



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per lo Studio degli Ecosistemi

Verbania Pallanza

R E P O R T

CNR-ISE, 02.10

PALMa

Piante **A**cquatiche **L**ago **M**aggiore

Alessandro Oggioni

con la collaborazione di Francesco Rusconi-Clerici

2010

CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, in collaborazione con Fondazione Banca di Intra,
Comune di Verbania e Associazione Culturale LongaLago.

Si ringraziano la Fondazione Banca d'Intra e il Comune di Verbania per il contributo finanziario ai costi della ricerca. I volontari dell'Associazione Culturale Longalago, nuotando lungo i 10 km di riva del Golfo Borromeo, hanno fornito un prezioso aiuto nel raccogliere informazioni visive sulle piante. Un ringraziamento va anche a tutti le persone che a vario titolo hanno fornito informazioni, ricordi, citazioni bibliografiche e dati tenuti nei cassetti. In particolare sono da ringraziare il Dott. Gaetano Galanti per avermi spronato ad iniziare questa impresa, il Dott. Piero Guilizzoni per i suggerimenti e il sostegno nell'attività all'Ing. Rusconi Clerici per aver, con caparbietà tipica di uno sportivo di lunga esperienza, sospinto questo lavoro.

Indice

Indice	5
0. Riassunto	6
1. Introduzione	7
2.1 Classificazione e caratteristiche delle macrofite	8
2.2 Ripartizione delle macrofite	10
3. Metodologia di campionamento delle macrofite.....	12
4. Il Golfo Borromeo e la sua flora acquatica	16
4.1 Dati storici.....	16
4.2 Risultati campagna 2009	21
5. Conclusioni	26
6. Azioni future	28
7. Bibliografia.....	29
Allegato - Schede macrofite	32

0. Riassunto

L'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, già Istituto Italiano di Idrobiologia, ha da sempre il compito di svolgere studi sugli ambienti lacustri, con particolare riguardo al Lago Maggiore, per il quale le informazioni raccolte a partire dal 1938, anno di fondazione, hanno pochi pari nel mondo.

Da alcuni anni le evidenze riscontrate dai ricercatori e le sollecitazioni continue dai non addetti ai lavori, continuavano a far crescere la sensazione di allarme per il forte arretramento delle piante acquatiche, iniziato già da molti anni e secondo molti ancora in essere. Una serata di discussione pubblica organizzata dall'associazione Longalago a Verbania Villa Giulia il 14 marzo 2008 aveva provocato attenzione sul tema, ma nessuna risposta. Francesco Rusconi-Clerici, fondatore di Longalago con Roberto Troubetzkoy, aveva insistito perché si procedesse ad analizzare la tematica in modo scientifico, iniziando poi egli stesso in modo forse romantico, ma portandolo poi fino a fondo tutto il giro del Lago Maggiore a nuoto con la registrazione generale delle osservazioni raccolte sulle macrofite e sui pesci incontrati. Forte del risultato visivo ha trovato l'adesione della Fondazione Banca di Intra e del Comune di Verbania con contributi finanziari, che hanno reso possibile la copertura delle spese del progetto. Si è così proceduto, al monitoraggio completo dei 10 km di costa del Golfo Borromeo del Lago Maggiore, agevolato dalla entusiastica partecipazione di diversi volontari, felici di aiutare il loro lago.

Il progetto **PALMA (Pianta Acquatiche del Lago MAggiore)** è così decollato nella primavera del 2009 sotto gli auspici di una splendida collaborazione pubblico/privato, con l'intenzione di definire lo stato della comunità macrofita acquatica, in termini di distribuzione areale e di abbondanza.

Il lavoro, che si è svolto tra luglio e settembre del 2009, coinvolgendo 2 persone dell'Istituto e una decina di volontari, ha ottenuto risultati diversi significativi. In particolare si può riassumere che:

1. i lavori riguardanti le piante acquatiche sul Lago Maggiore, pur coprendo un arco temporale molto ampio (dal 1903 al 1999), sono scarsi e riguardano zone diverse dal Bacino Borromeo e non sempre riguardano l'ambito botanico acquatico;
2. la diminuzione dell'areale occupato dalle specie macrofite è indubbia e può essere fatta risalire ad un periodo compreso tra il 1986 e il 1999. In questi anni, infatti, sono state effettuate delle campagne di monitoraggio della flora macrofita dove si è rispettivamente rilevata la presenza di una corona composta da varie specie tra cui *Lagarosiphon major* e in seguito l'assenza totale di piante acquatiche se non *Trapa natans* var. *verbanensis*;
3. è stata rilevata nel complesso la presenza di 9 specie di idrofite nell'intero Bacino Borromeo, che confrontate con la situazione rilevata nel 1986 (8 specie solo nel Parco Fondo Toce), fa rilevare un quadro non pessimo. Di queste ben 5 presentano forma di crescita radicata sommersa, indicando come le condizioni di trasparenza lacustre siano adeguate al mantenimento e al sostentamento di una ricca flora sommersa.
4. la massima profondità di crescita (5,5 m), riscontrata sul Lago Maggiore, è di molto inferiore a quella di altri grandi laghi alpini come Como (8 m nel 2009), Lugano (7 m nel 2002) e Ginevra (10 m nel 2007);
5. infine è possibile affermare come ad immutata condizione rispetto al numero di specie censite, faccia seguito una riduzione notevole dell'area occupata dalle piante acquatiche. Infatti su di una area potenziale di 620'000 m², compresa nella profondità tra 0 e 5,5 m, è occupato solo il 20% pari a poco meno di 31'200 m² e ¼ della superficie rilevata nel 1986, nella sola costa di Fondo Toce dove per una estensione di costa di 1500 m l'area coperta era pari a circa 128'000 m².

Attualmente le cause di questa diminuzione possono essere solo ipotizzate come diverse concause tra cui: il consumo delle macrofite da parte di erbivori, sfalci e estirpazioni, versamenti di sostanze chimiche, sottrazione di aree litorali per costruzioni, variazioni dei livelli e cambiamenti climatici. Per valutare l'effettiva validità di queste ipotesi, o formularne di nuove, sarà indispensabile intraprendere studi più dettagliati sulle piante acquatiche, future tra i quali: completare il monitoraggio dell'intera superficie del Lago Maggiore, verificare l'effettiva impossibilità da parte delle piante di svilupparsi su sedimenti prelevati nel Golfo Borromeo, individuare zone di particolare interesse da monitorare nel tempo, testare la crescita di alcune specie in ambienti controllati e delimitare aree protette per il reimpianto controllato di alcune specie.

1. Introduzione

Le piante acquatiche sono state studiate nel Lago Maggiore a partire dal 1973, con un lavoro effettuato nel bacino sud e nella Baia di Pallanza (Gommes & Muntau, 1975; Guilizzoni & Galanti, 1989; Guilizzoni et al., 1989). A questo ha fatto seguito una campagna di campionamento, eseguita dall'Università di Ginevra, nella parte elvetica del Lago (Lachavanne & Perfetta, 1981). Entrambi questi studi hanno evidenziato la presenza di una comunità macrofita ben strutturata e formata da 41 specie distribuite su tutto il perimetro lacustre. Poi durante gli anni '80, altri studi sono stati effettuati dal CNR sull'ecofisiologia della **castagna d'acqua** (*Trapa natans*) e della **canna palustre** (*Phragmites australis*) (Guilizzoni & Galanti, 1989; Guilizzoni, 1991), concentrando l'attenzione anche sul contenuto di metalli pesanti in alcune specie selezionate (Guilizzoni et al., 1989). Un ulteriore aggiornamento sulla distribuzione della macrofite in numerosi laghi Italiani della Pianura Padana, incluso il Maggiore, è stato effettuato alla fine degli anni '90 da Ludovisi et al. (2004).

Da questa breve introduzione si può comprendere l'importanza di uno studio che miri a conoscere la distribuzione delle specie delle piante acquatiche presenti nel Lago Maggiore. Qui le esigenze di studio delle piante acquatiche sono più pressanti rispetto a quelle degli altri grandi laghi subalpini, in quanto sembra che abbiano subito un lento declino nel corso degli ultimi 30 anni, lo studio delle modificazioni della composizione di questo gruppo potrà dare utili informazioni sullo stato di qualità dell'ambiente litorale anche dal punto di vista normativo (WFD 2000/60/CE).

Il lavoro eseguito, limitato in questa prima fase al solo Bacino Borromeo del Lago Maggiore, ha avuto come scopo la definizione dello stato della comunità macrofita acquatica, in termini di distribuzione areale. Va sottolineata la significativa distanza temporale dagli ultimi studi a questo riguardo, peraltro parziali, condotti quasi 35 anni fa.

Il lavoro compiuto si è sin dall'inizio proposto come significativo valore aggiunto:

- l'impostazione di un atlante fotografico digitale che permetta anche al fruitore meno esperto di poter affrontare il riconoscimento della flora acquatica; incredibilmente non sono ad oggi presenti testi né in Italia né internazionalmente che illustrino (http://www.lab.ise.cnr.it/index.php?option=com_content&view=article&id=124&Itemid=155);
- l'impostazione di un erbario come base fondamentale anche per futuri lavori scientifici di confronto con altri ambienti lacustri subalpini;
- la realizzazione di una infrastruttura di gestione dati per la memorizzazione e gestione delle informazioni e delle immagini (<http://ows.ise.cnr.it>).

2. La flora macrofita lacustre

Gli studi ecologici effettuati su ambienti lacustri hanno sempre considerato la componente biologica come fondamentale per definire la qualità delle acque. Le componenti storicamente studiate, anche sul Lago Maggiore, risultano però essere i vegetali e gli animali microscopici appartenenti al comparto planctonico, rispettivamente fitoplancton e zooplancton, significativi in quanto rispondono in maniera immediata a fonti di inquinamento che inducono a fenomeni quali l'eutrofizzazione. La vegetazione acquatica (piante acquatiche o macrofite acquatiche) è sempre stata considerata una componente più lenta a rispondere alle modificazioni indotte da inquinamenti puntuali o diffusi e certamente per questo motivo i dati raccolti su di essa sono stati per il nostro territorio alquanto carenti.

L'importanza di considerare tutte le forme biologiche acquatiche come indicatori viene solo con il recepimento da parte dello stato italiano della Direttiva 2000/60/CE, con il Decreto Legislativo 152/2006. Questa direttiva ha portato in ambito europeo all'avvio di diverse attività volte ad elaborare principi e metodologie per l'implementazione delle richieste di legge a livello nazionale e allo sviluppo di nuovi metodi per la valutazione della qualità delle acque lacustri anche attraverso la distribuzione e l'abbondanza delle macrofite acquatiche (Directive 2000/60/CE; CIS 2003; Lakes Intercalibration Expert, 2006).

Le scelte legislative risentono di anni di studi ecologici sulle acque interne, intese come laghi e fiumi, tra cui fondamentali risultano essere i primi rapporti dell'Organizzazione e la Cooperazione per lo Sviluppo Economico (OCDE, Organisation de Coopération et de Développement Economique). Questa indicò nel 1970 (Vollenweider, 1970) il fenomeno di accumulo di nutrienti - quali azoto e fosforo - come determinante della degradazione progressiva degli ambienti naturali, dell'aumento dei fenomeni di riciclo dei nutrienti e della conseguente abnorme crescita dei produttori primari, tra cui le piante acquatiche. Le quali vengono considerate per questo indicatori limnologici molto importanti per due ragioni (Melzer, 1999):

- reagiscono in maniera lenta e progressiva alle modificazioni ambientali, integrando le condizioni del substrato, della zona litorale e pelagica potendo così essere usate come indicatore a alta risoluzione spaziale;
- riflettono le condizioni ambientali di una zona costiera dove le cause di inquinamento possono essere non puntuali ma diffuse.

Però, come dimostrato da numerosi lavori (Lachavanne and Wattenhofer, 1975; Lang, 1967; Melzer, 1981), solo un monitoraggio in anni successivi dell'intero perimetro o di significativi tratti di costa può permettere di utilizzare le macrofite acquatiche come indicatori della qualità lacustre.

2.1 *Classificazione e caratteristiche delle macrofite*

Per macrofite si intendono tutti gli organismi vegetali con dimensioni macroscopiche (cioè riconoscibili senza l'ausilio di un microscopio ad alta definizione), il cui ciclo vitale avviene interamente, o quasi, in acqua. È una categoria eterogenea che non ha valore tassonomico, in cui sono comprese specie

appartenenti ad alghe, briofite, pteridofite e fanerogame. Per quanto riguarda l'ecosistema lacustre, le macrofite sono rinvenibili all'interno della colonna d'acqua nei contesti litoranei, dove si presentano condizioni adeguate alla loro crescita. Le macrofite sono classificabili in base alla forma biologica (Raunkiaer, 1934), ossia alla categoria morfo-funzionale che raggruppa i vegetali in funzione delle risposte morfo-funzionali all'ambiente circostante, in particolare alle condizioni climatiche e micro-edafiche. La forma biologica riconosce, quindi, la capacità delle specie di colonizzare i differenti meso-habitat presenti negli ambiti litoranei o poco profondi dei laghi e permette di ricostruire i transetti distributivi dei singoli taxa lungo la sezione trasversale della cuvetta lacustre. Le macrofite sono suddivisibili in tre tipologie morfologiche prevalenti: pleustofite, rizofite ed elofite, cui sono accoppiate differenti forme di crescita (Den Hartog & Segal, 1964; Den Hartog, 1981; Müller, 1992). I taxa considerati in questo lavoro sono riconducibili alle sole due prime tipologie (pleustofite e rizofite), che rappresentano la compagine idrofita della flora di un bacino lacustre. A loro volta queste tipologie morfologiche possono essere declinate in 4 differenti forme di crescita.

Macrofite libere flottanti

Le **macrofite flottanti non radicate** (Lemnidi, Stratiotidi, Idrocaridi e Ricellidi), rappresentate da forme completamente galleggianti sull'acqua le cui radici, se presenti, non hanno alcuna funzione di ancoraggio ma unicamente assimilatrice, immerse completamente nella colonna d'acqua (ad es. *Lemna* spp., *Wolffia arrhiza*, *Riccia fluitans*, *Stratiotes aloides*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Salvinia* spp.).

Queste sono presenti in meso-habitat protetti dal vento, da onde e da correnti, in ambienti litoranei poco profondi.

Macrofite infracquatiche

Le **macrofite infracquatiche non radicate** (Ceratofillidi), sono rappresentate da forme che occupano ambienti del tutto simili alle flottanti, ma le cui strutture trofiche non sono mai emergenti; vivono completamente sommerse, includendo anche forme prive di apparato radicale (ad es. *Ceratophyllum* spp., *Utricularia* spp.).

Macrofite radicate

A questa categoria sono riconducibili due tipologie di piante acquatiche:

Le **macrofite flottanti radicate a foglie galleggianti** (Ninfeidi e Batrachidi), rappresentate da specie ancorate al substrato che presentano foglie e organi riproduttivi galleggianti o emergenti al di sopra della superficie dell'acqua. Colonizzano zone a profondità assai variabile: dagli ambiti litoranei fino a 3-4 m di profondità; possono presentare eterofillia: ossia possedere foglie sommerse morfologicamente diverse da quelle emergenti, come adattamento morfologico (ad es. *Nuphar lutea*, *Nymphaea* spp., alcune specie del genere *Potamogeton*).

Sculthorpe (1967) in questa forma di crescita distingue, sulla base della modalità di propagazione vegetativa, le rizomatose e le stolonifere. Alla prima appartengono tutte quelle piante con lungo picciuolo flessibile per foglie flottanti (ad es. *Nuphar lutea* e *Nymphaea alba*), alla seconda vengono ricondotte specie come *Potamogeton gramineus* o *P. nodosus* che presentano gambi striscianti che producono foglie flottanti per un breve periodo di tempo.

Le **macrofite sommerse radicate** (Vallisneridi, Elodeidi e Miriofillidi), rappresentate da specie completamente sommerse all'interno della massa d'acqua, mai o non emergenti, ancorate al substrato tramite radici oppure rizoidi; i vallisneridi raggruppano le specie a foglie indivise non caulescenti (ad es. *Vallisneria spiralis*, *Butomus umbellatus* var. *vallisneriifolia*), gli elodeidi le specie caulescenti (ad es. *Elodea* spp., *Callitriche* spp., *Najas* spp., e alcune specie del genere *Potamogeton*) e, infine, i miriofillidi le specie sommerse a foglie profondamente divise (ad es. *Myriophyllum* spp., *Ranunculus trichophyllus* subsp. *trichophyllus*).

Queste piante sono adattate ad una vita in un ambiente che presenta una grande isotropia e quindi presentano una certa omogeneità nei caratteri anatomici e morfologici, ma, visto che sono completamente immerse in un ambiente acquatico, non affrontano problemi fisiologici delle piante vascolari terrestri come la traspirazione. Al contrario affrontano sicuramente il problema del reperimento dell'ossigeno, meno abbondante dell'acqua e della luce, anche se questa spesso è ridotta per l'accumulo di sospensione nelle zone litorali.

2.2 Ripartizione delle macrofite

Come tutte le piante, anche le macrofite acquatiche necessitano di luce e di elementi nutritivi per la loro sopravvivenza e il loro accrescimento. Altri parametri come la temperatura, il pH, l'ossigeno disciolto, la tipologia di substrato, i fattori di turbolenza, giocano un ruolo fondamentale per l'impianto e lo sviluppo del popolamento vegetale. A questi fattori naturali possono aggiungersi anche diversi fattori antropici: azione meccanica della navigazione, asportazione per taglio, costruzione delle rive, ma anche azione di erbivori come ad esempio **nutria** (*Myocastor coypus*), **gambero alloctono** (*Procambarus clarkii*), **carpa erbivora** (*Ctenopharyngodon idella*) e anatidi in genere, oppure sostanze chimiche che possono essere deterrenti la crescita delle piante.

Secondo le condizioni chimico fisiche dell'ambiente e l'intensità con cui questi parametri insistono sulla comunità vegetale le piante acquatiche si distribuiscono lungo le coste in senso verticale e/o orizzontale (Lachavanne and Wattenhofer, 1975).

Le piante palustri mostrano una zonazione verticale molto netta, ma per le piante di comparto tipicamente acquatico questa zonazione non è sempre così evidente. Infatti se la profondità massima di crescita delle specie è determinata dalla condizione trofica dell'ambiente lacustre, che dipende direttamente dalla profondità della zona eufotica, la differenza di distribuzione verticale delle specie è direttamente dipendente dalla sensibilità delle diverse specie ai fattori quali luce e azione meccanica delle onde.

La luce diventa un fattore determinante la distribuzione verticale delle piante acquatiche non soltanto per la sua intensità, ma anche e soprattutto per la sua distribuzione spettrale. Infatti se si considera che la regione fotica, dove le piante possono effettuare la reazione fotosintetica, è limitata in profondità all'1% della luce incidente la superficie dell'acqua e che le piante assorbono solo l'1% (Ramade, 1974) dell'intero

flusso luminoso incidente, ben si comprende come questo fattore sia determinante. Le piante acquatiche si sono adattate a queste condizioni differenziando la propria dotazione pigmentaria, così che piante adatte a vivere ad intensità luminose minori presentano una maggiore quantità di caroteni (Dutton & Chancey, 1944).

L'azione meccanica delle onde è determinante nei primi metri di profondità, tra il battente d'onda e i 1.5 m, limitando l'impianto delle piante nella zona riparia. Più in profondità dove l'azione d'onda è attenuata, si può ritrovare normalmente una comunità a macrofite fiorente (Hawes *et al.*, 2003; Schutten *et al.*, 2004).

Altri fattori possono controllare la distribuzione di questi organismi, come: le fluttuazioni di livello, la presenza di erbivori e varie sostanze chimiche. Per ciò che riguarda le fluttuazioni di livello va osservato che nel caso del Lago Maggiore la differenza fra il livello di piena non catastrofica e la magra decennale è stimabile in 10 metri; la magra in realtà è più frequente nei mesi invernali ed ha quindi meno effetto sulla vegetazione acquatica, in quei mesi dormiente.

L'azione degli erbivori è forse, tra i fattori biotici, quella che comporta la diminuzione più importante delle specie. Questi agiscono sia sui semi che sulle infiorescenze, impedendo di fatto la rigenerazione, ma anche sugli apici così da provocare il mancato sviluppo della pianta.

Importanti sono anche i fattori chimici come erbicidi sparsi sul bacino che ricadendo a lago possono provocare la sofferenza o la morte delle piante acquatiche. In letteratura sono comunque ben documentabili anche gli inquinamenti da pesticidi (<http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/pesticides.html>) e metalli pesanti come rame e alluminio (Giulizzoni, 1991; Keskinkan, 2003) che potrebbero essere causa di perdita di biodiversità vegetale in ambito lacustre.

3. Metodologia di campionamento delle macrofite

La metodologia di campionamento adottata per questo lavoro è quella che è stata elaborata, dal un gruppo di lavoro presieduto dall'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, adottata come protocollo di campionamento dal Ministero dell'Ambiente (MATTM) per lo svolgimento delle attività di monitoraggio degli ambienti lacustri in ambito nazionale (http://www.apat.gov.it/site/IT/APAT/Pubblicazioni/metodi_bio_acque.html). Il protocollo prevede 4 fasi, riassunte nella figura 1.

FASE I

E' consistita nel recupero di tutte le informazioni storiche mediante un'indagine informale condotta presso i frequentatori e i fruitori del lago (gestori di strutture turistiche, di cantieri o di centri nautici, operatori del servizio civile, pescatori, residenti, ecc.) e mediante la ricerca bibliografica.

FASE II

L'attendibilità, l'attualità e la completezza delle informazioni raccolte durante la prima fase sono state verificate ed integrate da ispezioni in campo al fine di poter individuare i siti. Questa fase, così come quelle successive, è stata svolta a bordo di un'imbarcazione leggera ed utilizzando la strumentazione indicata successivamente. I margini del sito sono stati rilevati mediante GPS e riportati su una cartografia in scala 1:10000 utilizzando un sistema informativo geografico con riferimenti UTM32-WGS84.

FASE III

Una volta individuato il sito sono stati descritte le caratteristiche principali, relativamente al territorio adiacente, segnalando: l'eventuale presenza di darsene, moli, porti, scarichi di qualsiasi tipo, immissari, nonché l'uso del suolo agricolo, ecc. Sono state segnalate anche tutti quei fattori che possono incidere sulla presenza della vegetazione acquatica quali la presenza di animali erbivori (uccelli selvatici, pesci, ecc.) oppure l'asportazione periodica delle piante mediante sfalci.

FASE IV

La IV fase si compone di due distinti momenti, la georeferenziazione dei transetti su un sistema informativo geografico e l'ispezione del transetto in campo. I siti che sono tratti litorali continui, aventi stessa composizione in specie, non sono stati campionati completamente ma, in corrispondenza del centro di ciascuno, è stato percorso un transetto ortogonale la riva e in ciascun intervallo di profondità è stato effettuato un campionamento o una osservazione per stabilire la percentuale di copertura di ciascuna specie. Ciascun punto è stato rilevato grazie ad un sistema di posizionamento globale (GPS) ed in ciascun punto sono state raccolte le piante acquatiche presenti, determinandole con La Flora d'Italia (Pignatti, 1982).

Per il Bacino Boromeo lo sforzo di campionamento in termini di transetti percorsi lungo l'intero perimetro di costa, è rappresentato nella figura 2.

Vista la scarsità di piante acquatiche le fasi II, III e IV sono state svolte in modo contemporaneo. Inoltre, data la dimensione e l'estensione dell'area da rilevare, si è fatto ricorso, come d'altronde suggerito dal

protocollo di riferimento, anche all'aiuto di alcuni nuotatori che hanno percorso quasi tutti i 10 km di perimetro del bacino, dalla riva fino ad una profondità di circa 5 metri, per osservare direttamente l'eventuale presenza e la consistenza di specie di piante acquatiche.

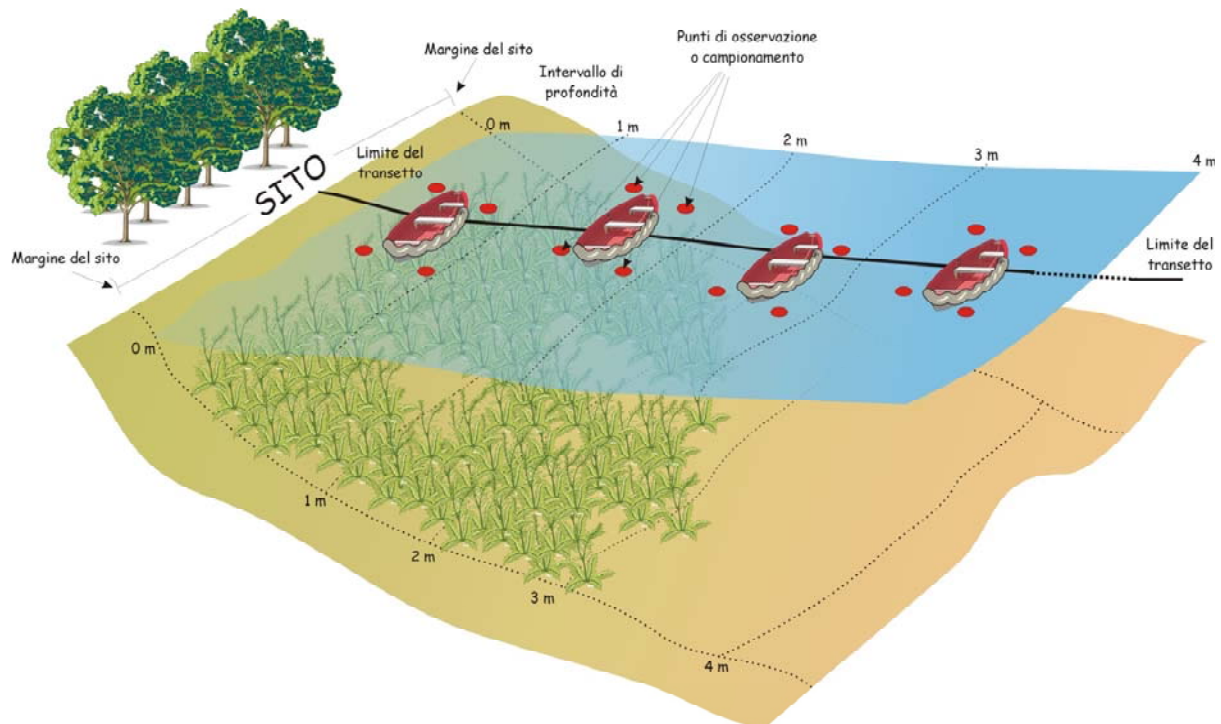


Figura 1 - Schema della metodologia di campionamento.

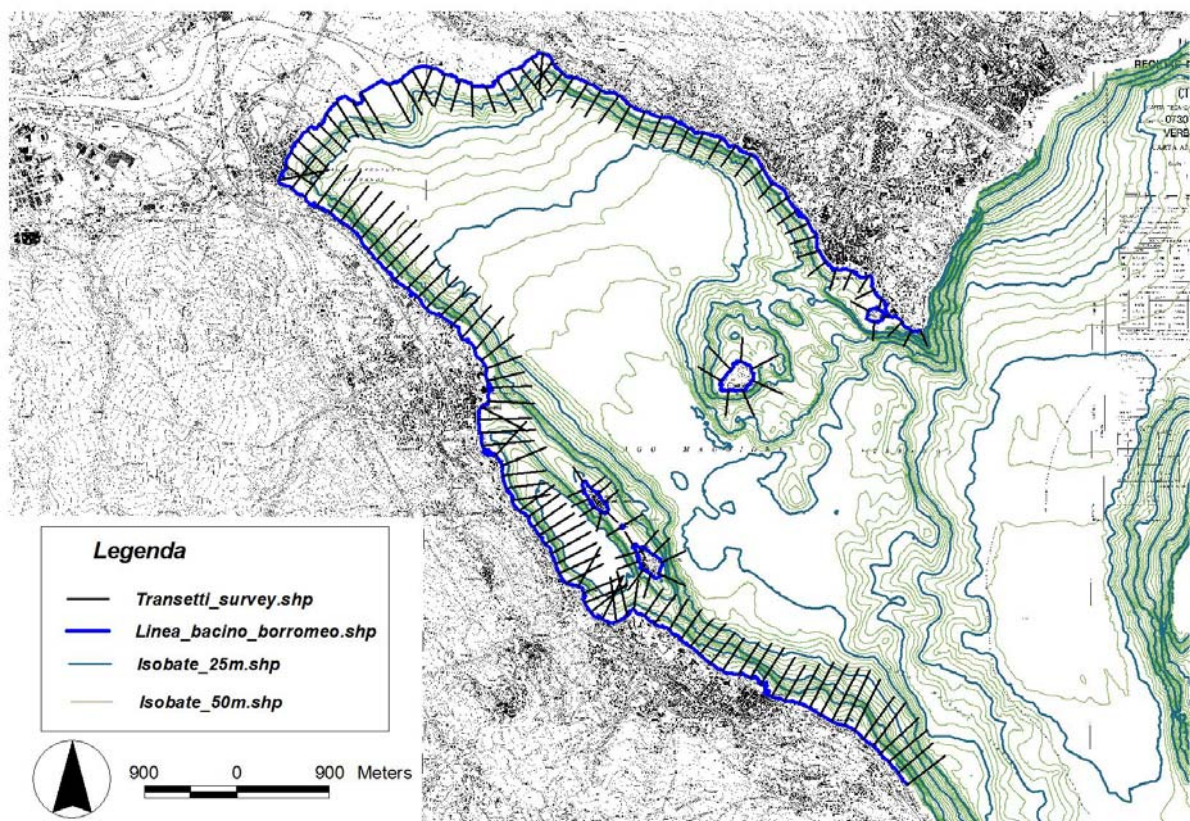


Figura 2 - Distribuzione dei transetti percorsi, come da protocollo di campionamento, lungo tutto il tratto di costa del Bacino Borromeo.

La parte più profonda è invece stata campionata con il metodo classico, anche se la scarsità nella presenza delle piante acquatiche nel Bacino Borromeo ha anche reso necessaria una ulteriore integrazione al metodo sopra descritto. Al singolo transetto, in corrispondenza delle biocenosi macrofittiche, si è proceduto con la mappatura completa, potendo così individuare l'intera area occupata da ciascuna specie. I limiti esterni dell'areale delle diverse specie sono stati rilevati con il GPS, così da poter creare le mappe presenti in questo documento.

Per effettuare questo tipo di campionamento si è adottata la seguente strumentazione:

- Carta topografica del lago in scala 1:10000;
- Palmare o computer portatile, interfacciati con strumento GPS avente un errore inferiore a 3 m;
- Ecoscandaglio;
- Batiscopio;
- Telecamera subacquea munita e relativo video;
- Disco di Secchi per la misura della trasparenza dell'acqua;
- Rastrello con denti opposti e spazio interdentale regolabile per la raccolta della vegetazione;
- Schede di campagna;
- Buste di plastica, per la conservazione degli esemplari di piante non immediatamente determinabili;
- Lente di ingrandimento;
- Matita e penna con inchiostro indelebile;
- Borsa frigorifera per la conservazione dei campioni;
- Macchina fotografica digitale subacquea.

Il rilevamento è stato svolto nell'arco di 4 settimane, tra i mesi di luglio e di settembre, periodo nel quale la vegetazione lacustre raggiunge il massimo della sua estensione. In questo periodo, anche in presenza di condizioni ambientali non favorevoli (es. stagione invernale prolungata, acque primaverili molto fredde e piogge abbondanti), le piante acquatiche sono già ben sviluppate e quasi sempre con presenza di infiorescenze che permettono di distinguere molto bene le diverse specie. La finestra temporale è ridotta e possono esserci difficoltà legate alla scarsa visibilità sia per cause meteorologiche (es. forti temporali) sia per cause biologiche, come ad esempio fioriture algali. Proprio in concomitanza con le esplorazioni dei primi giorni di settembre 2009, l'eccezionale fioritura di *Microcystis flos-aquae* ((Wittrock) Kirchner), ha reso estremamente difficoltose e faticose le osservazioni sia in acqua che dalla imbarcazione con la telecamera subacquea.

Ci si è affidati, come già detto, alla visione diretta grazie alla collaborazione di alcuni nuotatori della associazione Longalago, che nuotando a ridosso della costa hanno perlustrato la zona compresa tra 0 e 5 m di profondità con pinne, maschere e sistema di posizionamento geografico, così da poter memorizzare il percorso fatto (Fig. 3). Il lavoro è stato svolto utilizzando una barca di appoggio che seguiva per sicurezza i due operatori in acqua che, dotati di pallone di segnalazione, procedevano tra di loro parallelamente in modo da coprire totalmente e contemporaneamente la zona riparia. Durante questa perlustrazione sono state recuperate, direttamente dagli operatori acquatici, numerose piante che inserite in appositi sacchetti con acqua di lago hanno permesso il trasporto per la successiva classificazione.

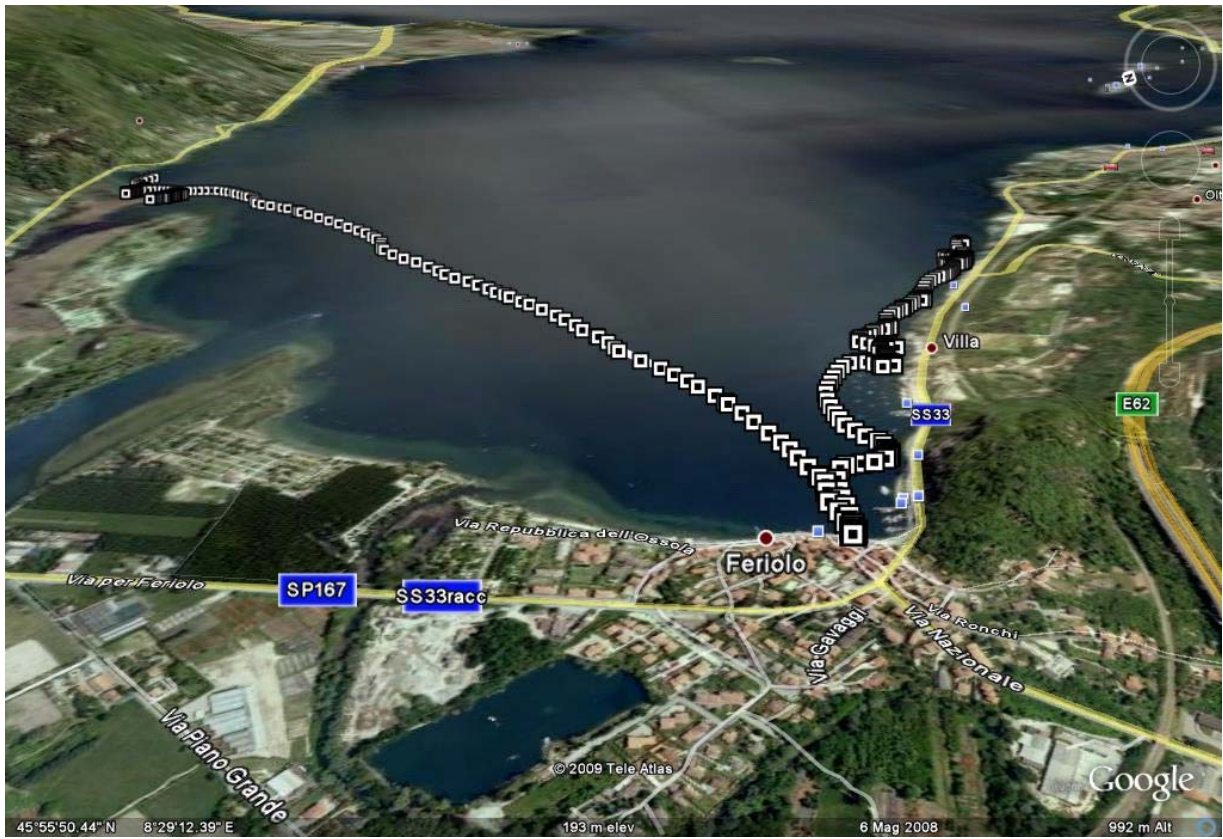


Figura 3 - Esempio di percorso compiuto dai nuotatori e raccolto con un sistema di posizionamento globale (GPS).

4. Il Golfo Borromeo e la sua flora acquatica

4.1 *Dati storici*

Il reperimento di informazioni storiche è il primo passo per operare al meglio in qualunque ambito scientifico. Infatti la conoscenza pregressa è indispensabile per poter avere una idea sulle evoluzioni storiche avvenute nell'ambiente che si vuole studiare, ma anche per conoscere come sono stati condotti gli studi svolti precedentemente. Purtroppo sul Lago Maggiore, così come negli altri grandi laghi Sud alpini, le conoscenze riguardo la flora acquatica è scarsa e i pochi lavori hanno affrontato tematiche rivolte più agli aspetti ecofisiologici (Guilizzoni & Galanti, 1989; Guilizzoni *et al.*, 1989); oggettivamente scarsi sono invece i lavori che si sono rivolti alla distribuzione e alla valutazione dell'abbondanza delle specie macrofite.

Le conoscenze storiche, anche richieste dal protocollo di campionamento adottato per questo studio, quindi sono mancanti e i soli riferimenti sono i ricordi dei più attenti fruitori del lago. Questi infatti ricordano in maniera del tutto viva e concordano sul fatto che, fino agli anni '70 e poi ancora negli anni '80, lungo l'intero perimetro lacustre e per una fascia continua - *corona* - nel Bacino Borromeo era presente una abbondante comunità costituita pressochè da *Lagarosiphon major* ((Ridley) Moss., sinonimo di *Elodea crispa* (Hort.)); e anche come, in numerosi porti, fosse necessario utilizzare attrezzi sfalcianti (*ranza*) per poter oltrepassare questa fascia e utilizzare i natanti. Il massimo sviluppo della corona può essere così coincidente con il picco di eutrofia del Lago Maggiore, che secondo i dati di chimica lacustre è collocabile intorno alla fine degli anni '80.

Anche l'impossibilità di una frequentazione diretta del mondo subacqueo, i primi strumenti ottici subacquei sono stati sviluppati nei primi decenni del 1900, non ha permesso la raccolta di documentazione iconografica e fotografica della vegetazione subacquea, al contrario di quello che è sempre avvenuto per la vegetazione terrestre.

In questo ambito ricco di ricordi e scarso di bibliografia scientifica, anche le poche informazioni che si possono reperire sono preziosissime. Così per lo svolgimento di questo progetto si è proceduto secondo due direzioni, da una parte svolgendo una ricerca bibliografica nella ricca collezione del CNR l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, per raccogliere tutti quei lavori storici effettuati sul Lago Maggiore; dall'altra ricorrendo al recupero anche di materiale bibliografico riguardante gli altri grandi ambienti lacustri italiani e svizzeri come il Lago di Garda, il Lago di Como, il Lago di Lugano e il Lago di Ginevra.

Questo lavoro bibliografico ci ha permesso di individuare che sul Lago Maggiore i primi lavori risalgono ai primi anni del 1900 da Schröter & Wilczek (1904; Fig. 4), redigendo uno dei primi elenchi floristici completi della flora dell'alto lago. Il lavoro di censimento viene svolto nel 1903, in occasione dell'annuale congresso della Società ticinese di Scienze Naturali, con lo scopo di valutare lo stato di estensione dell'*Isoëtes echinospora* (Dur.) censita da De Notaris e Franzosini ma ritrovata originariamente da Schinz nel 1896. Questa specie acquatica appartiene alla divisione delle Pteridofite, la stessa delle felci, ed in Italia è diffusa ancora oggi nelle nostre regioni (Lombardia, Piemonte e Trentino) e in particolare nel Lago d'Orta, ma notevolmente ridotta in termini di areale e non è più stata ritrovata nel Lago Maggiore. Lo studio di Schröter è comunque importante perchè, segnala la presenza di *I. echinospora* e fornisce un elenco

floristico molto ampio, segnalando ben 13 specie di idrofite (Tab. 1). Tra queste occorre anche segnalare la presenza di *Elatine hydropiper* (L.) pianta estremamente rara.



Figura 4 - Copertina del lavoro di Schröter & Wilczek svolto nel 1904 sulla zona di Locarno.

Tabella 1 - Elenco floristico delle specie idrofittiche ritrovate da Schröter & Wilczek (1904).

Callitriche hamulata (Kütz)
Littorella lacustris (L.)
Elatine hydropiper (L.)
Zanichellia palustris (L.)
Najas major (L.)
Isoëtes echinosporum (Dur.)
Elodea canadensis (Michx.)
Chara delicatula (Desvaux)
Potamogeton crispus (L.)
Potamogeton perfoliatus (L.)
Potamogeton pusillus (L.)
Myriophyllum spicatum (L.)
Ceratophyllum demersum (L.)

Precedente a questa ricerca c'è la descrizione "della nuova specie": *Trapa verbanensis* (De Notaris, 1875), mai descritta e considerata fino ad allora come *Trapa natans* (L.); oggi è classificata come una sottospecie *Trapa natans* var. *verbanensis* è stata sempre presente nel nostro lago nella zona di Fondo Toce a ridosso del canale che arriva dal Lago di Mergozzo, ma anche a Nord nella zona di Locarno.

Successivamente a queste molte delle pubblicazioni ritrovate non riguardano specificatamente l'ambito botanico acquatico, spesso si riferiscono a osservazioni di specie macrofittiche in associazione con altre forme animali, veri oggetti dello studio. Le specie segnalate in questi lavori scientifici rimangono non perfettamente certe, ma sono comunque importanti informazioni. Queste varie fonti permettono di indicare la presenza di circa una quindicina di specie ben distribuite in tutta la sponda lacustre, confermando di fatto le indicazioni date dai "fruitori e amatori del lago".

Più recentemente, a partire da metà degli anni '70, le informazioni si fanno più precise e vengono effettuati studi mirati sulla distribuzione delle macrofite. Rispettivamente si succedono studi nel bacino Sud (Gommes & Muntau, 1975), nel bacino Nord (Lachavanne & Perfetta, 1981) verso il confine Svizzero e nel Bacino di Pallanza (Guilizzoni & Galanti, 1989; Guilizzoni *et al.*, 1989). Nel complesso viene rilevata una comunità

macrofittica ben strutturata e formata da 41 specie distribuite su tutto il perimetro lacustre, ma per nessuna specie viene effettuato un rilievo areale e quindi non è possibile avere un riferimento di percentuale di copertura o di abbondanza.

Il primo studio riguardante specificatamente la distribuzione areale delle macrofittiche, viene effettuato nel 1986 (Fig. 5), dove vengono censite le specie presenti a ridosso del canneto di Fondo Toce. Da questo emerge la presenza ancora evidente di una corona di *Lagarosiphon major* ((Ridley) Moss.) e una densa colonia di *Trapa natans* var. *verbanensis*, che insieme occupano circa l'80% dell'areale delle piante acquatiche (Tab. 2).

Tabella 2 - Elenco floristico e area (m²) occupata delle specie idrofittiche censite nel 1986 nella zona di Fondo Toce. Riferirsi alla figura 4 per la distribuzione areale.

Specie	Area (m ²)
<i>Lagarosiphon major</i> ((Ridley) Moss.)	46620
<i>Trapa natans</i> var. <i>verbanensis</i>	59106
<i>Elodea canaensis</i> (Michx.)	236
<i>Myriophyllum spicatum</i> (L.)	1763
<i>Potamogeton crispus</i> (L.)	9520
<i>Potamogeton lucens</i> (L.)	1805
<i>Potamogeton perfoliatus</i> (L.)	2995
<i>Ranunculus aquatilis</i> (L.)	2022
<i>Scirpus lacustris</i> (L.) Palla	1104
<i>Vallisneria spiralis</i> (L.)	3101
TOTALE	128'272

Nel 1999 (Ludovisi *et al.*, 2004) viene poi contotto uno studio, in seno al progetto EU Lakes, di censimento delle piante acquatiche in numerosi laghi presenti nel bacino del Po. Lo scopo di questo lavoro era di identificare un modello di utilizzo degli habitat lacustri, effettuando il rilievo di 4 transetti in ogni lago. Le informazioni, comunque scarse (Tab. 3), indicano come il transetto a Ovest (in corrispondenza del Bacino di Fondo Toce) sia presente in maniera abbondante solo *Trapa natans* var. *verbanensis* ponendo di fatto il limite temporale della scomparsa della corona di *L. major* tra il 1986 e prima del 1999. Quest'ultima specie viene comunque segnalata ancora sulla sponda lombarda e in Svizzera insieme a molte altre specie, tra cui le più significative *Zannichellia palustris* (L.), *Chara* sp. e poca *Vallisneria spiralis* (L.).

Tabella 3 - Rilievo effettuato nel 1999 in 4 transetti del Lago Maggiore. I segni indicano rispettivamente l'abbondanza delle specie: + rara, ++ presente, +++ abbondante e ++++ molto abbondante (Ludovisi *et al.*, 2004).

Specie/Transetto	1(O)	2 (N)	3 (E)	4 (S)
<i>Nymphoides peltata</i>				+++
<i>Polygonum amphibium</i>				++
<i>Trapa natans</i>	+++			
<i>Myriophyllum spicatum</i>	+	+	++	
<i>Potamogeton crispus</i>			++	
<i>Potamogeton perfoliatus</i>			++	
<i>Vallisneria spiralis</i>		+		
<i>Lagarosiphon major</i>		++	+++	
<i>Ceratophyllum demersum</i>		++		
<i>Chara</i> sp.			++	
<i>Zannichellia palustris</i>			++	

Il confronto con altri laghi dell'ambito Sud alpino è doveroso ma occorre ricordare la profonda differenza che esiste tra questi ambienti. Infatti seppur accomunati da caratteristiche climatiche, morfologiche e geografiche simili, questi ambienti presentano forti differenze dal punto di vista delle loro condizioni trofiche. Mentre il Lago Maggiore si trova in una fase storica di oligotrofizzazione, il Lago di Lugano (Ceresio) è nella condizione opposta, così come il Lago di Garda e il Lago di Iseo che tra tutti i grandi laghi della Pianura Padana presentano un trend di aumento della concentrazione del fosforo totale. Nel Lago Maggiore oggi la concentrazione di fosforo nell'acqua è scesa, dal valore massimo di circa 35 µg/l nel periodo compreso tra il 1975 e il 1980, agli attuali 10 µg/l cioè ai valori che caratterizzavano le acque lacustri negli anni 50-60. Questi livelli sono circa la metà della concentrazione presente attualmente nel Lago di Garda (circa 20 µg/l), un terzo di quella dei laghi di Como (circa 26 µg/l) e di Ginevra, un sesto di quella del Lago d'Iseo (circa 60 µg/l) ed un decimo di quella del Lago di Lugano (compreso tra 100 e 70 µg/l) (Mosello *et al.*, 2010). Il Lago di Como ed il Lago di Ginevra, che ospitano una comunità di piante acquatiche tutt'altro che sofferente, pur essendo notevolmente migliorati sotto l'aspetto della trofia, oggi hanno una concentrazione di fosforo nell'acqua che è uguale a quella che si misurava nel Lago Maggiore alla fine degli anni settanta durante il picco dell'eutrofizzazione.

Negli ultimi anni il Lago di Ginevra (GREN, 2007), di Lugano (Paltrinieri & Jean, 2002) e di Como (comunicazione personale Dott. Buzzi) sono interessati da studi sulle piante acquatiche e, potendosi avvalere anche di dati più vecchi, in tutti questi laghi è possibile effettuare un confronto critico sulla loro evoluzione. Secondo questi lavori, nel Lago di Ginevra, tra il 1997 e il 2007, si è assistito all'aumento della massima profondità di crescita passando da 6 a 10 m, un aumento della superficie colonizzata e anche ad un aumento della diversità passando da 4 a 10 specie. Nel Lago di Lugano invece, tra il 1981 e il 2002, la vegetazione non ha subito modificazioni ma si è assistito solo ad un aumento della massima profondità di crescita, passata da 5 a 7 m. Infine per il Lago di Como il confronto tra il 1985 e il 2009 non fa riscontrare alcuna differenza in termini di numero di specie ma la conferma della presenza di *Chara globularis* (Thuiller) ad una profondità di 9 m e la scomparsa di *Elodea canadensis* (Michx.) sostituita da *E. densa* (Planch.) e *E. nuttallii* ((Planch.) H.St.John). Quindi si può genericamente affermare che al di là delle differenze trofiche, indicate in precedenza, in questi 3 ambienti le specie sono di un numero compreso tra 7 e 10, con profondità massima di crescita superiore ai 7 m.

I parametri qui indicati: massima profondità di crescita e numero di specie, sono importanti indici di qualità delle acque lacustri. Infatti condizioni di trasparenza elevata aumenta la penetrazione della luce nella colonna d'acqua, permettendo alle piante di sopravvivere a profondità maggiori; siccome poi la trasparenza è direttamente legata alle condizioni di trofia delle acque è facile comprendere che, se le piante vengono rilevate a profondità maggiori, si possa affermare il generale miglioramento del lago.

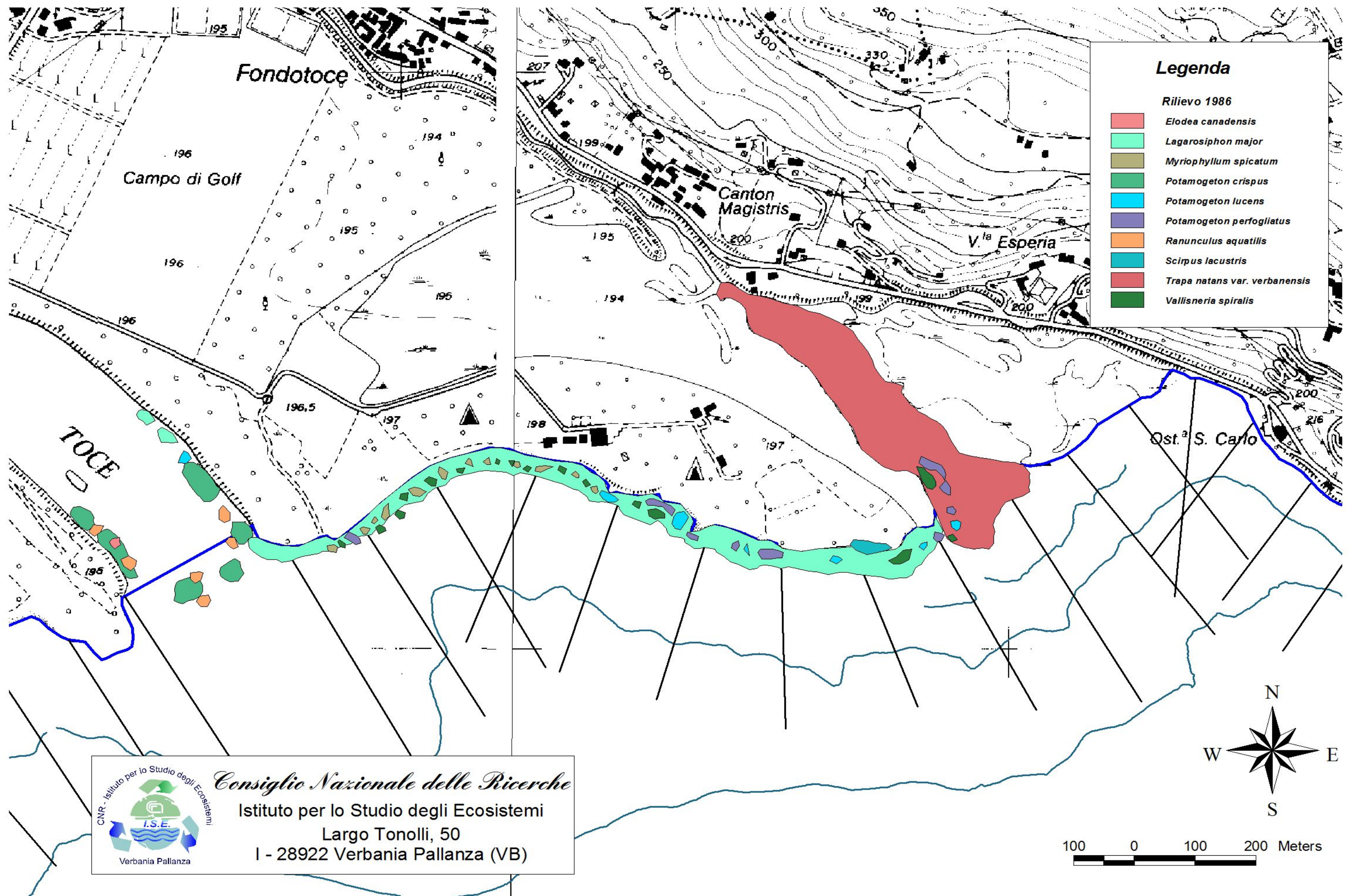


Figura 5 – Distribuzione areale delle macrofite acquatiche nella zona a ridosso del Canneto di Fondo Toce. Rilievo effettuato nel 1986.

4.2 Risultati campagna 2009

Come già accennato in precedenza il lavoro sul campo si è svolto tra i mesi di luglio e di agosto del 2009, per un periodo totale di 4 settimane di lavoro effettive. Durante questo periodo è stata verificata, come da protocollo proposto (Fig. 1), la presenza di siti omogenei dal punto di vista della composizione in specie - biocenosi - spostandosi lungo i 165 transetti (Fig. 2) dalla costa verso il punto di massima profondità fino ad una profondità massima di circa 25 m. La zona costiera è stata invece battuta completamente, da 0 a 5 m di profondità, da diverse squadre di nuotatori (Fig. 3). La mancanza quasi assoluta di una fascia di vegetazione costiera non ha permesso di svolgere la fase II del protocollo di campionamento (individuazione dei siti), preferendo svolgere una raccolta puntuale delle informazioni quali: specie, profondità, posizione geografica (GPS) e composizione del substrato, percentuale di copertura intesa come abbondanza.

La raccolta della posizione geografica di ciascun punto di campionamento, permette la realizzazione immediata di un sistema informativo geografico (GIS), dove ogni punto rappresenta la presenza di almeno una specie. Se a questa semplice informazione si aggiunge la composizione in specie in ciascun punto, la profondità di crescita e la percentuale di copertura, la conoscenza diventa completa e possono essere prodotte mappe tematiche di diverso genere. E' quindi possibile, secondo lo scopo di questo lavoro, realizzare una lista floristica delle specie presenti (Tab. 4) e una mappa di distribuzione areale delle diverse specie censite (Fig 6).

Elenco floristico

Il primo risultato del campionamento è quindi una lista floristica, che per i meno esperti si riduce ad una lista di specie. Questa però risulta avere un ruolo importante per definire il grado di modificazione di un ambiente e la sua qualità, potendo anche fornire utili informazioni per un confronto tra diversi ambienti. E' opportuno precisare però che per poter determinare il valore o la qualità di un ambiente attraverso una biocenosi (in questo caso macrofita), occorre conoscere il grado di scostamento della comunità rispetto ad una condizione inalterata; quindi conoscere la composizione in specie presente in un'ambiente non soggetto a perturbazioni. Infatti seppure per molte specie di macrofite sono ben definiti gli optimum ecologici e gli intervalli di condizioni trofiche di crescita (tra gli altri Kohler & Schneider, 2003; Lehmann & Lachavanne, 1999), questi sono molto condizionati dalla situazione climatica e dall'ecoregione (Elleberg et al., 1992). Il valore che ciascuna specie riveste nell'indicare una qualità ambientale varia molto in modo locale (Harding, 1981), per queste ragioni la conoscenza delle sole specie presenti risulta di fondamentale importanza.

Le specie ritrovate nel Golfo Borromeo durante questa campagna di rilievo sono in totale 9 (Tab. 4). Una Charophyceae (*Chara globularis* Thuiller), una Briophyta (*Fontinalis antipyretica* Hedw.) e 7 Spermatophyte, di cui 5 con forma di crescita sommersa radicata (*Myriophyllum spicatum* L., *Najas marina* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Vallisneria spiralis* L. e *Zannichellia palustris* L.), 1 infracquatica (*Ceratophyllum demersum* L.) e 1 flottante non radicata (*Lemna minor* L.).

Scorrendo la lista floristica, può essere notato come il numero di specie censite risulta essere aderente a quello riscontrato in altri laghi Sud alpini. A questa considerazione molto generica può essere accompagnata una evidenza più profonda: la forma di crescita più rappresentativa è quella delle specie

sommerse. Questo fatto indicherebbe come il lago presenti condizioni di trasparenza tali da poter supportare una popolazione di macrofite subacquee. Infatti solitamente, in condizioni di stress luminoso o di forte eutrofizzazione dove l'acqua è ricca di particelle in sospensione (soprattutto fitoplancton), la trasparenza è minima e le prime piante a scomparire sono proprio le sommerse. Indice numerico diretto di questo è la massima profondità di crescita, che nel 2009 ha raggiunto i 5,5 m, comunque inferiore a quella che è stata riscontrata per altri laghi (Ginevra, Lugano e Como).

Tabella 4 - Elenco floristico delle specie idrofite ritrovate durante la campagna di campionamento 2009.

Chara globularis (Thuiller)
Fontinalis antipyretica (Hedw.)
Myriophyllum spicatum (L.)
Najas marina (L.)
Potamogeton perfoliatus (L.)
Vallisneria spiralis (L.)
Zannichellia palustris (L.)
Ceratophyllum demersum (L.)
Lemna minor (L.)

Non avendo condizioni di riferimento è doveroso effettuare un confronto con le liste floristiche a disposizione per il Lago Maggiore, per connotare le modificazioni avvenute e per poter poi effettuare considerazioni.

E' possibile così confrontare direttamente le 3 situazioni storiche descritte in precedenza: la lista floristica composta per l'intero bacino lacustre nelle campagne realizzate tra il 1979 e il 1989, il censimento realizzato nel 1986 sulla flora del Parco di Fondo Toce e infine la campagna qui descritta e realizzata nel 2009 (Tab 5).

Tabella 5 – Confronto di liste floristiche in termini di classi, divisioni e forme di crescita.

	N° di specie censite nell'intero lago (dal 1979 al 1989)	N° specie censite a Fondo Toce (1986)	N° di specie censite nel Bacino Borromeo (2009)
Charophyceae	2	-	1
Bryophyta	1	-	1*
Spermatophyta	38	8	7
Radicata con fg flottanti	7	1	-
Sommerse	27	7	6
Infracquatiche	2	-	-
Flottanti libere	2	-	1
TOTALE	41	8	9

* raccolta sul fiume Toce

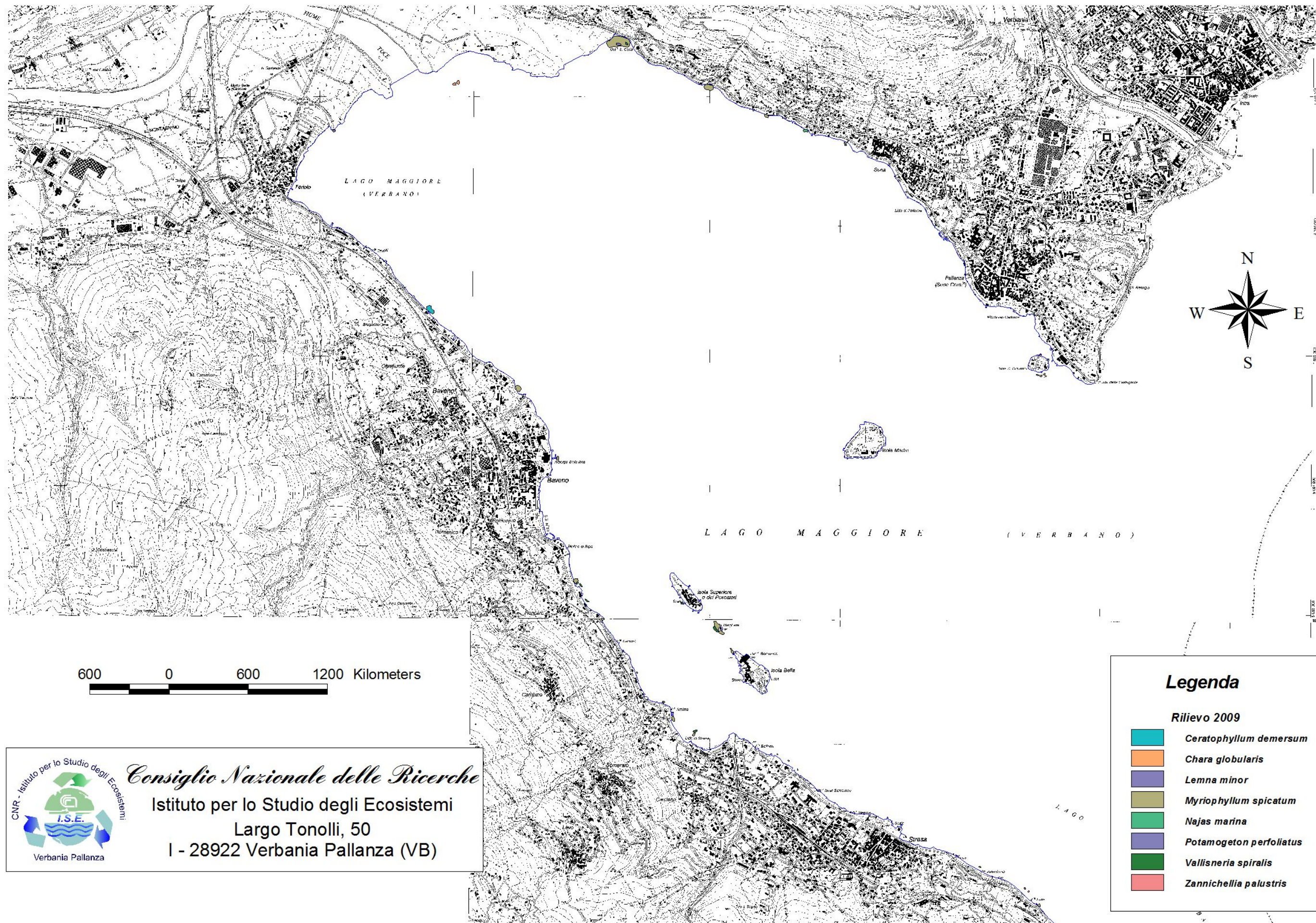


Figura 6 - Distribuzione areale delle macrofite acquatiche nelle Bacino Borromeo. Rilievo effettuato nel 2009.

Dalla tabella riportata qui sopra è possibile notare come il numero di specie risulta oggi essere molto diverso tra il decennio '79-'89 e lo stato attuale, ma è superiore, seppure di una sola unità, alla condizione riscontrata nel 1986 nello stesso bacino Borromeo. Considerando poi la possibile raccolta accidentale sia di *Fontinalis antipyretica* (Hedw.) che è una pianta tipicamente di ambienti lotici, anche a forte scorrimento, sia di *Lemna minor* (L.) che ha preferenza verso acque molto calme; il numero di piante censite e tipiche dell'ambiente lacustre risulta in realtà essere inferiore a quello del 1986.

La considerazione che si può trarre dalla lista floristica è di una situazione inalterata rispetto al 1986, sia in termini assoluti di numero di specie che di suddivisione di queste rispetto alla forma di crescita. Un semplice elenco di specie infatti non permette di comprendere a pieno le effettive modificazioni che sono intervenute nel tempo, mentre il collocare spazialmente e in modo areale permette di approfondire le conoscenze di eventuali cambiamenti della flora macrofita.

Distribuzione areale

Un forte valore aggiunto alla campagna svolta, rispetto alle indagini storiche, è stata la realizzazione di una carta di distribuzione areale. Infatti solo questa informazione permette di fornire, se confrontata con future indagini, indicazioni reali sullo stato di salute dei diversi habitat dell'ambiente lacustre.

La distribuzione delle specie può essere considerata come elaborazione delle informazioni relative alla posizione di ciascuna specie e aggiunge conoscenza alla semplice lista di specie (Tab. 6).

Tabella 6 - Elenco floristico e area (m²) occupata delle specie idrofite censite nel 2009 nel Bacino Borromeo. Riferirsi alla figura 6 per la distribuzione areale.

Specie	Area (m ²)
<i>Chara globularis</i> (Thuiller)	866
<i>Fontinalis antipyretica</i> (Hedw.)	-
<i>Myriophyllum spicatum</i> (L.)	23742
<i>Najas marina</i> (L.)	1265
<i>Potamogeton perfoliatus</i> (L.)	572
<i>Vallisneria spiralis</i> (L.)	2170
<i>Zannichellia palustris</i> (L.)	375
<i>Ceratophyllum demersum</i> (L.)	2121
<i>Lemna minor</i> (L.)	358
TOTALE	31'469

La figura 6 rappresenta molto bene la scarsità di specie macrofite rilevata nel 2009. Le specie più importanti, in termini di superficie occupata, sono *Myriophyllum spicatum* (L.), *Ceratophyllum demersum* (L.) e *Vallisneria spiralis* (L.) (schede in appendice), tutte caratteristiche di ambienti da mesotrofi ad eutrofi anche stagnanti. Se sicuramente il Lago Maggiore non può essere considerato in condizioni di trofia media o elevata, è possibile ugualmente affermare come queste piante possano sopportare stress ambientali molto elevati (come quello trofico) e che quindi siano in grado di sopravvivere e accrescersi anche in condizioni in un certo senso estreme.

Una considerazione ulteriore può essere fatta in termini assoluti di superficie occupata. Infatti se consideriamo che le specie sommerse ritrovate colonizzano una fascia di profondità compresa tra i 0,5 m e i 5,5 m, è possibile individuare una fascia di superficie potenziale di crescita di circa 800'000 m². Da questa

superficie totale è però opportuno eliminare circa 180'000 m² di substrato roccioso o comunque con substrato meno adatto alla crescita da parte di piante acquatiche, la superficie potenziale quindi può ridursi a circa 620'000 m². L'areale attuale (Tab. 6) dalle piante risulta essere quindi il 20 % di quello che potrebbe essere occupato.

E' percentualmente rilevante anche la differenza che si viene a riscontrare effettuando il confronto tra l'areale occupato nel 1986, nella sola costa di Fondo Toce, e quello attualmente occupato. Infatti se prima, in una area con uno sviluppo di costa di 1500 m le piante occupavano una superficie pari a circa 128'000 m², ora su una costa 6 volte superiore (10 km) le piante occupano poco meno di 31'500 m².

Infine è da segnalare la totale assenza, nel 2009, di *Trapa natans* var. *verbanensis* nel canale di Mergozzo e nella sua parte lacuale. Fatto anch'esso di notevole rilevanza in quanto questa specie, come tutte le castagne d'acqua, presenta una modalità di riproduzione che avviene principalmente a carico di grossi semi: questi rimangono quiescenti per poi accrescersi nella stagione favorevole l'anno successivo. La mancanza di sviluppo in un anno potrebbe provocare la mancata produzione di una intera generazione di semi, con conseguenze sulla futura distribuzione e sviluppo di questo endemismo. La sua diminuzione in questi anni non può essere provata, ma l'intensa pressione da parte della popolazione di **nutria** (*Myocastor coypus*) presente nel parco di Fondo Toce è probabilmente la causa principale della mancata crescita.

5. Conclusioni

Il lavoro svolto presenta una assoluta novità nell'ambito del panorama delle ricerche sul Lago Maggiore.

Dopo i primi studi che hanno dato come risultati solo liste floristiche, tutte le ricerche effettuate negli ultimi 25 anni hanno affrontato la flora macrofitica, oltre che stilare liste floristiche, solo dal punto di vista della distribuzione di metalli e il loro bioaccumulo nei tessuti vegetali.

Poco è stato fatto anche su altri ambienti lacustri di morfologia paragonabile, che sono comunque pochi nell'ambito dell'Europa Occidentale e solo con il recepimento della Direttiva Europea sulle Acque (Water Framework Directive - WFD 2000/60) in Italia e all'estero sono iniziati censimenti mirati a raccogliere informazioni complete e diffuse in un campo dove le conoscenze erano limitate a lavori molto specifici e a pochi ambienti.

Il quadro che questo lavoro delinea per il bacino Borromeo del Lago Maggiore è di una decisa riduzione, ai limiti della totale scomparsa, di tutta la biocenosi macrofitica. Questa è un anello di fondamentale importanza come bioindicatore, come zona tampone tra la riva e la zona pelagica, come fattore di competizione con gli altri produttori primari - fitoplancton - ma in particolare come ambiente di riproduzione, sviluppo, alimentazione e rifugio di moltissime specie di pesci, ma anche di macroinvertebrati. Quindi la riduzione del numero di specie, ma soprattutto la mancanza assoluta, per più del 70% della zona costiera considerata, della flora macrofitica comporta da un lato la perdita di microhabitat e dall'altro di una componente primaria nel contesto lacustre.

Il contesto, in termini di conoscenze, dove questo lavoro si inquadra è anch'esso poco confortante. Infatti se, come è facilmente riscontrabile, l'Istituto Italiano di Idrobiologia prima e successivamente l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi hanno raccolto serie storiche molto lunghe per una quantità molto elevata di parametri limnologici nessun dato è sufficiente a spiegare il fenomeno qui descritto. Spesso le ricerche chimico-fisiche svolte fino ad oggi erano mirate a raccogliere informazioni relative ad ambiti diversi da quelli della flora acquatica, così di volta in volta venivano effettuate analisi di elementi chimici (es. metalli, DDT) dei quali alcuni vengono indicati dalla bibliografia come non nocivi allo sviluppo delle specie vegetali.

La ricerca svolta non ha avuto come obiettivo di individuare le cause dell'enorme riduzione delle piante acquatiche, ma di evidenziare quella che era ormai da tempo considerata una evidenza. Naturalmente abbiamo sempre considerato di primaria importanza cercare le cause che hanno determinato l'evento qui descritto, infatti senza dati raccolti appositamente possono essere fatte solo delle ipotesi che in modo concomitante abbiano determinato la rarefazione delle piante acquatiche. Possiamo elencare alcune cause che direttamente hanno potuto provocare la diminuzione quali:

1. consumo da parte di erbivori come uccelli acquatici (es. folaghe), nutrie, gambero rosso americano e pesci fitofagi;
2. sfalci e estirpazioni che hanno interessato porti, darsene, campeggi e rive frequentate per la balneazione;
3. versamenti sistematici, accidentali o deliberati di sostanze chimiche;

e cause indirette, quali:

1. sottrazione di aree litorali per costruzioni che hanno modificato il substrato e il rapporto con la parte spondale;
2. variazioni dei livelli;
3. cambiamenti climatici.

6. Azioni future

Individuare l'effettiva validità di queste ipotesi o formularne altre è possibile solo attraverso la realizzazione di studi sulle piante acquatiche. Per questo ipotizziamo azioni future quali:

1. verificare l'effettiva impossibilità da parte delle piante di svilupparsi su sedimenti prelevati nel Golfo Borromeo;
2. completare il monitoraggio dell'intera superficie del Lago Maggiore;
3. individuare zone di particolare interesse da monitorare nel tempo;
4. testare la crescita di alcune specie in ambienti controllati;
5. tentare una reintroduzione, es. *Trapa natans* var. *verbanensis* a Fondo Toce da concordare con i gestori;
6. delimitare aree protette per il reimpianto controllato di alcune specie;
7. confrontare con altre realtà/ricercatori esteri e italiani.

7. Bibliografia

- CIS, 2003. Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential. Working Group 2.A, Ecological Status (ECOSTAT). Final version, 5 November 2003. 47 pp.
- De Notaris, G. 1875. Descrizione di una nuova specie del genere *Trapa* trovata ne seno d'Angera, al Lago Maggiore. *Atti della Reale Accademia dei Lincei*, Tomo III (Serie II).
- den Hartog C., 1981. Synecological classification of aquatic plant communities. *Colloques phytosociologiques*, 10: 171-182.
- den Hartog C., Segal S., 1964. A new classification of the water plant communities. *Acta Botanica Neerlandica*, 13: 367-393.
- Deppe, E.R. & R.C. Lathrop. 1992. A comparison of two rake sampling techniques for sampling aquatic macrophytes. *Research Management Findings*, 32:
- Directive of the European Parliament and of the Council 23 October 2000 n. 60. Framework for Community action in the field of water policy. Official Journal European Communities n. 327, 22/12/2000: 72 pp.
- Duigan, C., W. Kovach & M. Palmer. 2006. Vegetation communities of British lakes: a revised classification.
- Dutton, H.J. & Chancey, J. 1944. Chromatic Adaptation in Relation to Color and Depth Distribution of Freshwater Phytoplankton and Large Aquatic Plants. *Ecology*, 25 (3): 273-282.
- Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W. Werner, & D. Paulissen. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18: 1-258.
- Gommes, R. & H. Muntau. 1975. La flore et la vegetation aquatiques des bassins sud et de Pallanza du lac Majeur. 1: Observations preliminaires. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 32: 221-243.
- GREN. 2007. Etude de la végétation macrophytique du Léman. Rapport d'étude préliminaire. 23 pp.
- Guilizzoni, P. & G. Galanti. 1989. Biomass, primary production and nutrient movements in the Fondo Toce wetland (Pallanza basin-Lago Maggiore). *Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 46: 197-234.
- Guilizzoni, P. 1991. The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submersed macrophytes. *Aquatic Botany*, 41: 87-109.
- Guilizzoni, P., G. Galanti & H. Muntau. 1989. The aquatic macrophytes of Lake Maggiore: species composition, spatial distribution and heavy metal concentrations in tissue. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 46: 235-260.
- Harding, J. P. C. 1981. Macrophytes as monitors of river quality in the southern N.W.W.A. area. North West Water Authority (Rivers Division), Technical Support Group. Ref. No. TS-BS-81-2. England.
- Hawes, I., T. Riis, D. Sutherland & M. Flanagan. 2003. Physical Constraints to Aquatic Plant Growth in New Zealand Lakes. *J. Aquat. Plant Manage.*, 41: 44-52.

- Hudon, C., S. Lalonde & P. Gagnon. 2000. A model of aquatic plant biomass ranking the effects of site exposure, plant growth form, water depth and transparency. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 57 (1): 31-42.
- Keskinkan, O., M.Z.L. Goksu, A. Yuceer, M. Basibuyuk & Forster C.F. 2003. Heavy metal adsorption characteristics of a submerged aquatic plant (*Myriophyllum spicatum*). *PROCESS BIOCHEMISTRY*, 39 (2): 179-183.
- Kohler, A., & Schneider, S. 2003. Macrophytes as bioindicators. *Archiv fur Hydrobiologie*, 147(1-2): 17-31.
- Lachavanne, J.B. & J. Perfetta. 1981. Étude des macrophytes des lacs del Lugano (Ceresio) et Majeur (rives Suisses). Université de Genève. 127 pp.
- Lachavanne, J.B. & R. Wattenhofer. 1975. Contribution à l'étude des macrophytes du Léman. Conservatoire botanique de Genève, Genève.
- Lakes Intercalibration Expert. (non pubbl.). Draft Report from Macrophyte Group. Lakes Intercalibration Expert Workshop. Ispra (VA) 26-27 October 2006.
- Lang, G. 1967. Die Ufervegetation des westlichen Bodensees. *Arch. Hydrobiol.*, 32(4): 437-574.
- Lehmann, A. 1998. GIS modeling of submersed macrophyte distribution using Generalized Additive Models. *Plant Ecology*, 139: 113-124.
- Lehmann, A., & Lachavanne, J. B. 1999. Changes in the water quality of lake Geneva indicated by submerged macrophytes. *Freshwater Biology*, 42(3), 457-466.
- Ludovisi, A., P. Pandolfi & M.I. Taticchi. 2004. A proposed framework for the identification of habitat utilization patterns of macrophytes in River Po catchment basin lakes (Italy). *Hydrobiologia*, 523: 87-101.
- Melzer, A. 1999. Aquatic macrophytes as tools for lake management. *Hydrobiologia*. 395/396: 181-190.
- Mosello, R., W. Ambrosetti, S. Arisci, R. Bettinetti, F. Buzzi, A. Calderoni, E. Carrara, R. de Bernardi, S. Galassi, L. Garibaldi, B. Leoni, M. Manca, A. Marchetto, G. Morabito, A. Oggioni, R. Pagnotta, D. Ricci, M. Rogora, N. Salmaso, M. Simona, G. Tartari, M. Veronesi & Volta P. 2010. *Biologia Ambientale*, 24 (1): 1-11.
- Müller T., 1992. Klasse: Lemneta (Lemneta minoris). In: Oberdorfer E. (Editor). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*, Teil I, 3. Aufl., Fischer, Stuttgart: 67-77.
- Nichols, S., S. Weber & B. Shaw. 2000. A proposed aquatic plant community biotic index for Wisconsin Lakes. *Environmental Management*, 26 (5): 491-502.
- Palmer, M., S.A. Bell & I. Butterfield. 1992. A botanical classification of standing waters in Britain: applications for conservation and monitoring. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2: 125-143.
- Paltrinieri, L. & B. Jean. 2002. Macrofite del Lago Ceresio: studio dei popolamenti e della distribuzione alla luce della nuova situazione trofica del lago, rive svizzere e rive di Campione d'Italia. *Bollettino Società Ticinese Scienze Naturali*, 90 (1-2): 113-124.
- Pignatti, S. 1992. La Flora d'Italia. Edagricole, 3 voll.
- Ramade, F. 1974. *Eléments d'écologie appliquée*. Ediscience/McGraw-Hill, Paris. 522 p.

Schaumburg, J., C. Schranz, G. Hofmann, D. Stelzer, S. Schneider & U. Schmedtje. 2004. Macrophytes and phytobenthos as indicators of ecological status in Germany lakes -a contribution to implementation of the Water Framework Directive. *Limnologica*, 34: 302-314.

Schröter, C. & E. Wilczek. 1904. Notice sur le flore littorale de Locarno. *Bollettino della Società ticinese di Scienze Naturali*, 1: 8-20.

Schutten, J., J. Dainty & A.J. Davy. 2004. Wave-induced Hydraulic Forces on Submerged Aquatic Plants in Shallow Lakes. *Annals of Botany*, 93: 333-341.

Sculthorpe, C.D. 1967. The biology of aquatic vascular plants. Arnold, London, XVIII + 610 p.

Stelzer, D., S. Schneider & A. Melzer. 2005. Macrophyte-Based Assessment of Lakes -a contribution to the implementation of European Water Directive in Germany. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 90 (2): 223-237.

Vis, C., C. Hudon & R. Carignan. 2003. An evaluation of approaches used to determine the distribution and biomass of emergent and submerged aquatic macrophytes over large spatial scales. *Aquatic Botany*, 77: 187-201.

Wallin et al. 2002. River and lakes - Typology, reference conditions and classification systems. Guidance document n. 10. 94 pp.

Allegato - Schede macrofite

Myriophyllum spicatum (L.)



©Alessandro Oggioni



©Alessandro Oggioni

Millefoglio d'acqua comune

DESCRIZIONE: Fusto molle, flessuoso, di circa 5 mm di diametro. Foglie pennate, suddivise in 15-35 segmenti, disposte in verticilli di 4. Fiori maschili, ermafroditi e femminili anch'essi in verticilli di 4, su un'infiorescenza a spiga, emersa, lunga da 3 a 10 cm; i primi disposti superiormente e gli ultimi inferiormente. Il frutto è uno schizocarpo di 2-3 mm, che a maturazione si apre liberando quattro nucule indeiscenti contenenti un solo seme.

CRESCITA: Pianta perenne che sopravvive durante la stagione invernale, come tale o come frammenti di stelo originatisi dal disfacimento della pianta madre; in condizioni ambientali sfavorevoli vengono prodotti anche turioni. La crescita vegetativa inizia in primavera quando l'acqua raggiunge la temperatura di circa 15 °C. Quando gli steli raggiungono il pelo dell'acqua, ramificano abbondantemente fino a formare un denso tappeto in superficie sotto il quale persistono gli steli verticali quasi privi di foglie. La fioritura avviene da Giugno a Settembre; sebbene la pianta cresca fino a 3-4 m di profondità, circa il 75% della biomassa complessiva si concentra nei primi 50 cm al di sotto del pelo dell'acqua. La crescita aumenta con l'aumentare della temperatura, almeno fino a 32 °C. Alla fioritura segue la frammentazione e quindi il decadimento. In acque basse, la fioritura è precoce e dopo la frammentazione la pianta ricresce fino a determinare, a breve distanza di tempo, un secondo picco di biomassa e quindi una nuova fioritura seguita da una nuova frammentazione e quindi dal definitivo decadimento autunnale. Molte popolazioni fioriscono e producono semi soltanto nei primi anni successivi all'insediamento in una determinata zona verosimilmente allo scopo di accelerare il processo di colonizzazione e di espansione. Di norma, il decadimento autunnale non interessa tutti gli individui di una popolazione cosicché alcune piante, pur riducendo la biomassa, si conservano in uno stato di quiescenza fino alla primavera successiva.

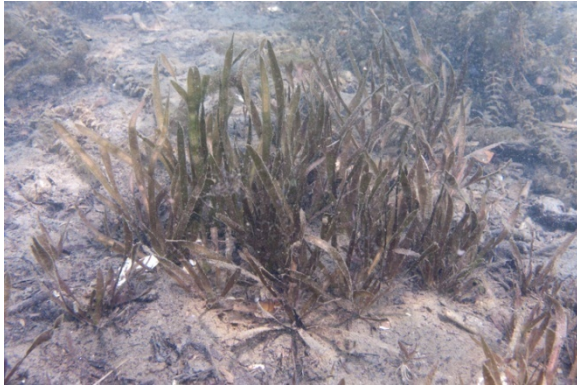
HABITAT: Acque lente o stagnanti, meso-eutrofe, molto alcaline e calcaree; substrato da fine a grossolano con un contenuto di sostanza organica compreso tra il 10 e il 25% del peso secco.

FAMIGLIA: Haloragaceae

SPECIE: *Myriophyllum spicatum*
(L.)

FORMA DI COLONIZZAZIONE: Sommersa
radicata

Vallisneria spiralis (L.)



©Alessandro Oggioni



©Alessandro Oggioni

Vallisneria

DESCRIZIONE: La pianta è acquatica, erbacea perenne, sommersa, d'acqua dolce; è costituita da un cespo basale, dal quale si diparte un fascio di foglie a colore verde chiaro o rossiccio, a forma di nastro rettilineo, lunghe da 600 a 900 mm, larghe da 15 a 18 mm, la foglia è dotata di evidenti nervature longitudinali parallele (da tre a nove), l'estremità delle foglie è spesso dotata di ciglia, e di margini dentellati.

CRESCITA: . Data la preferenza di habitat in canali limpidi poco profondi e lentamente fluenti, la vegetazione a Vallisneria ha spesso l'aspetto di uno strato tappezzante di nastri verdi allineati nel senso della corrente. La specie è una vera pianta a fiore, ed è dioica, cioè i fiori maschili e femminili sono alloggiati su piante diverse. Il nome specifico della pianta (*spiralis*) deriva dal fatto che la pianta femminile produce un lungo stelo (fino ad un metro ed oltre) filiforme con forma a spirale, alla estremità del quale è alloggiato, racchiuso in una teca, il fiore femminile. Trascinato dalla corrente il fiore, fissato allo stelo, galleggia, la teca si apre ed espone all'aria gli stigmi. Dalla pianta maschile si staccano, dalla base del cespo, racchiusi in una teca galleggiante, i fiori maturi maschili; giunti in superficie la teca galleggiante si apre ed espone gli stami. Il fiore maschile si sposta con la corrente, o è portato dal vento, e va ad urtare i fiori femminili che sono invece trattenuti dal filamento, così il fiore femminile è impollinato. Dato il meccanismo di impollinazione legato al movimento dell'acqua e del vento, i fiori sono piccoli ed assolutamente irrilevanti come vistosità e bellezza. Dal fiore fecondato si sviluppa il frutto, il filamento della pianta femminile che ora trattiene il frutto stringe la spirale sempre di più e lo richiama verso il fondo, dove matura e libera i numerosi piccoli semi contenuti. La riproduzione sessuale in acquario è piuttosto difficile. La pianta si moltiplica intensamente anche mediante stoloni.

HABITAT: Diffusa in tutta la pianura padana. Particolarmente indicatrice di acque da oligo a mesotrofe.

FAMIGLIA: Alismataceae

SPECIE: *Vallisneria spiralis* (L.)

FORMA DI COLONIZZAZIONE: Sommersa radicata

Ceratophyllum demersum (L.)

Ceratofillo comune

DESCRIZIONE: Fusto flessuoso con un diametro di circa 5 mm, lungo fino a 3 m. Foglie rigide, divise in 2-4 segmenti lineari dentato-spinosi, larghe circa 1 mm e lunghe 10-20 mm, raccolte in verticilli di 4-12. Radici assenti; talvolta alcune parti dello stelo si modificano in rizoidi che svolgono essenzialmente una funzione di ancoraggio. Fiori unisessuali, poco consistenti e sommersi. Il frutto è una noce elissoide, contenente un solo seme, lunga 4-6 mm, dotata di 3 spine delicate più lunghe del frutto stesso.

CRESCITA: Pianta perenne la cui forma invernale è costituita da apici quiescenti, lunghi una decina di centimetri che portano foglie sottili, fragili ed estremamente addensate. La crescita incomincia in tarda primavera inizio estate quando la temperatura dell'acqua raggiunge i 20 °C e termina in autunno. La pianta, priva di radici, ramifica abbondantemente e tende a concentrare la biomassa verso la superficie dell'acqua dove forma dei veri e propri ammassi galleggianti. La formazione degli apici quiescenti, che rappresentano il principale sistema di propagazione della specie, avviene in autunno, quando la temperatura inizia a diminuire; questi cadono sul fondo in seguito al disfacimento della pianta madre. La fioritura è molto rara. L'impollinazione avviene in acqua: gli stami maturi raggiungono la superficie dell'acqua ed in seguito si aprono rilasciando il polline che sedimentando lentamente entra in contatto con gli stimmi dei fiori femminili.

HABITAT: Ambienti mesotrofi ed eutrofi ricchi di azoto, con pH compreso tra 7 e 9.



©Alessandro
Oggioni

FAMIGLIA: Ceratophyllaceae

SPECIE: *Ceratophyllum demersum*
(L.)

FORMA DI COLONIZZAZIONE:
Infracquatica