare, l'elenco in specie con peso indicatore comprende i due gruppi tassonomici più rappresentati in un corpo lacustre: Ditteri Chironomidi e Oligocheti, ma anche altri taxa (es: Bivalvi, Platelmini, Efemerotteri, Crostacei). I valori dell'indice sono stati calcolati utilizzando il foglio di calcolo creato per la valutazione dell'indice stesso (Marchetto *et al.*, 2013). È stato infine calcolato il valore complessivo dell'indice per l'intero lago, mediando tutti i valori del BQIES ottenuti dai singoli punti di campionamento, così da valutarne lo stato ecologico complessivo.

#### *Analisi della componente abiotica*

I campioni per l'analisi fisico-chimica delle acque sono stati raccolti durante le due campagne di campionamento, in parallelo con il campionamento della fauna bentonica. I campioni sono stati prelevati tramite bottiglie a strappo alle medesime profondità previste per il campionamento biologico, ma ad un metro dal fondo per non inquinare il campione. La temperatura è stata misurata tramite termometro a rovesciamento ancorato

alla bottiglia a strappo. I campioni sono poi stati conservati al fresco e al buio fino al momento delle analisi. Le analisi, eseguite secondo le modalità in uso presso il CNR-ISE (Tartari & Mosello, 1997), hanno riguardato quei parametri che maggiormente influenzano la fauna bentonica, ossia ossigeno disciolto (espresso come percentuale di saturazione), e nutrienti (fosforo e azoto totali), oltre a parametri chimici (pH, alcalinità, conducibilità), e fisici (temperatura) dell'acqua.

Infine, è stato applicato il Lake Habitat Survey (LHS; Rowan *et al.*, 2006) per valutare le tipologie di pressioni antropiche presenti nella zona riparia, sulla sponda e nella zona litorale. Il metodo viene applicato in campo tra luglio e settembre in presenza di macrofite, ossia durante il periodo di stratificazione delle acque del lago (Fig. 1). I punti di osservazione dell'LHS, 10 Hab-Plots equidistanti fra loro lungo il perimetro del lago, sono stati sovrapposti, dove possibile, alle zone campionate per lo studio dei macroinvertebrati, nel tentativo di trovare possibili relazioni tra le caratteristiche idro-morfologiche e la qualità biologica. La raccolta dei dati avviene quindi nell'area compresa fra la zona riparia, la sponda e la zona litorale, dove è presente il contatto con l'acqua, e il punto di osservazione dalla barca. Si annotano le caratteristiche di queste aree come la presenza di artificializzazioni, di infrastrutture e attività umane, la tipologia del substrato oltre ad altre caratteristiche specifiche riferite agli habitat come la vegetazione ombreggiante, le macrofite di spiaggia o zone di erosione. In questo modo si può avere una visione completa delle pressioni che possono avere un'influenza sulle biocenosi e indicazioni sulle caratteristiche degli habitat e sugli eventuali impatti presenti che possono influire sulla qualità ecologica del corpo lacustre.

Zona riparia: acqua stagnante	Pendenza spiaggia: orizzontale	Substrato litorale: terra
Zona riparia: terra nuda	Materiale predominante spiaggia: limo	Substrato litorale: massi
Zona riparia: terreni incolti, pascoli	Materiale predominante spiaggia: ghiaia	Substrato litorale: roccia
Zona riparia: arbusti e cespugli	Substrato spiaggia: roccia	Materiale predominante litorale: roccia
Zona riparia: erbe alte vegetazione rigogliosa	Substrato spiaggia: massi	Materiale predominante litorale: massi
Zona riparia: boschi di latifoglie	Substrato spiaggia: ciottoli	Presenza detriti legnosi
Materiale predominante sponda: roccia	Substrato spiaggia: ghiaia	Presenza muschi licheni
Materiale predominante sponda: massi	Substrato spiaggia: sabbia	Presenza sterrati
Vegetazione sponda: alta	Substrato spiaggia: limo	Presenza pioppeto
Vegetazione sponda: media tra 0,5 e 5 metri	Modificazioni spiaggia	Presenza terreno lavorato
Spiaggia	Vegetazione spiaggia	Presenza pascolo

Tab. I - Variabili del Lake Habitat Survey non considerate nell'analisi statistica.

Una volta applicato tale metodo, si è proceduto ad eliminare alcuni descrittori dell'LHS che presentavano valori uguali nei tre punti del campionamento biologico, in quanto sono ridondanti ai fini delle analisi statistiche successive (Tab. I). Infine, prima di effettuare l'Analisi Canonica della Correlazione, tutti i dati abiotici sono stati trasformati in forma logaritmica per normalizzarne la distribuzione. Nell'analisi, le stazioni di campionamento sono state rappresentate da codici, in cui le prime due lettere rappresentano il nome del lago (Vi=Viverone); le seconde due il numero del transetto (T1, T2, T3); le rimanenti la fascia di campionamento interessata (Lit = litorale, Sub = sublitorale, Pro = profonda) e il periodo di campionamento (C=Circolazione, S=Stratificazione), che uniti insieme costituiscono l'intero codice delle singole stazioni di campionamento del lago (es: ViT1LitC: punto litorale del Lago di Viverone appartenente al transetto 1 e campionato in circolazione).

## RISULTATI

### *Struttura della comunità a macroinvertebrati*

Nelle due campagne di campionamento, sono stati raccolti ed identificati complessivamente nell'intero lago 1223 organismi appartenenti a 43 taxa. La maggior parte degli organismi campionati sono Oligocheti (66%) e Chironomidi (25%) a cui seguono Platelminti e Ditteri Caoboridi (presenti con abbondanze simili, ca. 3%).

Per quanto riguarda la zona litorale, oggetto di questo studio, sono stati raccolti 775 individui distribuiti in 38 taxa. In particolare, nella fascia litorale, dominano gli Oligocheti, con un'abbondanza relativa pari al 56% (Fig. 2).

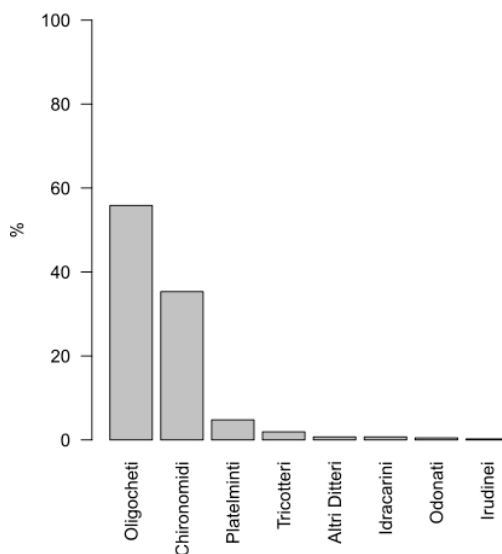


Fig. 2 - Abbondanza relativa media annua dei taxa trovati nella zona litorale del Lago di Viverone.

Questo taxon è rappresentato da due famiglie (Naididae e Lumbricidae) e 17 specie, tra cui le più abbondanti sono *Tubifex tubifex* (17,5%), *Stylaria lacustris* (9,8%), *Potamothrix hammoniensis* (6,2%) e *Limnodrilus hoffmeisteri* (5,1%).

Il secondo taxon per abbondanza è costituito dai Chironomidi (35%), rappresentati da tre sottofamiglie (Tanypodinae, Chironominae, Orthocladiinae) con 14 specie, tra cui *Cladotanytarsus* gr. *mancus* (8,4%), *Dicrotendipes* gr. *tritonus* (8,2%) e *Chironomus plumosus* (5,1%) fra le Chironominae; *Procladius choreus* (2,3%) per le Tanypodinae e *Psectrocladius* sp. (0,4%) per le Orthocladiinae.

Inoltre, la composizione faunistica è costituita da Platelminti rappresentati da *Dugesia tigrina* (4,7%) e Tricotteri descritti da *Ecnomus tenellus* (1,9%), e altri taxa minori che presentano abbondanze inferiori all'1% (Ditteri Ceratopogonidi, Idracarini, Odonati e Irudinei).

In linea generale, l'andamento delle densità rispecchia quanto detto relativamente alle abbondanze relative (Fig. 3). In particolare, nella zona litorale, Oligocheti e Chironomidi raggiungono rispettivamente densità medie di 1398 e 855 ind/m<sup>2</sup>, seguiti dai Platelminti con 118 ind/m<sup>2</sup>. I rimanenti gruppi, Tricotteri, Ceratopogonidi, Idracarini, Odonati e Irudinei presentano densità inferiori a 50 ind/m<sup>2</sup>.

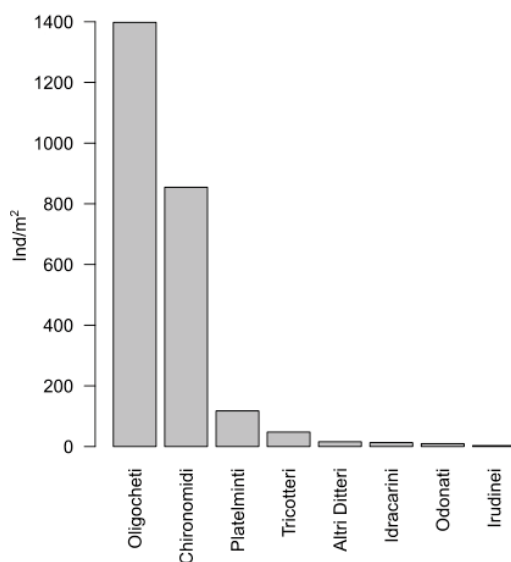


Fig. 3 - Densità (ind/m<sup>2</sup>) medie annue dei taxa trovati nella zona litorale del Lago di Viverone.

Per ulteriori informazioni riguardanti la fauna si rimanda all'appendice I in cui sono riportati i dati di presenza/assenza dei taxa nelle diverse stazioni litorali. I dati fanno anche parte del più vasto data set dedicato alle acque dolci superficiali, recentemente assemblato all'interno delle attività di LifeWatch sulla biodiversità (Boggero *et al.*, 2016) e facilmente consultabile sul sito dell'infrastruttura di ricerca.

### *Chimica delle acque*

Sia nel campionamento primaverile che in quello autunnale, l'ossigeno disciolto, si distribuisce verticalmente, con valori minori alle massime profondità, dove si raggiungono anche concentrazioni estremamente basse (2%). Inoltre, durante la stratificazione, lungo la zona litorale, si raggiunge la sovrassaturazione (101,5%) nel punto di campionamento ViT2Lit. I valori primaverili sono comunque minori rispetto a quelli riscontrati in autunno.

Al contrario, il fosforo totale (TP) in circolazione, aumenta andando verso la zona profonda, presentando anche concentrazioni piuttosto elevate in profondità (144 µg/l), mentre durante la stratificazione presenta, in quasi tutti i punti di campionamento, valori minori. In particolare, il valore più basso si ha lungo il transetto 1 (TP = 15 µg/l).

L'azoto totale (TN), così come il TP, aumenta con la profondità, durante il periodo di circolazione (ad eccezione del transetto 3). In stratificazione, invece, si assiste ad una leggera diminuzione dei valori andando verso la zona profonda, anche in questo caso con l'eccezione del transetto 3.

### *Indice BQIES di stato ecologico*

L'indice BQIES complessivo mostra un valore pari a 0,255. Rispetto agli altri laghi oggetto di studio nel progetto INHABIT, il valore dell'indice risulta essere superiore solamente a quello del Lago Sirio (0,220). Risulta invece uguale a quello del Lago di Avigliana piccolo, e inferiore ai rimanenti laghi (Mergozzo, Candia, Morasco, Bidighinzu, Liscia, Posada e Sos Canales). Lo stato ecologico del lago, risulta essere pessimo, in quanto questo valore si trova al di sotto della soglia di 0,26 che separa lo stato ecologico scarso dal pessimo nell'ambito degli obiettivi di qualità indicati dalla Direttiva Quadro sulle Acque per la fauna a macroinvertebrati.

A livello della zona litorale il valore medio dell'indice è di 0,603, molto maggiore rispetto al valore totale del lago. In particolare, i valori per i tre siti litorali sono: BQIES<sub>T1</sub> = 0,566; BQIES<sub>T2</sub> = 0,571 e BQIES<sub>T3</sub> = 0,672. La stazione litorale 3 mostra quindi il valore più elevato.

### *Relazioni fra variabili idro-morfologiche e macroinvertebrati*

Come si è detto, è stata eseguita una CCA utilizzando le variabili biologiche, le variabili idro-morfologiche e i valori dell'indice BQIES per la zona litorale (Fig. 4 e Tab. II). La varianza totale spiegata dai primi due assi (ossia la quantità totale di variabilità spiegata da tutte le variabili ambientali espressa in percentuale), è risultata pari al 50%. L'asse 1 (asse x di un diagramma cartesiano), che spiega il 29% della varianza, è legato ai parametri idro-morfologici che evidenziano la separazione dei tre punti di campionamento, secondo il grado di alterazione antropica. Il punto ViT2Lit, infatti, sia in circolazione (C) che in stratificazione (S), si differenzia nettamente dagli altri due, e risulta correlato direttamente (freccia orientata verso destra e corrispondente a valori positivi) con le variabili idro-morfologiche che caratterizzano ambienti più naturali, e inversamente con gli altri parametri legati ad ambienti soggetti ad antropizzazione. Questo sito, posto lungo le rive del lago, mostra una copertura

vegetale mista con alberi bassi e di media altezza e prati, ed è rappresentato da canneto in acqua. Risulta direttamente correlato alla presenza di alghe fito-bentoniche e ad un substrato con sedimento limo-argilloso. Questa stazione è caratterizzata dalle specie *Potamotrix heuscheri* (Oligocheti), *Dugesia tigrina* (Platelminti), *Cladotanytarsus* gr. *mancus* e *Procladius choreus* (Chironomidi).

1	2	3
Zona riparia con erba	Presenza di fiumi	% sabbia zona litorale
Lunghezza del fetch	Presenza di area urbana	Sponda rinforzata
Vegetazione con altezza mista	Sponda in terra	Presenza di zona residenziale
Substrato litorale: limo	Sponda risezionata	Presenza di usi ricreativi
% limo argilla zona litorale	substrato litorale: sabbia	Bio-manipolazione
No modificazioni della sponda	Vegetazione galleggiante	Presenza scarichi e prelievi
Sponda verticale	% ciottoli zona litorale	Presenza di opere di ingegneria
Presenza di canneto	Profondità	Presenza di attività commerciale
Zona umida		Presenza di frutteti
Alberi piccoli (diametro < 0,3m)		Presenza di strade
		Presenza di parchi
4	5	
Arbusti di altezza inferiore ai 0,5 m	Presenza piante acquatiche non solo in zona litorale	
Presenza di specie aliene	Sponda in calcestruzzo	
Presenza di erba/prati	Altezza della sponda espressa in m	
Sponda lieve	Fitobenthos	
Presenza di parchi e giardini	% copertura vegetale	
Zona riparia con copertura artificiale	% copertura vegetazione sulla sponda	
Profondità tra sedimenti fine e grossolano		
Substrato zona litorale: ghiaia/sabbia		
Campeggi		
% ghiaia zona litorale		
Alberi grandi (diametro > 0,3m)		
Presenza di arbusti		
Presenza di ormeggi		

Tab. II - Elenco delle variabili LHS raggruppate secondo i risultati della CCA (Fig. 4).

Le stazioni ViT1Lit e ViT3Lit, invece, presentano caratteristiche tipiche di ambienti antropizzati, correlati direttamente ad alterazioni ambientali (freccia orientata verso

sinistra e corrispondente a valori negativi) e inversamente con caratteristiche di habitat naturali. Tali siti litorali presentano sponde rinforzate e/o risezionate con copertura di tipo artificiale, molte strutture legate all'attività turistico-ricreativa quali campeggi, parchi, centri residenziali e commerciali, e zone coltivate a frutteto. La copertura vegetale della zona riparia risulta essere semplificata e rappresentata da prati alternati ad alberi alti, con presenza di specie alloctone.

La zona litorale, soggetta a biomanipolazione, presenta ormeggi e punti d'ancoraggio, ed è caratterizzata da un substrato più grossolano (ghiaia/sabbia e ciottoli), probabilmente di riporto. I due siti inoltre, si distinguono per la presenza (ViT3) o assenza (ViT1) di un tributario, e sono caratterizzate da: *Stylaria lacustris*, *Ilyodrilus templetoni*, *Dero* sp., *Nais* sp., *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Branchiura sowerbyi*, *Potamoatrix hammoniensis*, *Tubifex tubifex* (Oligocheti), *Chironomus plumosus*, *Pseudochironomus* sp., *Cladopelma viridulum*, *Dicrotendipes* gr. *tritonus*, *Einfeldia* gr. *insolita*, *Polypedilum* gr. *nubeculosum* (Chironomidi), ed *Ecnomus tenellus* (Tricotteri).

Infine, l'asse 2 (o asse y), che spiega il rimanente 21% della varianza totale, risulta correlato all'indice BQIES: le due stazioni del transetto 3, infatti, presentano valori maggiori dell'indice, mentre le stazioni del transetto 1 presentano valori minori, indicando una bassa qualità.

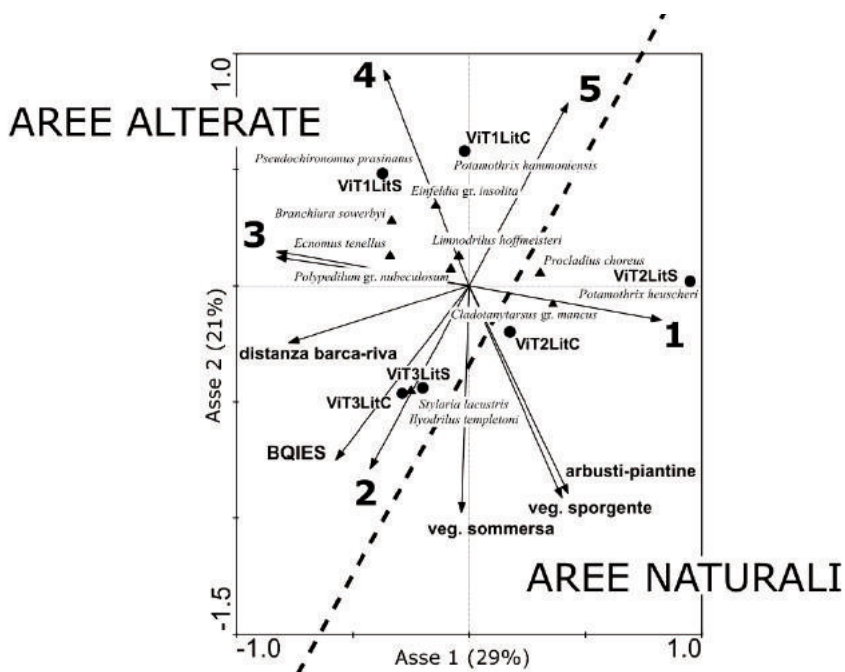


Fig. 4 - Ordinamento delle stazioni di campionamento lungo i primi due assi della CCA (abbondanze, variabili idro-morfologiche e valori dell'indice BQIES). Per i numeri vedasi spiegazione dettagliata in tabella II. Per l'interpretazione della figura vedasi testo.

## DISCUSSIONE

*Struttura della comunità a macroinvertebrati*

La fauna del Lago di Viverone è composta principalmente da due gruppi: Oligocheti e Ditteri Chironomidi. La composizione della fascia litorale rispecchia in parte la comunità complessiva del lago, infatti anche in questo caso predominano Oligocheti e Chironomidi, ma si assiste alla scomparsa dei Caoboridi. È noto, infatti, che questi organismi sono caratteristici di zone profonde, dove si raggiungono elevati livelli di ipossia, alla quale riescono a sfuggire grazie ad adattamenti di tipo comportamentale (Stratton & Kesler, 2007), ossia spostandosi verso fasce di minori profondità.

Le specie raccolte risultano essere comuni, cosmopolite e tipiche di corpi idrici naturali, distribuite prevalentemente in sedimenti soffici e ricchi di sostanza organica (Ackermann *et al.*, 1973). In particolare, *Limnodrilus hoffmeisteri* e *Tubifex tubifex* (Oligocheti), e *Procladius choreus* e *Chironomus plumosus* (Chironomidi), sono specie euriecie con ampia distribuzione nei sedimenti molli di acque permanenti, ricchi di sostanza organica (Puntí *et al.*, 2007; Timm, 2012). A livello della fascia litorale si sono trovati altri taxa tipici di questa zona, i Naididi, la cui distribuzione e abbondanza dipendono dalla presenza e dal tipo di vegetazione acquatica (Lerner *et al.*, 1978; Dresscher & Higler, 1982; Alves & Gorni, 2007). Inoltre, gli Irudinei trovati preferiscono ambienti di tipo eutrofo come riportato da Kaygorodova & Pronin (2013).

Sia a livello della zona litorale, sia considerando la fauna totale del lago, gli Oligocheti risultano sempre prevalere, sia come abbondanza relativa che come densità, sui Chironomidi, indice di un equilibrio ecologico sbilanciato verso l'eutrofizzazione. Il rapporto, infatti, riflette il fatto che le popolazioni di Oligocheti tolleranti (quali *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Potamothrix hammoniensis* e *Tubifex tubifex*) tendono ad aumentare la propria abbondanza relativa rispetto ai Chironomidi, in condizioni di arricchimento di nutrienti, e può quindi essere usato come indice d'inquinamento (Wiederholm, 1980; Le Foche *et al.*, 2005).

*Relazioni fra chimica delle acque e macroinvertebrati*

Per la fauna a macroinvertebrati, è noto che i parametri fisico-chimici più influenti sulla composizione e sulla struttura di comunità sono l'ossigeno e i nutrienti (Fornaroli *et al.*, 2016). In questo lago la zona litorale risulta essere ben ossigenata, con valori che, almeno in un caso, raggiungono la sovrassaturazione, per la probabile presenza di fioriture algali legate alla decomposizione dell'estesa area a macrofite presente in loco. In zona profonda, invece, la quantità di ossigeno diminuisce fino a valori estremamente esigui sia in primavera, ma soprattutto in autunno, quando la stratificazione non permette il rimescolamento dell'acqua e la distribuzione dell'ossigeno anche alle più elevate profondità. Questo risulta essere molto importante se si considera che la disponibilità di ossigeno è uno dei fattori limitanti per la fauna a macroinvertebrati, soprattutto a livello della zona profonda (Heinis & Davids, 1993; Verneaux & Aleya, 1998).

Il fosforo totale tende ad aumentare con la profondità, a causa del suo consumo in epilimnio da parte degli organismi algali pelagici e litorali e, contemporaneamente, della sua liberazione a livello del fondo ad opera dell'attività batterica (Tonolli, 1964). A questo si collega la scarsità di ossigeno in profondità, che influisce significativamente sulla struttura di comunità, limitando a rare e scarse specie la possibilità di vita in questa zona (Jönasson, 1984; Heinis & Davids, 1993; Wetzel, 2001; Marziali *et al.*, 2006). Per quanto riguarda l'azoto totale, si assiste ad una tendenza analoga a quella del fosforo, con aumento verso la zona profonda. Le forti concentrazioni di questo elemento, così come si è detto per il fosforo, sono indice di elevata produttività algale legata ad ambienti con valori alti di trofia.

#### *Relazioni fra variabili idro-morfologiche e macroinvertebrati*

Le alterazioni apportate dalla presenza dell'uomo alla fascia litorale possono potenzialmente causare danni alla composizione e all'abbondanza del comparto biologico, soprattutto a carico di macrofite, macronvertebrati e pesci. In realtà però, sino ad oggi, pochi sono stati gli studi condotti sugli effetti dell'idro-morfologia sui macroinvertebrati nei laghi (Aroviita & Hämäläinen, 2008; Mastrantuono *et al.*, 2008). Il disturbo della zona riparia o litorale, infatti, può contribuire alla diminuzione dell'eterogeneità spaziale, e ad una riduzione della diversità quando il disturbo è protratto nel tempo. Ad esempio, la vegetazione presente sugli argini risulta importante per la distribuzione e l'abbondanza delle larve e degli adulti di macroinvertebrati in quanto fornisce siti importanti per la pupazione, per lo sfarfallamento e per la successiva deposizione delle uova di alcuni insetti (Harrison & Harris, 2002). Allo stesso modo, dense coperture a macrofite sono in grado di sostenere molte specie di macroinvertebrati, probabilmente perché offrono una maggiore complessità di habitat, disponibilità di cibo e rifugio dalla predazione (Weatherhead & James, 2001; Tolonen *et al.*, 2003, 2005).

Il caso del Lago di Viverone rappresenta la prima analisi condotta in Italia in modo congiunto fra aspetti idro-morfologici ed elementi di qualità biologici. È noto, infatti, che la composizione della comunità bentonica dipende da diversi fattori quali: la disponibilità di habitat, i rapporti preda/predatore, la competizione, la capacità di ricolonizzazione delle singole specie, la frequenza e il tipo di disturbi antropici (McAuliffe, 1984).

La CCA mostra che i tre punti di campionamento sono separati in quanto rappresentano tre diverse situazioni litorali del lago. Infatti, le stazioni ViT1Lit e ViT3Lit, risultano correlate direttamente ad ambienti impattati dal punto di vista antropico. In questi due punti infatti, la sponda risulta essere risezionata e rinforzata, e vi è la presenza di zone estremamente antropizzate, come la vicinanza a parchi e giardini con attività di tipo turistico-ricreativo e commerciale, copertura artificiale e la presenza di opere di ingegneria. Queste due aree sono caratterizzate da gruppi tassonomici tolleranti, che riescono quindi a vivere anche in zone impattate. Invece, il punto ViT2Lit in entrambi i periodi di campionamento, si scosta dagli altri due in quanto risulta più legato a zone naturali. È infatti situato nella parte sud-ovest, contraddistinta da aree più naturali e ricche di vegetazione (si veda paragrafo *Area*

*di studio*), sia lungo il litorale che sulla sponda, che non presenta alcun tipo di modificazione. La stazione 3, risulta inoltre caratterizzata da valori di indice BQIES maggiori. Elevati valori di questo indice dovrebbero rappresentare condizioni di habitat migliori, anche se, come visto in precedenza, il punto 3 risulta connesso ad alterazioni di tipo antropico a livello della sponda. In questo caso però, va detto che il punto in questione è situato nei pressi di un corso d'acqua. Infatti, in questa zona c'è un immissario (roggia Piverone) che può apportare nuova fauna all'interno del lago, con conseguenze sulla biodiversità complessiva del sito, aumentando il valore dell'indice. Questo nonostante il fatto che l'area sia, generalmente, impattata da attività turistico-ricreative: infatti, il campionamento è stato effettuato in un periodo precedente il culmine della stagione turistica.

Questo primo lavoro, che ha considerato la fauna a macroinvertebrati, la chimica delle acque e le variabili legate alle alterazioni di tipo antropico delle sponde e delle rive, mostra quindi che esiste un certo grado di relazione tra le tre componenti. In futuro, sarà necessario programmare un campionamento ad hoc per questa tipologia di studi. Si è visto, infatti, che dove è stato possibile ottenere una buona sovrapposizione tra elemento biologico (macroinvertebrati) e Habplot, si sono ottenuti buoni risultati che mostrano come i macroinvertebrati siano legati al tipo di habitat che li circonda (Ciampittello *et al.*, 2012).

## CONCLUSIONI

Il Lago di Viverone presenta una fauna a macroinvertebrati tipica dei laghi profondi di pianura, rappresentata da specie euriecie e cosmopolite. Inoltre, la scelta di campionare solo su substrati molli è risultata utile ad evitare che la variabilità della fauna littorale fosse indotta dall'eterogeneità del substrato, semplificando il lavoro del tecnico ambientale, che operando in questo modo potrà confrontare facilmente siti a substrati soffici situati a diverse profondità, o laghi diversi, durante i monitoraggi previsti a livello nazionale.

Le analisi eseguite mostrano che la fauna e le stazioni di campionamento si distinguono bene in tre gruppi principali, che seguono le modificazioni apportate alla zona litorale e alla conseguente diversità degli habitat. Esiste quindi una relazione fra descrittori di habitat, stazioni di campionamento e comunità biologiche.

Per la valutazione complessiva dello stato di qualità di un corpo lacustre basata sugli aspetti idro-morfologici, si può quindi affermare che sarebbe opportuno ampliare il numero di stazioni posizionate lungo la fascia litorale, sia aumentando i campionamenti congiunti di questo elemento e dei parametri idro-morfologici lungo le sponde, le aree riparie e litorali, sia indagando un maggior numero di laghi e pressioni specifiche, evitando però la presenza di corsi d'acqua, che con il loro contributo possono occultare il valore reale dell'indice di qualità in un determinato sito.

## RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata cofinanziata dall'Unione Europea nell'ambito del programma EU LIFE+ Politica e Governance ambientali 2008, Contratto LIFE08 ENV/IT/000413 INHABIT.

## RIASSUNTO

In questo lavoro si presenta un'analisi integrata di informazioni idro-morfologiche e caratteristiche della comunità litorale a macroinvertebrati del Lago di Viverone (Piemonte). Il lago è stato campionato secondo metodiche standard nazionali che prevedono l'uso di una draga ed il campionamento su fondi molli durante la circolazione (primavera) e la stratificazione (autunno) delle acque, nelle fasce litorale, sublitorale e profonda, analizzando però più nel dettaglio i dati relativi alla fascia litorale. Tramite analisi multivariata si sono cercate possibili relazioni tra alcuni parametri idro-morfologici, raccolti tramite applicazione del Lake Habitat Survey, quali ad esempio le caratteristiche del substrato della zona litorale e sublitorale, le caratteristiche della sponda e la presenza di attività antropiche nella zona riparia, con la fauna macroinvertebrata e con l'indice di Qualità Bentonico, calcolato per valutare lo stato ecologico del lago. I dati raccolti sono stati analizzati per valutare se le pressioni antropiche presenti lungo la costa potessero influenzare la comunità bentonica. Sono stati inoltre raccolti dati relativi alla chimica delle acque per descriverne lo stato trofico. Secondo quanto emerso dalle analisi effettuate i) la fauna e le stazioni di campionamento si separano in tre gruppi fortemente correlati con la presenza/assenza di antropizzazione della zona litorale e la stagionalità; ii) si notano inoltre delle correlazioni tra l'indice BQIES e le variabili idro-morfologiche analizzate. Risulta quindi opportuno, proporre un ampliamento del numero di punti di campionamento lungo la fascia litorale, per verificare la robustezza di quanto affermato.

Parole chiave: idro-chimica, idro-morfologia, laghi, litorali, macroinvertebrati.

Silvia ZAUPA  
Marzia CIAMPITIELLO  
Angela BOGGERO  
Arianna ORRÙ  
*CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE)*  
*Largo Tonolli, 50*  
*Verbania Pallanza, Italia*  
*s.zaupa@ise.cnr.it*

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1977-1985. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, Collana del C.N.R. Progetto Finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente", Verona, 29 volumi.
- ACKERMANN W.C., WHITE G.F., WORTHINGTON E.B., 1973. *Man-Made Lakes: Their Problems and Environmental Effects*. - William Byrd Press, USA.
- ALVES R. DA G., GORNI G.R., 2007. Naididae species (Oligochaeta) associated with submersed aquatic macrophytes in two reservoirs (São Paulo, Brazil). - *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19: 407-413.
- AROVIITA J., HAMÄLÄINEN H., 2008. The impact of water level regulation on littoral macroinvertebrate assemblages in boreal lakes. - *Hydrobiologia*, 613: 45-56.
- BOGGERO A., ZAUPA S., ROSSARO B., LENCIONI V., GHERARDI F., 2011. Guida tecnica alla programmazione del campionamento e alla scelta della strumentazione idonea per lo studio della fauna macroinvertebrata lacustre. - Report CNR-ISE, 02.11: 58 pp.
- BOGGERO A., ZAUPA S., ROSSARO B., LENCIONI V., MARZIALI L., BUZZI F., FIORENZA A., CASON M., GIACOMAZZI F., POZZI S., 2013. Protocollo di campionamento dei macroinvertebrati negli ambienti lacustri. - MATTM-APAT, Roma: 17 pp.
- BOGGERO A., PIERRI C., ALBER R., AUSTONI M., BARBONE E., BARTOLOZZI L., BERTANI I., CAMPANARO A., CATTANEO A., CIANFERONI F., COLANGELO P., CORRIERO G., DÖRR A.M., ELIA A.C., FICETOLA G.F., FONTANETO D., GAINO E., GORETTI E., KAMBURSKA L., LA PORTA G., LAUCERI R., LORENZONI M., LUDOVISI A., MANCA M., MORABITO G., NONNIS MARZANO F., OGGIONI A., RICCARDI N., ROSSETTI G., TAGLIOLATO P., THALER B., UNGARO N., VOLTA P., ZAUPA S., ROSATI I., FIORE N., BASSET A., MARCHETTO A., 2016. A geographic distribution data set of biodiversity in Italian freshwaters. - *Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography*, 31: 55-72.
- CALDERONI A., CIAMPITIELLO M., DE BERNARDI R., GALANTI G., OGGIONI A., MASSARA M., VIETTI F., 2006. Progetto di recupero del Lago di Viverone. Relazione finale. - Report CNR-ISE, 08.06: 76 pp.
- CALDERONI A., MARCHETTO A., 1998. Stato delle conoscenze sulla situazione ambientale dei laghi piemontesi. Rapporto sulle attività previste dalla Convenzione tra la Regione Piemonte e il C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia: 188 pp.
- CIAMPITIELLO M., MARCHETTO A., SALA P., ZAUPA S., OGGIONI A., BOGGERO A., MORABITO G., AUSTONI M., VOLTA P., CERUTTI I., 2012. Rapporto tecnico. Classificazione dello stato ecologico e variabilità locale dell'idro-morfologia/habitat: potenziali effetti sull'efficacia delle misure di recupero e criteri per ridurre l'incertezza. Parte B: Laghi. - Deliverable Progetto INHABIT I3d1: 63 pp.
- DRESSCHER T.G.N., HIGLER L.W.G., 1982. *De Nederlandse bloedzuigers. Hirudinea. - Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlands Natuurhistorische Vereniging*, 154: 64 pp.
- EUROPEAN COMMUNITY, 2000. Directive 2000/60/CE of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. - *Official Journal of the European Communities*, 327: 1-72.
- FORNAROLI R., CABRINI R., ZAUPA S., BETTINETTI R., CIAMPITIELLO M., BOGGERO A., 2016. Quantile regression analysis as a predictive tool for lake macroinvertebrate biodiversity. - *Ecological Indicators*, 61: 728-738.
- HARRISON S.S.C., HARRIS I.T., 2002. The effects of bankside management on chalk stream invertebrate communities. - *Freshwater Biology*, 47: 2233-2245.

- HEINIS F., DAVIS C., 1993. Factor governing the spatial and temporal distribution of chironomid larvae in the Marsseveen lakes with special emphasis on the role of oxygen conditions. - *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 27: 21-34.
- ISO 5667-4, 1987. Water Quality: Sampling - Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made: 5 pp.
- ISO 5667-3, 2012. Water quality: Sampling - Part 3: Preservation and handling of water samples.
- JÓNASSON P.M., 1984. Oxygen demand and long term changes of profundal zoobenthos. In: Bonomi G., Erséus C. (eds.), *Aquatic Oligochaeta: Proceedings of the 2nd International Symposium on Aquatic Oligochaete Biology*, Pallanza, Italy, September 21-24, 1982. - *Developments in Hydrobiology*, 24: 121-126.
- KAYGORODOVA I.A., PRONIN N.M., 2013. New Records of Lake Baikal Leech Fauna: Species Diversity and Spatial Distribution in Chivyrkuy Gulf. - *Scientific World Journal*.
- LEARNER M.A., LOCHHEAD G., HUGHES B.D., 1978. A review of the biology of the British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. - *Freshwater Biology*, 8: 357-375.
- LE FOCHE M., NOTARGIACOMO T., MANCINI L., 2005. Rassegna degli indici basati sui macroinvertebrati bentonici come indicatori di qualità degli ecosistemi lacustri. - *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 41: 403-413.
- MARCHETTO A., ROSSARO B., ZAUPA S., BOGGERO A., © 2013. Foglio di calcolo per il BQIES basato sui macroinvertebrati lacustri.
- MARZIALI L., LENCIONI V., ROSSARO B., 2006. Chironomid species as indicators of freshwater habitat quality. - *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 29: 1553-1555.
- MASTRANTUONO L., SOLIMINI A.G., NOGES P., BAZZANTI M., 2008. Plant-associated invertebrates and hydrological balance in the large volcanic Lake Bracciano (Central Italy) during two years with different water levels. - *Hydrobiologia*, 599: 143-152.
- MCAULIFFE J.R., 1984. Competition for space, disturbance, and the structure of a benthic stream community. - *Ecology*, 65: 894-908.
- PUNTI T., RIERADEVALL M., PRAT N., 2007. Chironomidae assemblages in reference condition Mediterranean streams: environmental factors, seasonal variability and ecotypes. - *Fundamental and Applied Limnology*, 170: 149-165.
- ROSSARO B., ZAUPA S., LENCIONI V., MARZIALI L., BOGGERO A., 2013. Indice per la valutazione della qualità ecologica dei laghi italiani basato sulla comunità bentonica. In: CNR-ISE (Ed.), *Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi*. - Report CNR-ISE, 02.13: 200 pp.
- ROWAN J.S., CARWARDINE J., DUCK R.W., BRAGG O.M., BLACK A.R., CUTLER M.E.J., SOUTAR I., BOON P.J., 2006. Development of a technique for lake habitat survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. - *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16: 637-657.
- STRATTON M.A., KESLER D.H., 2007. The Role of Light and Oxygen in *Chaoborus punctipennis* (Insecta: Diptera) Diel Vertical Migration. - *Journal of Freshwater Ecology*, 22: 101-106.
- TARTARI G.A., MOSELLO R., 1997. Metodologie analitiche e controlli di qualità nel laboratorio chimico dell'Istituto Italiano di Idrobiologia. - *Documenta Istituto italiano di Idrobiologia*, 60: 160 pp.
- TER BRAAK C.J.F., SMILAUER P., 2002. *Canoco Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination Version 4.5*. Microcomputer Power, Ithaca, NY.

- TIMM T., 2009. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. - *Lauterbornia*, 66: 1-235.
- TIMM T., 2012. Profundal oligochaete assemblages in Palaearctic lakes. - *Turkish Journal of Zoology*, 36: 121-131.
- TOLONEN K.T., HOLOPAINEN I.J., HÄMÄLÄINEN H., RAHKOLA-SORSA M., YLOSTALO P., MIKKONEN K., KARJALAINEN J., 2005. Littoral species diversity and biomass: concordance among organismal groups and the effects of environmental variables. - *Biodiversity and Conservation*, 14: 961-980.
- TOLONEN K.T., HÄMÄLÄINEN H., HOLOPAINEN I.J., MIKKONEN K., KARJALAINEN J., 2003. Body size and substrate association of littoral insects in relation to vegetation structure. - *Hydrobiologia*, 499: 179-190.
- TONOLLI V., 1964. Introduzione allo studio della limnologia. Ecologia e biologia delle acque dolci. - Istituto italiano di Idrobiologia, Verbania Pallanza.
- VERNEAUX V., ALEYA L., 1998. Bathymetric distributions of chironomid communities in ten French Lakes: implication on lake classification. - *Archiv für Hydrobiologie*, 142: 209-228.
- WEATHERHEAD M.A., JAMES M.R., 2001. Distribution of macroinvertebrates in relation to physical and biological variables in the littoral zone of nine New Zealand lakes. - *Hydrobiologia*, 462: 115-129.
- WIEDERHOLM T., 1980. Use of benthos in lake monitoring. - *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 52: 537-547.
- WIEDERHOLM T. (Ed.), 1983. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. Part I: Larvae. - *Entomologica Scandinavica*, Supplement 19: 457 pp.
- WIEDERHOLM T. (Ed.), 1986. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. Part II: Pupae. - *Entomologica Scandinavica*, Supplement 28: 482 pp.

APPENDICE I - Distribuzione dei taxa nella zona litorale del Lago di Viverone per le due stagioni di campionamento. (\* = presenza, -- = assenza).

		VivT1LitC	VivT2LitC	VivT3LitC	VivT1LitS	VivT2LitS	VivT3LitS
Chironomidi	<i>Chironomus plumosus</i>	*	*	*	--	--	--
	<i>Chironomus</i> sp.	--	--	*	--	--	--
	<i>Cladopelma viridulum</i>	*	*	*	--	--	*
	<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i>	--	*	*	*	*	--
	<i>Cricotopus</i> spp.	--	*	*	--	--	--
	<i>Cryptochironomus</i> sp.	--	--	--	--	*	--
	<i>Dicrotendipes</i> gr. <i>tritonus</i>	*	--	*	*	*	*
	<i>Einfeldia</i> gr. <i>insolita</i>	*	*	--	*	--	--
	<i>Parachironomus</i> sp.	--	--	--	--	--	*
	<i>Polypedilum</i> gr. <i>nubeculosum</i>	*	*	*	*	--	--
	<i>Procladius choreus</i>	*	*	--	*	*	*
	<i>Psectrocladius</i> sp.	--	--	*	--	--	*
	<i>Pseudochironomus prasinatus</i>	--	--	--	*	--	--
	<i>Tanytarsus</i> sp.	*	--	--	*	--	*
Oligocheiti	<i>Aulophorus furcatus</i>	*	--	--	--	--	--
	<i>Branchiura sowerbyi</i>	--	--	*	*	--	--
	<i>Chaetogaster diaphanus</i>	--	*	--	--	--	*
	<i>Dero</i> sp.	*	*	*	*	*	*
	<i>Eiseniella tetraedra</i>	--	--	*	*	--	--
	<i>Ilyodrilus templetoni</i>	--	--	--	--	--	*
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	*	--	*	*	*	*
	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	--	--	*	--	--	--
	<i>Nais christinae</i>	--	--	--	--	--	*
	<i>Nais</i> sp.	*	*	*	--	--	--
	<i>Ophidonais serpentina</i>	*	--	--	--	--	--
	<i>Potamothenix hammoniensis</i>	*	--	--	--	--	--
	<i>Potamothenix heuscheri</i>	--	--	--	--	*	--
	<i>Pristina</i> sp.	--	--	*	--	--	--
	<i>Stylaria lacustris</i>	--	--	*	--	--	*
	<i>Tubifex tubifex</i>	--	*	*	*	--	*
<i>Uncinaiis uncinata</i>	--	*	--	--	*	--	
Ceratopogonidi	indet.	--	*	*	*	--	--
Tricotteri	<i>Ecnomus tenellus</i>	--	--	--	*	--	*
Odonati	<i>Orthetrum</i> sp.	--	--	--	--	*	--
	<i>Platycnemis pennipes</i>	--	--	--	--	--	*
Platelminti	<i>Dugesia tigrina</i>	*	*	*	*	*	*
Irudinei	<i>Hemiclepsis marginata</i>	*	--	--	--	--	--
Idracarini	indet.	--	*	*	--	--	*