Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali

Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali

Band: 104 (2016)

Artikel: Monitoraggi floristici alle Bolle di Magadino (cantone Ticino, Svizzera) : Variazione del livello del lago e tendenze evolutive delle associazioni palustri

Autor: Meyer-Grass, Martin / Patocchi, Nicola

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1002990

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Monitoraggi floristici alle Bolle di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera) Variazioni del livello del lago e tendenze evolutive delle associazioni palustri

Martin Meyer-Grass[1] e Nicola Patocchi[2]

[1] **CH-7252 Klosters Dorf, Svizzera**
[2] **Fondazione Bolle di Magadino, CH-6573 Magadino, Svizzera**

fbm@bluewin.ch

Riassunto: Viene indagata la variazione media del livello del lago Maggiore dal 1976 fino ad oggi allo scopo di verificarne l'andamento e correlarlo con le tendenze evolutive osservate nei rilievi della vegetazione palustre eseguiti nello stesso periodo. In 40 anni la media dei livelli è cambiata poco, ma nelle fasi stagionali si manifesta una chiara tendenza all'abbassamento nel periodo estivo-autunnale (Agosto-Ottobre) e ad un aumento in inverno (Novembre-Gennaio). Il periodo primaverile è variabile (più secco nella decade 1996-2005 per tornare ad essere simile agli anni '70-'80 negli ultimi 10 anni). Sull'arco di quarant'anni le composizioni specifiche dei cariceti si sono modificate. La vegetazione manifesta pure una tendenza relativamente più secca. La forte avanzata della Cannuccia di palude (*Phragmites australis*) verso l'entroterra è diventato un fattore d'influenza importante, che potrebbe essere contrastato con una maggiore pressione di gestione (sfalci). Le variazioni medie dei livelli osservate non sono quindi da ritenersi il fattore principale di cambiamento. Vista la sensibilità del sistema, la modifica del regime di regolazione in atto dal 2015 (con sperimentazioni dal 2011) apre interrogativi importanti sulle trasformazioni future delle paludi.

Parole chiave: analisi idrografiche, lago Maggiore, successione, quadrati permanenti, paludi, riserva naturale, monitoraggio a lungo termine

Floristic monitoring at the Bolle di Magadino (Canton Ticino, Switzerland). Lake level changes and trend of the marshland vegetation development

Abstract: Average water level variation of Lake Maggiore from 1976 to present-day was studied in order to verify its progress and correlate it with evolutionary trends observed in wetland vegetation surveys carried out in the same period.
In 40 years average levels have changed little, but during seasonal phases manifested a clear tendency to drop in the summer-autumn period (August-October), and rise in winter (November to January). Springtime is generally variable (drier in the decade from 1996 to 2005 to return to be similar to the 70s and 80s in the last 10 years). Over a period of forty years the specific composition of marsh meadows has changed. The vegetation also manifests relatively drier characteristics. The strong advance of Common Reed (*Phragmites australis*) inland has become an important influencing factor, which could be contrasted with intensified mowing as a management strategy. Average variation in observed levels is therefore to be not considered as the main factor of change. Given the sensitivity of the system, modification of the water level control regime in place since 2015 (with experiments from 2011) opens up important questions about future transformations of the wetlands.

Keywords: hydrographic analysis, Lake Maggiore, succession, wetlands, nature reserve, permanent sampling plots, long-term survey

INTRODUZIONE

La vegetazione palustre è determinata dalla presenza per periodi più o meno lunghi di acqua negli orizzonti superficiali e/o in sommersione. Esiste dunque una relazione precisa tra quota (che esprime pure la distanza dal limite superiore della falda freatica o dello specchio d'acqua – nelle paludi delle Bolle la falda è data dal livello del lago) e associazione palustre.
In Patocchi et al. (2014) sono stati presentati e discussi i rilievi della vegetazione nei quadrati permanenti presenti nelle Bolle di Magadino già dal 1978. Una ventina di stazioni di paludi aperte sono state rilevate a intervalli irregolari e coprono il periodo 1978-1985 e in seguito nel 2002 e nel 2012.
In base ai spettri specifici rilevati sono stati evidenziati due gruppi di stazioni che evidenziano una forte trasformazione interna (tra specie nuove e specie non più osservate nel quadrato di rilievo). Sono le stazioni poste alle quote più basse e alle quote più alte della fascia

palustre che presentano le trasformazioni maggiori; meno evidenti (non per forza più stabili) sono invece le modifiche nelle stazioni centrali. Risultano tre gruppi di vegetazione (GV) distinti nelle rispettive fasce di quota (m s.l.m.):

- Gruppo GV1: si situa nella fascia di quota 193.49-193.70 m s.l.m.
- Gruppo GV2: si situa nella fascia di quota 193.74-194.05 m s.l.m.
- Gruppo GV3: si situa nella fascia di quota 194.11-194.55 m s.l.m.

I tre gruppi interessano l'intera sponda lacuale della riserva e non distinguono settori rispetto ad altri. Infatti le superfici che si trovano nelle zone Pozzaccio (Nord), Bolla Rossa (centro) e Piattone (Sud) si distribuiscono nei tre gruppi in modo indistinto.

Si è constatato che la composizione delle specie e il loro grado di copertura al suolo si è fortemente evoluta nel corso del periodo di osservazione, durato oltre 30 anni. In questo studio si tratta di approfondire se nel corso di 40 anni si possono evidenziare dei cambiamenti nei livelli medi del lago che permettano di comprendere dettagliatamente le trasformazioni osservate:

- I livelli medi del lago si sono modificati negli ultimi 40 anni?
- Si riscontrano in generale delle condizioni di maggiore umidità?
- In che misura la vegetazione reagisce alle oscillazioni del livello del lago?
- Qual è il ruolo della gestione applicata finora?

Il presente contributo, incentrato sull'analisi dei dati idrografici, si basa su di uno studio preliminare esplorativo realizzato da Meyer-Grass (2014).

MATERIALE E METODI

Per l'analisi dei livelli del lago si è considerato il periodo tra il 1976 e il 2015 (fino a ottobre 2015). I dati di base sono forniti dai rilievi medi mensili registrati dall'Ufficio federale dell'ambiente presso la stazione di misura di Locarno (www.hydrodaten.admin.ch/it/2022.html, grado di precisione dei livelli pari a 1 cm).

Al fine di eseguire le prime analisi sull'andamento del livello del lago, si sono definiti quattro blocchi di 10 anni ciascuno: decade 1976-1985, decade 1986-1995, decade 1996-2005 e decade 2006-2015. La descrizione dell'andamento del livello del lago e della distribuzione dei livelli in questi 4 periodi è stata eseguita per mezzo dell'analisi Box-plot dei dati mensili medi degli stessi anni.

Per un'analisi più affinata dei livelli del lago e delle sue variazioni nel corso dell'anno, i quattro blocchi sono stati suddivisi ulteriormente in quattro blocchi mensili ciascuno (febbraio-aprile, maggio-luglio, agosto-ottobre e settembre-gennaio). Anche in questo caso la valutazione è stata eseguita tramite un'analisi Box-plot sulla base dei dati medi mensili. Le tendenze sono state elaborate con un'analisi regressiva.

Le analisi successive si sono focalizzate nelle fasce di quota di GV1, GV2 e GV3, cioè sulle quote 193.49-193.70 m s.l.m., 193.74-194.05 m s.l.m. e 194.11-194.55 m s.l.m. A tale scopo, l'ambito di variazione dei livelli (quota 192.00-195.29 m s.l.m.) è stato suddiviso in 11 sottogruppi. Per mezzo di un'analisi della frequenza si è individuato quanto spesso determinati gruppi di livello appaiono in una determinata unità di tempo, ad esempio in un anno o in un mese.

Per ogni anno e specifico sottogruppo di quota per livello del lago misurato, si è poi ricavato il numero di risposte pertinenti. Questo numero si colloca tra lo 0 (non avvenuto) e un numero superiore, ma la somma risulta sempre 12 (in corrispondenza a 12 mesi). Un'analisi simile è stata applicata alle decadi per ogni mese. In questo caso, però, la somma delle risposte pertinenti è sempre 10.

Per decade infine si è ricavato la durata delle esondazioni per le fasce di quota dei gruppi di vegetazione (GV1, GV2 e GV3) sulla base delle risposte pertinenti ottenute e da ciò si sono definiti i cosiddetti gradi di umidità. Per l'analisi annuale si è ricavato il numero di risposte pertinenti, lo si è diviso per 12 e moltiplicato per 100.

I livelli di umidità sono stati definiti nel modo seguente:

1 secco (< 30% bagnato)
2 piuttosto secco (30-39% bagnato)
3 parzialmente umido (40-49% bagnato)
4 umido (50-59% bagnato)
5 umido a bagnato (60-69% bagnato)
6 bagnato, in parte sommerso (70-79% bagnato)
7 sommerso (> 80% bagnato)

La determinazione dei livelli di umidità mensili è avvenuta con lo stesso processo.

Per mezzo del programma VEGEDAZ sviluppato dall'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL si è analizzata la similitudine floristica dei rilievi della vegetazione nei quadrati di osservazione permanenti negli anni 1978-2012 determinando la similitudine con il coefficiente di Van der Maarel. Il coefficiente di similitudine così ricavato non tiene in considerazione soltanto la presenza o assenza di una specie, ma anche il grado di copertura al suolo. Con la successiva analisi (*Average Linkage Clustering*) i rilievi sono stati raggruppati in base alla loro similitudine floristica. Per ogni quadrato permanente si ottiene un dendrogramma che rappresenta la similitudine dei rilievi nell'arco di diversi anni.

Per rappresentare le similitudini di tutti i rilievi dei quadrati permanenti nell'arco di tempo dal 1978 al 2012, per ogni quadrato permanente si è rappresentato il coefficiente medio di similitudine. Secondo Wildi (1990) è accertato che i rilievi della vegetazione della stessa unità mostrano un coefficiente di similitudine tra 0.5 e 1.0. Se si parte dal presupposto che nella fascia intermedia tra 0.4 e 0.6 non si possono fare affermazioni sicure, per i gruppi di tendenza risultano le seguenti gradazioni:

- valori < 0.4: probabilmente modifiche irreversibili
- valori tra 0.4 e 0.6: modifiche vaghe, possibili
- valori > 0.6: tendenzialmente nessun cambiamento.

Queste soglie prestabilite permettono di formulare ipotesi circa la stabilità delle unità di vegetazione rilevate negli anni tra il 1978 e il 2012.

RISULTATI

Andamento del livello del lago nell'arco di quattro decadi (1976-2015)

Per quel che riguarda la vegetazione dei quadrati permanenti, la questione da porsi è se l'andamento del livello del lago sia diverso nelle sue fluttuazioni nel periodo tra il 1978 e il 1985 (prima serie di rilievi della vegetazione) e nei periodi dei rilievi successivi (2002 e 2012).
Analizzando i valori medi mensili del livello del lago nel periodo 1976-2015 non è possibile rispondere a tale quesito (risultati non esposti). Emerge comunque una leggera maggior variabilità a partire dal 1989 della variazione dei livelli mensili e una flessione della curva verso un livello medio del lago inferiore.
L'analisi Boxplot per decade (Fig. 1) permette di eseguire una valutazione differenziata. In tutte le quattro decadi il valore mediano si colloca all'interno della fascia di quota del GV1 (193.49-193.70 m s.l.m.). In ogni decade, il quartile superiore di tutte le box raggiunge l'ambito del GV2 (193.74-194.05 m s.l.m.). Tuttavia, in ogni decade il quartile inferiore si colloca più in basso rispetto al livello del GV1. Un dato importante rispetto alle oscillazioni del livello del lago è la distanza tra gli interquartili dei vari box (la grandezza dei box che rappresentano il 50% di tutti i dati annuali).

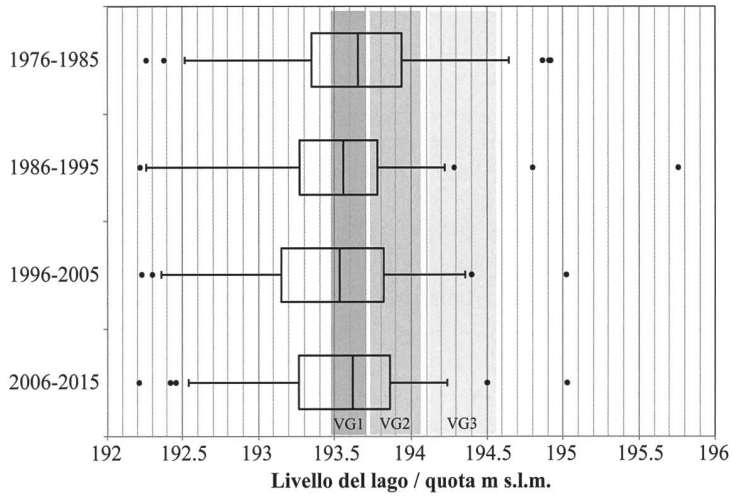

Figura 1: Livello del lago in m s.l.m. nell'arco delle quattro decadi 1976-2015. Le tonalità di grigio corrispondono alle fasce di quota dei gruppi di vegetazione GV1, GV2 e VG3 (vedi Introduzione).

Nel periodo 1976-85 questa oscillazione misura 60 cm, per poi diminuire a 51 cm nella decade successiva (1986-95). Nella decade 1996-2005 questo valore sale nuovamente a 67 cm, per poi diminuire nella decade 2006-15 fino a 61 cm. Per quel che riguarda le oscillazioni massime del livello del lago, la decade 1986-95 si colloca al primo posto con 354 cm, seguita dalla decade 2006-15 con 282 cm. Molto simile a questo dato è quello di 279 m della decade 1996-2005. Il valore più piccolo si è rilevato nella decade 1976-85 con 266 cm. Considerando le quattro decadi, il valore mediano varia di 11 cm. Nella prima decade misura 193.66 m s.l.m., nella seconda e nella terza decade scende a 193.55 rispettivamente a 193.53 m s.l.m. e sale nuovamente nella quarta decade raggiungendo 193.62 m s.l.m., rimanendo quindi 4 cm al di sotto del livello della prima decade. Mettendo in relazione la posizione della box e la quota di 193.49 m s.l.m. (bordo inferiore del GV1), è possibile, nel caso del valore mediano, stimare la durata dell'inondazione delle superfici al di sopra di questo livello. A tale riguardo la decade 1976-85 si trova al primo posto. Le decadi 2 e 3 si collocano ad un livello leggermente inferiore. La quarta decade mostra nuovamente un livello superiore, senza però raggiungere quello della prima decade. Negli anni 1976-85, quindi, le superfici del GV1 e GV2 erano quasi sempre inondate, mentre ciò valeva solo in parte durante le altre tre decadi.
Il GV3 si situa attorno alle antenne (Whisker) più alte, che per due decadi raggiungono il margine superiore del GV3 (2006-15) o superano leggermente (1976-85). Nelle altre due decadi le antenne raggiungono appena la quota 194.30 m s.l.m. (1986-95) rispettivamente lo superano di poco (1996-2005).

Andamento del livello del lago nell'arco di quattro blocchi mensili

Al fine di stabilire i possibili effetti delle variazioni del livello del lago sulle unità di vegetazione, si è svolta un'analisi in quattro blocchi mensili di tre mesi ciascuno nelle quattro decadi. Nella figura 2 si osserva l'andamento dei valori medi del livello del lago per quattro blocchi mensili nel periodo complessivo 1976-2015.
Spicca molto chiaramente il *blocco mensile agosto-ottobre*. In tutte e quattro le decadi in questo periodo si riscontrano i livelli del lago più bassi. I valori mensili medi si collocano quasi sempre al di sotto del livello del GV1. Solo nella decade 1976-85 circa il 25% dei valori del livello del lago e la media per la decade si situano ancora nelle fasce del GV1. Durante le altre tre decadi il livello medio scende in modo marcato in questo periodo e solo per singoli eventi (negli anni 1987, 1988, 1993, 1999 e 2008) raggiunge le fasce del GV1. Nell'insieme, lo sviluppo della tendenza nell'arco delle quattro decadi è chiaramente negativo (-31 cm). È vero che nella quarta decade il livello del lago è salito (+8 cm), ma è comunque rimasto 23 cm al di sotto del livello della prima decade. La variazione massima delle medie mensili all'interno di una decade vede i mesi *agosto-ottobre* con 123-354 cm, la più ampia di tutti i blocchi mensili presi in considerazione.

All'opposto i *mesi da maggio a luglio* sono caratterizzati da livelli permanentemente alti dell'acqua. I valori medi mensili si collocano sempre in questo periodo nell'ambito del GV1, inoltre per due decadi anche nell'ambito del GV2. Significa che in questo periodo il GV1 è praticamente sempre sommerso. La linea di regressione relativa alle quattro decadi indica che questi mesi presentano il livello più stabile, con una leggera diminuzione (-3 cm) del livello medio mensile. Le oscillazioni massime nelle 4 decadi per i *mesi da maggio a luglio* raggiungono valori da 154 cm a 254 cm.

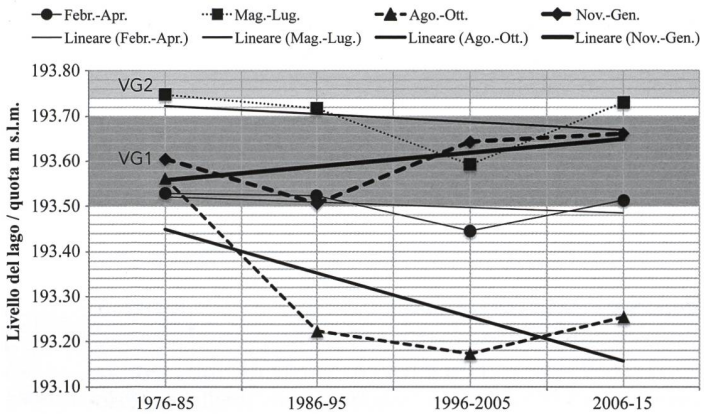

Figura 2: Variazioni del livello del lago (valori medi) nei blocchi mensili delle quattro decadi. Le tonalità di grigio corrispondono alle fasce di quota dei gruppi di vegetazione GV1 e GV2 (vedi Introduzione).

Nei *mesi da febbraio ad aprile*, invece, si misurano generalmente le oscillazioni più piccole (-4 cm confrontando la linea di tendenza tra le 4 decadi). Infatti, variano tra 114-151 cm.
I mesi *maggio-luglio* e *febbraio-aprile* sono, inoltre, gli unici a mostrare una tendenza stabile del livello del lago in tutte e quattro le decadi.
I *mesi da novembre a gennaio* mostrano per le 4 decadi una variazione di livello massimo di 155-282 situandosi in seconda posizione. Sono quei mesi dove la linea di tendenza sulle 4 decadi (Fig. 2) cresce di +10 cm.
Questi risultati confermano in modo più approfondito le analisi di Zanini (2004), sebbene l'indagine 2004 si era concentrata sul confronto prima-dopo diga e introduzione della regolazione.

Nella tabella 1 è visibile come il livello del lago si è comportato relativamente ai blocchi mensili e alle quattro decadi. Particolarmente interessante è sapere se il livello del lago mostri una tendenza in aumento o in diminuzione e se vi siano blocchi mensili con un comportamento uguale in tutte le decadi.
Spicca su tutti i periodi la decade 1996-2005 dove in tutti i blocchi mensili mostra una tendenza alla diminuzione del livello (da -6 cm a -58 cm).
All'opposto troviamo le due dacadi 1986-95 e 2006-2015 con entrambi un periodo con trend negativo (-4 cm rispettivamente -10 cm). La decade 1976-85 mostra 3 blocchi con trend basso (-6 cm, -50 cm e -41 cm) e un blocco con trend altro (+30 cm).

Nelle 4 decadi il livello medio del lago nel periodo da febbraio ad aprile è per lo più costante e mostra un'oscillazione di soli +/-8 cm. A fronte di ciò, i livelli medi nel periodo da agosto ad ottobre oscillano fortemente con +/-39 cm. Le oscillazioni superano quindi la fascia di quota di GV1 e GV2 (21-31 cm). Entro questo grado di livello si collocano i mesi da maggio a luglio (+/-16 cm) e novembre a gennaio (+/-15 cm). Se per la valutazione non si parte dal livello medio nei blocchi mensili, ma dagli sviluppi di tendenza (regressione) del livello del lago, allora il periodo tra novembre e gennaio risalta in modo particolare. Infatti, in due decadi (1976-85, 1996-05) si osserva una tendenza fortemente in diminuzione (-41 cm risp. -32 cm). Nelle altre due decadi (1986-95, 2006-15), invece, si constata una tendenza fortemente in aumento (+62 cm risp. +78 cm). Le fasce di quota di GV1 e GV2 sono quindi o superate o non raggiunte. Anche in riferimento ai mesi da maggio a luglio ci sono 3 decadi (1976-85, 1986-95 e 2006-15) con tendenza in aumento e una decade (1996-2005) con tendenza in diminuzione. Nella prima, nella seconda e nella quarta decade il livello del lago si innalza di 30 cm, 2 cm risp. 39 cm, e ciò partendo da un livello che corrisponde alla quota superiore del GV1. Nella terza decade si osserva invece la tendenza alla diminuzione (-42 cm), andando al di sotto del livello inferiore del GV1 di circa 10 cm. Per i mesi da agosto ad ottobre, in tre decadi (1976-85, 1996-05, 2006-15) si riscontrano tendenze negative del livello del lago (-50 cm -58 cm risp. -10 cm). Nella seconda decade il livello del lago aumenta il suo valore medio a 193.22 m s.l.m., ma rimanendo comunque al di sotto del livello del GV1.

Il livello del lago riferito ai gruppi GV1 e GV2

Per la descrizione dell'andamento dei livelli del lago per decade, come descritto sopra, l'ambito di fluttuazione possibile tra 192.0 e 195.29 m s.l.m. è stato suddiviso in 11 porzioni (ogni 30 cm). Nella figura 3 si evidenzia in che modo si distribuiscono i risultati pertinenti sui singoli gradi di livello e sulle decadi.
La distribuzione delle risposte pertinenti mostra in generale una distribuzione normale spostata verso sinistra (livelli più bassi). Per alcune decadi, ad esempio 1976-

Tabella 1: Comportamento del livello del lago nei blocchi mensili delle 4 decadi. Colori con tonalità crescenti di rosso indicano periodi con tendenze più secche. Colori con tonalità crescenti di blu segnalano periodi con tendenze più umide.

Mesi	Anni			
	1976-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2015
Feb.-Apr.	Con valore medio di 193.53, tendenza in leggera diminuzione: da 193.56 a 193.50 (-6 cm)	Con valore medio di 193.52, tendenza in leggera diminuzione: da 193.54 a 193.50 (-4 cm)	Con valore medio di 193.45, tendenza in leggera diminuzione: da 193.48 a 193.42 (-6 cm)	Con valore medio di 193.52, tendenza in aumento: da 193.29 a 193.75 (+46 cm)
Mag.-Lug.	Con valore medio di 193.75, tendenza in aumento: da 193.60 a 193.90 (+30 cm)	Con valore medio di 193.72, tendenza in leggera diminuzione: da 193.71 a 193.73 (+2 cm)	Con valore medio di 193.59, tendenza in diminuzione: da 193.80 a 193.38 (-42 cm)	Con valore medio di 193.73, tendenza in aumento: da 193.53 a 193.92 (+39 cm)
Ago.-Ott.	Con valore medio di 193.56, tendenza in forte diminuzione: da 193.81 a 193.31 (-50 cm)	Con valore medio di 193.22, tendenza in aumento: da 193.08 a 193.36 (+28 cm)	Con valore medio di 193.17, tendenza in forte diminuzione: da 193.46 a 192.88 (-58 cm)	Con valore medio di 193.25, tendenza in leggera diminuzione: da 193.308 a 193.20 (-10 cm)
Nov.-Gen.	Con valore medio di 193.61, tendenza in diminuzione: da 193.81 a 193.40 (-41 cm)	Con valore medio di 193.51, tendenza in forte aumento: da 193.20 a 193.82 (+62 cm)	Con valore medio di 193.64, tendenza in diminuzione: da 193.80 a 193.48 (-32 cm)	Con valore medio di 193.66, tendenza in forte aumento: da 193.27 a 194.05 (+78 cm)

85, ciò è particolarmente chiaro. Nella fascia di quota dei GV1 e 2 (193.49-194.05 m s.l.m.) il numero delle risposte pertinenti è generalmente la più alta. Rispetto a tutte e quattro le decadi, le quote più alte di risposte pertinenti si sono avute nella decade 1976-85 con il 68% (≥ 193.49 m s.l.m.) rispettivamente con 41% (≥ 193.74 m s.l.m.). Nella decade 1986-95 questi valori scendono al 57% risp. 29% (valore minimo di tutte le decadi).
La decade 1996-2005, con una quota di risposta pertinente del 53%, mostra il valore più basso per la quota ≥ 193.49 m s.l.m. Con il 34% per la quota ≥ 193.74 m s.l.m. si colloca nella zona di mezzo. La decade 2006-15 raggiunge di nuovo quote superiori rispetto ai due periodi precedenti: 61% (≥ 193.49 m s.l.m.) e 41% (≥ 193.74 m s.l.m.).

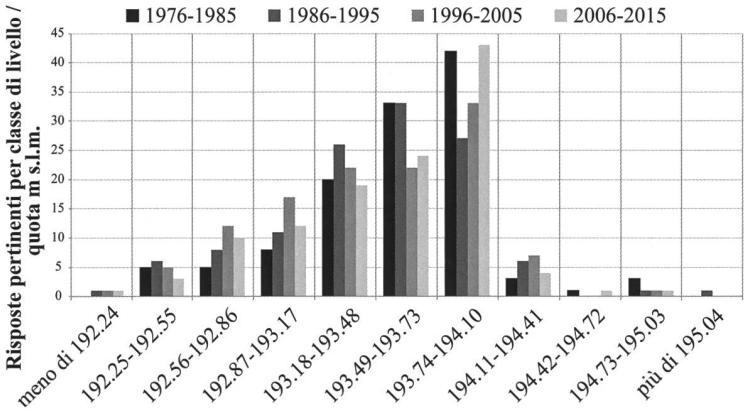

Figura 3: Frequenza dei livelli per porzione di quota e per decade.

Come descritto al paragrafo materialie metodi, alle quote si sono abbinati 7 livelli di umidità. Tali livelli iniziano da "secco" (livello 1) e finiscono con "bagnato, sommerso" (livello 7). In questo modo è possibile una definizione circa le condizioni di umidità delle unità di vegetazione per le quote del lago ≥ 193.49 m s.l.m. (GV1), ≥ 193.74 m s.l.m. (GV2) e ≥ 194.11 m s.l.m. (GV3).
Nella figura 4 sono visualizzati quali livelli di umidità media sono stati raggiunti nel corso delle 4 decadi per il GV1 e il GV2.
Nella decade 1976-85 il GV1 si trovava annualmente nell'ambito "umido" a "sommerso" (ad eccezione del 1985 con "parzialmente umido").
Il GV2 raggiunge solo una volta nel 1977 lo stadio "bagnato - a volte allagato", altrimenti si caratterizza per stadi "parzialmente umido" (5 anni), "piuttosto/tendenzialmente secco" (1984) e "secco" (1976, 1979 e 1985).

La decade 1986-95 mostra generalmente grandi variazioni nelle condizioni igrofile, in particolare per GV1. A differenza della decade precedente che mostra una tendenza a sviluppare condizioni più secche, questa decade tende a condizioni più umide, seppur partendo da un livello del lago più basso. Perciò il GV1 mostra nel 1986 e 1989 condizioni "secche" rispettivamente "piuttosto secche". Per gli altri anni le condizioni si assestavano a "parzialmente bagnato" e "sommerso". Per il GV2 le condizioni erano perlopiù da "secco" a "parzialmente umido".

La decade 1996-2005 si distingue dalla precedente solo parzialmente, entrambe mostrando un chiaro sviluppo verso condizioni più secche per i due gruppi vegetazionali.
Il GV1 trova generalmente condizioni "parzialmente umide" fino a "bagnate e parzialmente sommerse". Solo negli anni 2003 e 2005 era "piuttosto secco" risp. "secco". Per il GV2 le condizioni generali sono state "secche" a "piuttosto secche". Le eccezioni erano gli anni 1996, 1999 e 2004 con condizioni "umide" o "parzialmente umide".

La decade 2006-2015 è stata caratterizzata per entrambi i gruppi da condizioni più umide del sito. Ad eccezione dell'anno 2006 e 2007, caratterizzato da condizioni "piuttosto secche", tutti gli altri anni erano per GV1 "parzialmente umidi" (1 anno), "umidi" (2 anni), "umidi a bagnati" (1 anni) "bagnati" (3 anni) o "sommersi" (1 anno). Anche per il GV2 le condizioni hanno seguito la stessa tendenza relativa. Pur essendoci stato 2 anni con "secco" (2006, 2007) e 1 anno "piuttosto secco" (2015), comunque 4 anni erano "parzialmente umidi" (2010-13) e altri 3 "umidi" (2008/9 e 2014).

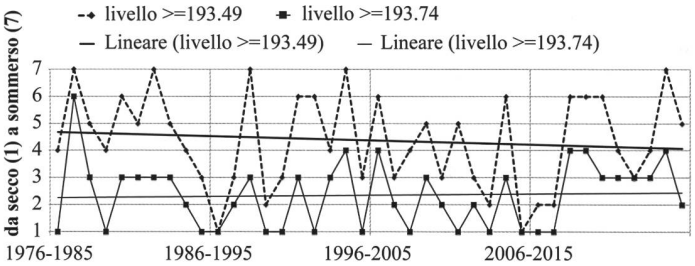

Figura 4: Livelli di umidità annuali medi (1-7) per le classi di quota per i gruppi di vegetazione GV1 e GV2 per le quattro decadi.

Per la vegetazione, le variazioni del livello del lago non vanno valutate soltanto sulla base dei valori annuali, ma in particolar modo anche tenendo presente i periodi stagionali. L'analisi della frequenza, con lo stesso procedimento usato per le decadi, è perciò stata eseguita per il GV1 e per il GV2 anche in riferimento ai valori medi mensili per le 4 decadi.

Nella decade 1976-85, per il GV1 (Fig. 5) tutti i mesi, ad eccezione di agosto ("piuttosto secco"), si trovavano perlomeno nell'ambito "umido" a "bagnato". In questo lasso di tempo, i mesi da aprile a giugno presentano i livelli dell'acqua di gran lunga più alti e costanti (livello di quota delle risposte pertinenti > 70%). La decade 1986-95 ha avuto un andamento simile, ma da gennaio ad aprile su un livello di umidità leggermente inferiore ("parzialmente umido" e "umido-bagnato"). Inoltre, la fase secca è durata due mesi (agosto e settembre). I mesi ottobre-dicembre raggiungono in questa decade comunque un grado di umidità maggiore (da "bagnato" a "sommerso"). In maniera leggermente più debole, poiché i mesi aprile e ottobre hanno raggiunto solo il livello "parzialmente umido", tale affermazione vale anche per la decade 1996-2005. Nell'intera decade il livello di quota delle risposte pertinenti è risultato infe-

riore di 10-20%. Anche questo blocco annuale, inoltre, mostra un chiaro periodo "secco" nei mesi da agosto a settembre.

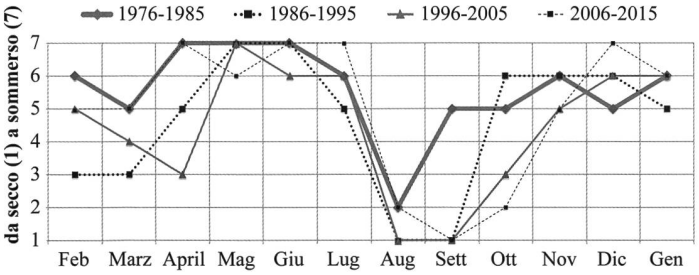

Figura 5: Livelli di umidità mensili medi (1-7) per le classi di livello del lago del GV 1 nelle quattro decadi.

Il quarto blocco annuale (2006-2015) ha conosciuto un periodo secco tra agosto e ottobre. Gli altri mesi erano invece un po' più umidi rispetto alla decade 1996-2005. In generale, in estate il GV1 è caratterizzato da un periodo secco che si è allungato di 1 mese (Agosto) fino a tre mesi (Ago-Ott.) nel corso delle quattro decadi. Per contro il periodo da Maggio a Luglio può essere considerato "periodo umido".

Il GV2 (Fig. 6) collocato 25 cm più in alto, 193.74-194.05 m s.l.m., presenta condizioni "umide a bagnate" nella decade 1976-85 nei mesi da Ottobre-Febbraio, così come Maggio, Giugno (Fig. 6). Periodo secchi sono Marzo-Aprile e Luglio-Settembre.

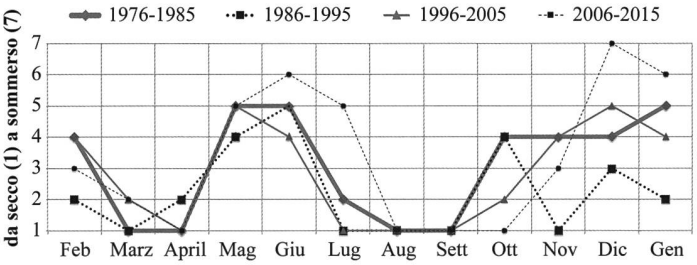

Figura 6: Livelli di umidità mensili medi (1-7) per le classi di quota ≥ 193.74 m s.l.m. (GV2) nelle quattro decadi.

La decade 1986-95 è stata la più secca delle quattro. Anche per il GV1 ma in modo meno pronunciato. Oltre alla siccità estiva si manifesta anche una seconda stagione secca: i mesi da Gennaio ad aprile. Soltanto i mesi di Maggio, Giugno così come Ottobre e Dicembre sono definiti come "parzialmente umidi" a "umidi". La decade 1996-2005 presenta un periodo ininterrotto per lo più "umido" o "umido a bagnato" nei mesi da Novembre a Febbraio e Maggio-Giugno. Al contrario la siccità estiva si estendeva per oltre 4 mesi (Luglio-Ottobre).
Negli anni 2006-15 si riscontrano condizioni paragonabili alla decade 1976-85. Tuttavia, la "siccità estiva" si presenta un mese dopo, essendo luglio ancora "parzialmente umido".
Il GV3 (quota 194.11-194.55 m s.l.m.) è raggiunto da qualche esondazione alta (5-7 eventi per decade) e in generale nel periodo tra ottobre e dicembre, ma qualche volta anche in maggio. Sono però soltanto questi i mesi in cui il livello medio "piuttosto secco" è raggiunto. In tutti gli altri casi si riscontrano condizioni "secche".
Indubbiamente la storia dell'andamento dei livelli del lago è un fattore molto importante, ma non vanno dimenticate le precipitazioni e la loro evoluzione nel tempo.
Secondo gli studi di Ciampittiello & Rolla (2007) e Barbanti et al. (2007) le condizioni di precipitazione nel bacino idrografico del lago Maggiore sono cambiate nel corso degli anni in termini di quantità e di distribuzione stagionale. Ciampitiello & Rolla 2007 annotano come non vi sia un legame diretto tra precipitazioni e livello del lago, poiché anche altri fattori sono influenti (tra cui le dighe a monte).
Tuttavia, la regressione lineare applicata alle precipitazioni annuali cadute nel periodo 1952-2005 mostra chiaramente una tendenza alla diminuzione (circa -125 mm). Se si suddivide tale periodo in 2 sotto periodi, come proposto da Barbanti et al. (2007), si ottiene un quadro più differenziato. Nel periodo 1952-1972 le precipitazioni sono aumentate, mentre nel periodo successivo (1980-2005) si osserva un leggero calo.
Inoltre si è constatato che generalmente le precipitazioni diminuiscono in inverno e in primavera, mentre in estate e autunno tendono ad aumentare.
Queste tendenze rispetto alle precipitazioni non possono essere dedotte dall'andamento dei livelli del lago, come emerge dalla figura 2.

Analisi dei rilievi nei quadrati permanenti

I rilievi nei 17 quadrati permanenti durante gli anni 1978-2012, confrontati per tre periodi di rilevamento 1978-85, (1992 per alcuni) 2002 e 2012, mostrano tre tipi di tendenza (Patocchi et al., 2014): specie che scompaiono, specie che appaiono e specie che rimangono presenti in modo costante. Qui di seguito si sono analizzati tutti i rilievi secondo la loro similitudine floristica. A titolo d'esempio lo si rappresenta in riferimento alla superficie G4 (Fig. 7).
In linea generale, per la superficie G4 si evince un coefficiente di similitudine di 0.60 e si formano due classi. Queste corrispondono ai periodi di rilevamento 1978-95 e 2002 (classe 2) nonché al rilevamento dell'anno 2012 (classe 1). I rilievi della classe 2 presentano tra loro un coefficiente di similitudine relativamente alto (> 0.68), mentre il rilevamento del 2012 fa un grande salto distinguendosi dalla classe 2 con un coefficiente di similitudine molto basso di < 0.30.

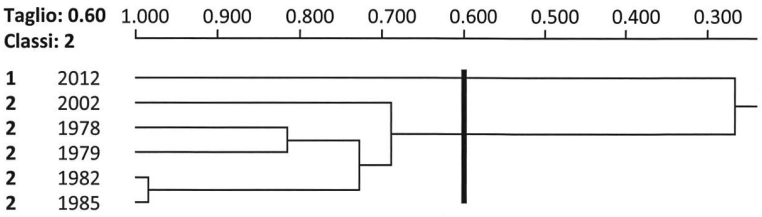

Figura 7: Dendrogramma del quadrato permanente G4.

Sono stati applicati dei ragionamenti analoghi per tutti i 17 quadrati permanenti permettendo le affermazioni seguenti circa i rilievi della vegetazione:

- I 4 rilievi degli anni 1978-1985 sono raggruppati nella stessa classe in 11 quadrati permanenti (ca. 65%);
- I 2 rilievi degli anni 2002 e 2012 rientrano nella stessa classe come in quelli degli anni 1978-1985 soltanto in 2 quadrati permanenti (ca. 12%);
- Spesso i rilievi degli anni 2002 e 2012 formano una classe separata a sé stante. Infatti, nei due anni in questione ciò si verifica 4 volte su 17 (ca. 23%);
- Soltanto in 2 dei 17 quadrati permanenti i rilievi degli anni 2002 e 2012 si ritrovano nella stessa classe (ca. 12%);
- Nessun gruppo di vegetazione GV si trova esclusivamente in un unico gruppo di tendenza, ma tutti i gruppi di vegetazione si riscontrano in tutti i gruppi di tendenza, anche se in percentuale diversa;

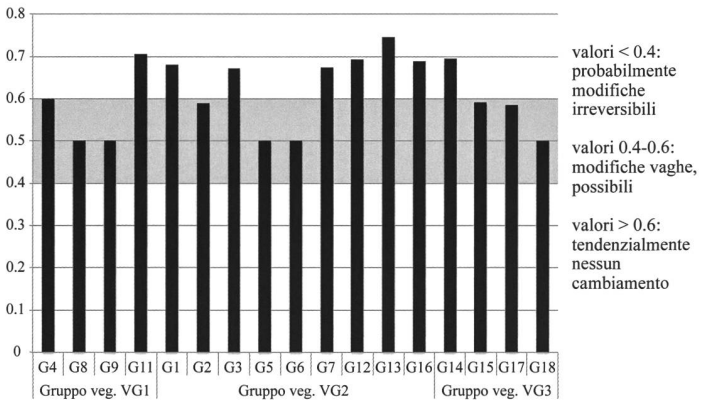

Figura 8: Coefficiente di similitudine medio per quadrato permanente di rilievo, raggruppati in base alle quote definite nei 3 gruppo di vegetazione GV.

La figura 8 mostra che i coefficienti di similitudine, in media, si collocano tra lo 0.5 e lo 0.74.
Nel dettaglio risultano 5 superfici con una tendenza verso un "cambiamento vago, possibile". In 4 superfici si riscontra ancora una "tendenza eventualmente possibile" al cambiamento. In 8 superfici non risulta alcuna tendenza verso un cambiamento, visto che negli anni 1978-2012 sono rimaste stabili.
Il GV1 (193.49-193.70 m s.l.m.) presenta 50% di rilievi nella classe 0.4-0.6 e rispeettivamente > 0.6.
Con il 67% il GV2 (193.74-194.05 m s.l.m.) si raggruppa nella classe > 0.6, mentre GV3 (> 194.11 m s.l.m.) con la proporzione del 75% si inserisce nella classe 0.4-0.6 segnalando un cambiamento possibile.
Confrontando la classe di tendenza con tendenza ad un cambiamento possibile (coefficiente di similitudine 0.4-0.6) con il gruppo di tendenza senza tendenza al cambiamento (coefficiente di similitudine > 0.6), si vede che il GV1 è rappresentato in questi due gruppi per ½, il GV 2 per ⅓ e il GV 3 per ¾ contro ¼.
Possiamo dedurne che la vegetazione dei quadrati del GV2 mostra una buona stabilità. Per i quadrati del GV1 lo sviluppo è poco chiaro e potrebbe essere interpretato sia come un cambiamento possibile sia come una mancanza di cambiamento.
Evidente è la tendenza nei quadrati del GV3 verso un cambiamento possibile, che può risultare dal cambiamento dello spettro specifico così come da un grado di copertura di singole specie. In questo senso il ruolo della Cannuccia di palude sempre più dominante (pseudocanneto) nei lischeti che una volta ne erano completamente privi, può assumere un ruolo importante.

DISCUSSIONE

Nell'arco delle quattro decadi lo spettro delle specie nei quadrati permanenti si è modificato. L'analisi approfondita delle liste di specie dei quadrati permanenti negli anni 1978-2012 mostra che dal punto di vista dell'ecologia vegetale le condizioni sono *più secche*. Da un lato sono spariti localmente gli indicatori del bagnato e dell'umido, dall'altro si sono aggiunti degli indicatori del secco, tra cui diverse neofite. A dipendenza della composizione del suolo (ciotoli/ghiaia fino a sabbioso e con humus), questa tendenza si esplicita in modo più o meno marcato. Quale influsso abbia la modifica dei regimi di precipitazione, descritto nel capitolo 3.2, rimane una questione aperta.
Il confronto tra la situazione iniziale (1978) e la situazione finale (2012), mostra che a livello di alleanza fitosociologica non sono avvenuti dei cambiamenti rimarcabili. La sequenza classica (da bagnato a secco) *Phragmition-MagnoCaricion-Filipendulion-Molinion* continua ad essere presente. A livello delle associazioni vegetali, soprattutto nell'ambito piuttosto secco dove avevamo le formazioni più tipicamente insubriche dei lischeti, tuttavia si constatano dei cambiamenti.

I quadrati permanenti rilevati tre volte nell'arco di 8 anni (1978-85) hanno tra di loro un coefficiente di similitudine molto alto (> 0.75) che in media si colloca sullo 0.79 (Tab. 2); ciò dimostra la presenza di condizioni stabili del sito. Gli stessi nuovamente rilevati 17 anni più tardi (2002) presentano quozienti di similitudine inferiori del 7.5-8.0%, ma che comunque non indicano cambiamenti fondamentali. I rilievi effettuati a distanza di 27 anni (2012) presentano tra di loro una similitudine dello 0.58-0.64 mostrando quindi una diminuzione del 22-26% rispetto al primo periodo. Le associazioni fitosociolocgiche del GV1 e GV2 raggiungono con ciò il limite del cambiamento possibile ma non sufficientemente chiaro.

Se a questo punto si mette in relazione la diminuzione della similitudine nel corso delle quattro decadi con il comportamento del livello del lago durante lo stesso periodo, è particolarmente interessante il comportamento del GV3. Infatti, questo gruppo è raggiunto dal livello del lago soltanto sporadicamente nel corso delle 4 decadi (tabella 2) e si colloca quindi per lo più nell'ambito ecologico piuttosto secco. Ciò nonostante, la composizione della vegetazione si è modificata maggiormente proprio in quell'ambito. Quindi l'origine del cambiamento in questa fascia di quota non può essere messo in relazione con il livello del lago rispettivamente con una "tenore idrico elevato del suolo".

Per i GV1 e GV2 le condizioni del sito nella decade 1976-85 sembrano essere state le migliori di tutte le

Tabella 2: Riassunto dei risultati principali.

Periodo	Similitudine			Livello del lago			
	VG 1	VG 2	VG 3	In generale	VG 1	VG 2	VG 3
1976 fino a 1985	0.75	0.82	0.8	35 anni dall'inizio della regolazione (1943)	sempre almeno "parzialmente umido" salvo Agosto	"umido" a "bagnato" da Ott. a Feb. altrimenti secco	appena sfiorato dal pelo del lago
					56% bagnato	30% bagnato	1% bagnato
1986 fino a 1995	nessun valore	nessun valore	nessun valore	**Meno** 12 cm rispetto a 1976-85	**Due** anni "secchi" a "appena secchi", almeno "parzialmente umido" a "bagnato" salvo in Ago. e Sett.	Solo ancora Ott., Dic. e Mag./Giu. "umidi" a "bagnati", altrimenti "secco"	appena sfiorato dal pelo del lago. Solo in Ott. "parzialmente umido"
					46% bagnato	22% bagnato	1% bagnato
1996 fino a 2005	0.69	0.76	0.74	**Meno** 3 cm rispetto a 1986-95 e **meno** 15 cm rispetto a 1978-85	**Due** anni"secchi" a "appena secchi", altrimenti almeno "parzialmente umido" a "bagnato" salvo in Ago. e Sett.	"umido" a "bagnato" da Nov. fino Feb. e Mag., Giu. altrimenti secco	appena sfiorato dal pelo del lago. Solo in Nov. "parzialmente umido"
	-8%	-7.30%	-7.50%		44% bagnato	28% bagnato	1% bagnato
2006 fino a 2015	0.58	0.64	0.59	**Più** 8 cm rispetto al 1996-2005 e **meno** 7 cm rispetto a 1976-85	**Due** anni secchi, altrimenti "bagnato" a "sommerso". In generale Ag.-Ott. sempre "secco"	"secco" ad eccezione del 2008/09. "Parz. umido" a "bagnato" solo in Nov.-Gen. e Mag.-Lug.	appena sfiorato dal pelo del lago
	-22.6%	-22.9%	-26.2%		50% bagnato	34% bagnato	1% bagnato

quattro decadi. In questa decade, infatti, i due GV godono sempre di condizioni buone durante il periodo vegetativo, tranne in Agosto e in parte Settembre. Rispetto a questa decade, il livello del lago era leggermente più basso (-12 cm) nella decade successiva (1986-9195), per poi diminuire di ulteriori -3 cm nella decade 1996-2005. Soltanto nella decade 2006-15 il livello del lago aumenta di nuovo di 8 cm in media, rimanendo però comunque 7 cm più basso rispetto alla prima decade. Nell'intero periodo aumenta inoltre il numero di mesi "secchi" a "piuttosto secchi". Nel corso delle quattro decadi le condizioni per i gruppi GV1, GV2 e GV3 sono diventate leggermente più secche. La diminuzione del coefficiente di similitudine potrebbe essere stato causato, almeno parzialmente, da questi cambiamenti. Questo fatto pero non vale per il GV3. In conclusione si può dedurre che gli ultimi anni dell'ultima decade sembrano segnalare un ritorno alle condizioni del primo periodo di confronto.

Le analisi eseguite segnalano che il livello del lago rappresenta uno "stimolatore" dei cambiamenti della vegetazione. Tuttavia, la valutazione dei dati relativi al livello del lago non permette di stabilire che nel corso delle quattro decadi si sia verificata un'umidificazione nelle Bolle. L'affermazione secondo cui il maggior livello del lago abbia avuto una ripercussione diretta sulla stabilità dei tre gruppi (Patocchi et. al. 2014) non è confermata da queste analisi. Invece, è un dato di fatto che i canneti si sono fortemente espansi. In Greco & Patocchi (2003) si constata che i canneti dell'entroterra attorno alla quota 194.00 m s.l.m. (+/-0.20 cm) si sono sviluppati in modo particolarmente marcato, ma che a partire da quota 194.35 diminuiscono sensibilmente. Con una quota della terra di 194 m s.l.m. i rizomi delle canne si trovano a circa 193.70 m s.l.m., e quindi nel bordo superiore del GV1 (193.49-193.70 m s.l.m.). Il GV2 (193.74-194.05 m s.l.m.) e una parte del GV3 (194.11-194.55 m s.l.m.) si trovano pure ancora nell'ambito di quota ottimale per lo sviluppo dei canneti.

Quindi le condizioni per lo sviluppo nell'entroterra dei canneti sono date e furono riconosciute già da Meier & Donati (1992) e da Klötzli (2001). Nel contributo di Greco & Patocchi (2003) si mette in evidenza l'espansione dei canneti avvenuta negli ultimi tempi, che da un punto di vista ecologico non è da ritenersi positiva. Anche in Patocchi et al. (2014) si constata che lo sviluppo della vegetazione tende ad un impoverimento a livello di associazione (cf. Güsewell & Klötzli, 1998).

Prospettive

È utile riflettere sulle prospettive di sviluppo delle formazioni palustre, soprattutto riguardo ai canneti terrestri. Si tenga conto che dal 2012 (compreso) la fascia di regolazione è stata modificata (rialzo della soglia di regolazione in primavera-inizio estate di 10-50 cm), il proseguimento della sorveglianza diventa quindi molto importante nei prossimi anni.

Infatti, se si mantengono le misure attuali di gestione riguardo ai periodi, all'intensità e ai luoghi, i pseudocanneti continueranno ad espandersi verso l'entroterra e ciò porterà ad un impoverimento delle specie e delle comunità vegetali (Güsewell & Klötzli, 2002). Fino agli anni 60, le superfici delle Bolle, in particolare la Bolla Rossa e il Piattone, venivano sfruttati intensamente dall'agricoltura, come dimostrano le riprese fotografiche aeree. Alcuni esperti della vegetazione ritenevano che tale sfruttamento fosse in parte troppo intensivo. Comunque sia, sta di fatto che non si sviluppavano né i pseudocanneti, né le superfici con cespugli di salice, nonostante in quell'epoca le condizioni ne fossero assolutamente favorevoli.

Partendo dagli obiettivi di protezione definiti per le diverse zone della riserva, si dovranno ridefinire le misure di gestione (piano di priorità e di gestione) atte a conservare le tipologie palustri che mostrano maggiori modifiche.

A tale scopo sarà particolarmente importante tenere conto della questione dell'ecologia dei pseudocanneti.

Le trasformazioni in atto suggeriscono quindi di aumentare la pressione di gestione in alcune tipologie di paludi aperte, sia per contrastare la crescita del pseudocanneto sia per rafforzare le associazioni particolari per la Svizzera, con carattere più insubrico.
Vanno inoltre approfonditi i rilievi di monitoraggio per capire meglio le tendenze in atto. In questo senso lo sforzo di ricerca scientifica va mantenuto e rafforzato.

RINGRAZIAMENTI

Per le valutazioni, le discussioni, la documentazione e la rilettura del manoscritto si ringraziano: Bertil Krüsi, Prof. Dr. sc. nat. ETH, ZHAW, Dep. Life Sciences and Facility Management, Unità Analisi della vegetazione; Marlene Ploner, ZHAW, Wiss. Collaboratrice del gruppo di ricerca analisi della vegetazione; Frank A. Klötzli, Dr. sc. nat. ETH, Dr. hc., Prof. em ETH; Maria Meyer-Grass, Dr. sc. nat. ETH e Giuliano Greco, biologo.

BIBLIOGRAFIA

Barbanti L., Ambrosetti W. & Rolla A. 2007. Le fluttuazioni di livello del Lago Maggiore in regime regolato: considerazioni sugli eventi di magra. Supplemento occasionale della rivista Journal of Limnology: 93 pp.

Ciampittiello M. & Rolla A. 2007. Cambiamenti climatici: quali effetti sulle piogge e sui livelli del lago. In: Clima e cambiamenti climatici: le attivita di ricerca del CNR, pp. 609-612.

Greco G. & Patocchi N. 2003. Parametri topologici, pedologici e floristici caratterizzanti le formazioni a Pseudocanneto in ambienti palustri aperti alle Bolle di Magadino (Svizzera meridionale). Studi Trentini Scienze Naturali, Acta biologica, 80:253-255.

Güsewell, S. & Klötzli, F. 1998. Abundance of common reed (*Phragmites australis*), site conditions and conservation value of fen meadows in Switzerland. Acta Botanica Neerl. 47: 113 - 129.

Güsewell, S. & Klötzli, F. 2002. Verschilfung von Streuwiesen im Schweizer Mittelland. Forschungsbericht zuhanden des BUWAL, 66 pp.

Klötzli F. 2001. Cambiamenti nella flora e nella vegetazione delle Bolle di Magadino. In: Fondazione Bolle di Magadino (ed.) 2001: Contributo alla conoscenza delle Bolle di Magadino: 57-66.

Meier S. & Donati F. 1992. Vegetationsveränderungen in einer Riedwiese der Bolle di Magadino. Università di Zurigo. Tesi di Laurea, 79 pp.

Meyer-Grass M. 2014. Seespiegelschwankungen und Vegetation in den Bolle di Magadino1978-2012. Fondazione Bolle di Magadino. Rapporto interno di sintesi, 18 pp.

Patocchi N., Greco G. & Meyer-Grass M. 2014. Monitoraggi floristici alle Bolle di Magadino. Tendenze evolutive delle associazioni palustri. Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 102: 33-45.

Soncini Sessa R. 2004. Il progetto Verbano. Milano. McGraw-Hill, 630 pp.

Wildi O. 1990. Trends in Dauerbeobachtungsflächen. Infoblatt Forschungbericht Landschaft WSL, 6: 1-3.

Zanini M. 2004. Evoluzione dei livelli del lago Maggiore tra gli anni 1898-2001. Fondazione Bolle di Magadino. Rapporto interno di sintesi, 8 pp.