

La vegetazione delle pozze di alpeggio: valutazioni ecologiche orientate alla definizione di criteri naturalistici nella progettazione

Guido BRUSA^{1*}, Loredana R. CASTIGLIONI¹, Daniela SCACCABAROZZI², Giacomo CAMOZZINI² & Bruno E.L. CERABOLINI¹

¹ Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale, Università degli Studi dell'Insubria, Via Dunant 3, 21100 Varese, Italia

² Comunità Montana Valsassina, Valvarrone, Val d'Esino e Riviera, Via Fornace Merlo 2, 23816 Barzio (LC), Italia

* E-mail dell'Autore per la corrispondenza: guido.brusa@uninsubria.it

RIASSUNTO - *La vegetazione delle pozze di alpeggio: valutazioni ecologiche orientate alla definizione di criteri naturalistici nella progettazione* - Lo studio analizza i fattori ambientali che influiscono sulla vegetazione nelle pozze d'alpeggio, con lo scopo finale di fornire raccomandazioni gestionali di tipo progettuale. Dati sulla vegetazione e su alcune variabili ambientali sono stati rilevati per le pozze d'abbeverata (superficie tra 5-661 m²) presenti nel Parco della Grigna Settentrionale (Lombardia, Italia) ad un'altitudine di 876-1876 m s.l.m. Le analisi hanno mostrato che il principale gradiente floristico è correlato con la quota, la superficie della pozza e la pressione del pascolamento. Il numero totale di specie vegetali è influenzato positivamente dalla superficie della pozza e negativamente dalla profondità dell'acqua, la percentuale di idrofite è negativamente associata alla quota e al grado di ombreggiamento mentre la copertura complessiva della vegetazione è negativamente condizionata dalla profondità e dall'approvvigionamento con acque di tipo sorgivo. Il materiale impiegato nell'impermeabilizzazione del fondo influenza in modo considerevole la diversità vegetale nelle pozze di alpeggio; risulta pertanto necessario impiegare materiale naturale che garantisca l'attecchimento delle piante, perlomeno ponendo al di sopra del fondo uno strato di terra argillosa.

SUMMARY - *The vegetation in mountain pasture pools: ecological assessments pointed towards the definition of naturalistic criteria in planning* - The study analyzed environmental factors affecting the vegetation in mountain pasture pools with the final purpose to suggest management recommendations in planning project. Data on vegetation and several environmental variables were collected in the mountain pasture pools (area between 5-661 m²) placed in the Park of Grigna Settentrionale (Lombardy, Italy) at an altitude of 876-1876 m a.s.l. The analysis showed that the main floristic gradient was correlated to quote, pool area and grazing pressure. The total number of plant species was positively influenced by pool area and negatively by water depth, the percentage of hydrophytes was negatively associated to quote and degree of shade, and the total vegetation cover was negatively affected by water depth and spring water. Impermeable material on the pool floor greatly affected plant diversity; accordingly, it is necessary to apply a natural material which allows the plants to grow, such as a layer of loamy soil.

Parole chiave: Alpi, flora, ecologia delle acque, idrofite, Lombardia, pascolamento

Key words: Alps, flora, grazing, hydrophytes, Lombardy, water ecology

1. INTRODUZIONE

Gli stagni (in inglese *pond*) sono bacini poco profondi ed estesi (da 1 m² a 0,05 km²) di origine naturale o artificiale, che mantengono acqua anche soltanto per parte dell'anno (De Meester *et al.*, 2005). Non vi è comunque una definizione universalmente accettata che possa distinguere uno stagno da un piccolo lago (Biggs *et al.*, 2005), anche perchè dal punto di vista idrogeologico non ci sono differenze fondamentali (Younger, 2007), tanto che per distinguerli entrambi dalle zone umide (*wetland*) la Convenzione di Ramsar indica una profondità minima pari a 6 m. Questa soglia appare palesemente esagerata e dovuta a precise finalità conservazionistiche legate all'avifauna (Scott & Jones, 1995). Quello che appare evidente è che gli stagni sono funzionalmente differenti dai laghi (Sondergaard *et al.*, 2005) e possono contribuire significativamente alla

biodiversità su scala regionale, ospitando un ragguardevole numero di specie se paragonati ad altri corpi idrici (Williams *et al.*, 2004).

Nelle zone montuose dell'Italia settentrionale fortemente drenate, come ad esempio nelle aree carsiche, gli stagni sono soprattutto rappresentati da piccoli bacini d'acqua, perlopiù di origine artificiale, usati nel passato per l'abbeverata del bestiame ed oggi associati anche alla fruizione venatoria (Lapini *et al.*, 2005). L'importanza delle pozze d'alpeggio ai fini della conservazione di elevati livelli di biodiversità è stata recentemente avvalorata da numerosi progetti e ricerche (Bressi *et al.*, 2000; Moggio, 2002; Lorenzi, 2005; Giovine, 2007; Comunità Montana delle Prealpi Trevigiane, 2008), in cui viene tuttavia evidenziata l'importanza delle pozze unicamente per gli aspetti faunistici, tanto che la presenza di vegetazione nella pozza viene prospettata come condizione sfavorevole (Bressi & Stoch,

1999). Pochi sono i contributi che valutano la componente vegetale come un apporto positivo alla biodiversità (Comini, 2006) e più in generale scarsi sono gli studi tematici sulle piante negli stagni, se si esclude la zona del Carso friulano (Poldini & Rizzi Longo, 1975; Mezzena & Polli, 1982).

Sulla Grigna Settentrionale (provincia di Lecco, Lombardia), massiccio montuoso che è entrato a far parte della rete di parchi regionali nel 2005, la natura drenante del substrato non consente la formazione di raccolte d'acqua naturali. Nel passato le sue pendici erano pertanto disseminate da un gran numero di pozze artificiali, che venivano mantenute in vita dagli alpigiani per l'abbeverata del bestiame al pascolo. Con il graduale abbandono della zootecnia di montagna, all'incirca dagli anni Cinquanta-Sessanta, le pozze d'alpeggio, in dialetto locale *lavacc*, hanno subito una progressiva riduzione sino ai giorni nostri, con conseguente potenziale diminuzione delle risorse biologiche sull'intero comprensorio montuoso. Il presente studio si inserisce in un progetto di recupero di questi biotopi importanti non solo per la biodiversità, ma anche per il sostentamento dell'economia montana. Infatti, a fronte di progetti gestionali condotti in modo empirico, si evidenzia come le ricerche scientifiche, aventi per oggetto specifico le funzioni dello stagno e l'influenza del tipo di gestione, sono importanti per definire le basi teoriche degli interventi (Biggs *et al.*, 2005). Di conseguenza l'oggetto della ricerca è quello di analizzare i fattori ambientali che influiscono sulla presenza delle specie vegetali nelle pozze d'alpeggio, con l'intento principale di desumere pratiche raccomandazioni gestionali propedeutiche al raggiungimento di elevati livelli di biodiversità vegetale.

2. AREA DI STUDIO

Il Parco della Grigna Settentrionale si estende su una superficie di circa 55 km². L'escursione altimetrica è compresa tra 460 m s.l.m. (valle del Torrente Esino) e 2407 m s.l.m. (vetta del Grignone). Dal punto di vista idrografico, si riconoscono due principali bacini, afferenti rispettivamente al Torrente Esino e al Torrente Pioverna; entrambi i torrenti si gettano nel Lago di Como.

Nel Gruppo delle Grigne predominano litotipi di origine sedimentaria, in particolare calcari (Casati & Bini, 1982). La formazione affiorante largamente più diffusa è il Calcere di Esino (Triassico medio), che si presenta estremamente carsificabile. Le forme superficiali di carsismo hanno la loro massima espressione soltanto in alcune zone, come il Moncodeno, mentre la carsificazione profonda interessa tutto il gruppo montuoso, anche se in particolar modo il Grignone.

Secondo Bini (1986) il clima del Gruppo delle Grigne è fortemente condizionato dal gradiente altimetrico e dal potere mitigante del bacino lacustre del Lario. Il versante ovest del massiccio, che degrada verso il lago, è generalmente più caldo rispetto a quello orientale in Valsassina; inoltre le ampie vallate, come la Val d'Esino, risultano più calde rispetto alle zone circostanti. La temperatura minima si osserva nell'area del Moncodeno, a nord del Grignone. Tutta l'area presenta un clima temperato (classe C, secondo la classificazione di Köppen), con l'eccezione delle zone di vetta che invece presentano un clima freddo (classe E).

Secondo le carte delle isoiete riportate in Belloni (1975), le precipitazioni medie annuali dell'area di studio sono comprese tra 1500-1800 mm. Un intervallo simile di precipitazioni medie annuali è riportato da Ceriani & Carelli (2000), con i valori più elevati riportati per il versante ovest delle Grigne e per la zona di Ballabio. La carta del fitoclima d'Italia (Blasi & Michetti, 2005) riporta per le quote più elevate dell'area di studio il bioclima temperato oceanico, che a quote inferiori sarebbe sostituito da quello temperato semicontinentale-oceanico.

L'uso del suolo (DUSAF 2.0, Regione Lombardia) è caratterizzato dalla cospicua presenza di prati montani (14% del territorio del Parco) e di praterie naturali d'alta quota (3%), che consentono ancora oggi l'allevamento di bestiame, soprattutto di bovini e in subordine di ovini e caprini, anche se in minor misura rispetto a quello che avveniva nel passato; i prati montani sono soprattutto localizzati sul versante meridionale e orientale del Grignone. Gli accumuli detritici e affioramenti litoidi privi o con vegetazione rada occupano una parte rilevante del Parco (6%). Tuttavia è la vegetazione boschiva ad occupare la maggior superficie (70%). Secondo la carta forestale della regione Lombardia (AA.VV., 2006) le faggete costituiscono la formazione forestale dominante nel Parco (65% della complessiva superficie forestale), staccando nettamente le altre formazioni di latifoglie, come gli orno-ostrieti (8%); di particolare interesse è la presenza delle mughete (1%), situate sui versanti impervi su suoli sottili o su detriti di falda, e i lariceti (2%), localizzati in prevalenza presso il Moncodeno.

Le comunità vegetali sono prevalentemente riconducibili alla serie delle praterie alpine di *Caricion firmae* e a quelle subalpine di *Caricion austroalpinae*, disposte a mosaico con la serie delle faggete montane riferibili in massima parte all'*Aremonio-Fagion*; nella fascia submontana si riscontra invece la serie degli ostrieti di *Erythronio-Carpinion*, a mosaico con quella dei boschi di *Tilio-Acerion* (Verde *et al.*, 2010).

Allo stato attuale la flora del Gruppo della Grigna è complessivamente ben conosciuta (Rossi, 2005), avendo attirato l'attenzione dei botanici soprattutto per l'elevato numero di endemiti (Fenaroli, 1938; Sutter, 1962) o presunti tali (Moser, 1998).

3. METODI

3.1. Raccolta dati

Durante l'estate 2009 è stata effettuata una campagna di rilevamento finalizzata al censimento delle pozze di abbeverata sull'intera area del Parco. La ricerca si è inizialmente avvalsa di informazioni raccolte in loco e soprattutto dell'analisi di ortofoto. In seguito, si è verificata direttamente in campo l'esistenza di pozze ancora attive, ovvero di pozze in cui è presente acqua almeno in alcuni periodi dell'anno.

Per ciascuna pozza si è considerata un'area di rilevamento della vegetazione corrispondente allo specchio d'acqua e ad una fascia perimetrale direttamente interessata dalle fluttuazioni stagionali della falda. La massima altezza raggiunta dalla fascia di fluttuazione è risultata sempre compresa nell'ordine di qualche decimetro rispetto alla falda d'acqua presente al momento del rilevamento. Poiché la

separazione tra la fascia di oscillazione e la zona regolarmente sommersa dall'acqua non risultava sempre ben discernibile, durante il rilevamento della vegetazione non si è operata una distinzione tra queste due zone. Tutte le pozze rilevate presentavano una superficie complessiva (specchio d'acqua e fascia di fluttuazione della falda) di almeno 5 m².

Sono state considerate soltanto le specie di piante vascolari, il cui grado di copertura è stato valutato secondo la seguente scala semi-quantitativa: 4, specie presente su una frazione maggiore di un ottavo della superficie complessiva della pozza; 3, presente tra un ottavo e 1% della superficie; 2, presente su meno dell'1%; 1, presente su meno dell'1% e con al massimo 3 individui.

Sono state considerate le seguenti variabili per ciascuna pozza: quota, ricavata da cartografia tramite la georeferenziazione della pozza; superficie complessiva della pozza (specchio d'acqua e fascia di fluttuazione della falda); profondità massima della pozza; tipo di approvvigionamento idrico: 0, unicamente acqua piovana, 1, acqua piovana convogliata da un sistema di canalizzazione superficiale, 2, sorgente oppure falda acquifera localmente affiorante; pH e conducibilità elettrica, misurati tramite uno strumento portatile (pH/EC Combo, Hanna Instruments); tipo di impermeabilizzazione: 0, naturale (fondo in argilla e limo, spesso frammisto a foglie), 1, misto (fondo artificiale, talvolta con tessuto-non tessuto, ma sempre con strato superficiale di argilla e limo), 2, artificiale (guaina in materiale plastico). Inoltre, sono state valutate le seguenti variabili relative alla vegetazione: grado di copertura complessiva della vegetazione nella pozza; ricchezza floristica, ovvero numero di specie complessivamente rilevate nella pozza;

numero di idrofite; livello di ombreggiamento delle sponde da parte della vegetazione arboreo-arbustiva circostante: 0, assente, 1, su meno di un quarto del perimetro della pozza, 2, tra un quarto e un terzo del perimetro, 3, su almeno un terzo del perimetro; percentuale di formazioni erbacee (prati e pascoli) in un'area di 500 m di raggio attorno alla pozza (informazione ricavata da DUSAF 2.0); livello di pressione del pascolamento lungo le sponde, soprattutto durante la fase dell'abbeverata, valutato tramite gli effetti sulla vegetazione procurati dal bestiame: 0, inconsistente, 1, moderato (cotico erboso soltanto a tratti danneggiato), 2, elevato (cotico erboso diffusamente rimosso); valore mediano dell'indice N (disponibilità di azoto inorganico) di Ellenberg *et al.* (1992), calcolato per tutte le specie presenti in un rilievo a prescindere dal loro grado di copertura. Nel presente studio sono state considerate come idrofite le specie con indice F di Ellenberg *et al.* (1992) maggiore o uguale a 8; a queste sono state aggiunte *Deschampsia cespitosa*, *Juncus bufonius*, *J. effusus*, *J. inflexus* e *Peplis portula*. La tabella 1 riporta l'elenco di tutte le variabili analizzate. L'età della pozza non è stata considerata tra queste variabili, soprattutto per la mancanza di precise informazioni; la maggior parte delle pozze è comunque antecedente al 1994, almeno come formazione, anche se alcune hanno subito successivamente importanti interventi, comunque non databili con precisione. Occorre comunque sottolineare che Oertli *et al.* (2000) non hanno evidenziato una relazione significativa tra il periodo trascorso dall'ultimo intervento nella pozza e la ricchezza della flora acquatica. Anche il grado di connettività delle pozze non è stato considerato, in quanto ritenuto poco significativo ai fini delle analisi; la maggior parte delle

Tab. 1 - Variabili rilevate per ciascuna pozza, con relativa sigla, tipo (# variabili considerate come indipendenti nei modelli calcolati sulle variabili dipendenti ^), intervallo e valore mediano.

Tab. 1 - Variables reported for each pool, and their respective acronym, type (# variables regarded as independent in models calculated dependent variables ^), range and median value.

Variabile	Sigla	Tipo		Intervallo	Mediana	u.m.
Pozza						
quota	quo	continua	#	876-1876	1253	m s.l.m.
superficie complessiva	sup	continua	#	5-661	35	m ²
profondità massima	pro	continua	#	10-120	30	cm
approvvigionamento idrico	app	ordinale	#	0-2	1	
pH dell'acqua	pH	continua		6,62-10,12	7,63	
conducibilità dell'acqua	con	continua		21-409	131	μS cm ⁻¹
impermeabilizzazione	imp	ordinale	#	0-2	0	
Vegetazione						
grado di copertura	cop	continua	^	0-85	15	
ricchezza floristica	ric	continua	^	0-28	9	
presenza di idrofite	idr	continua	^	0-13	3	
ombreggiamento	omb	ordinale	#	0-3	1	
presenza di formazioni erbacee	erb	continua		0-100	54,5	
pascolamento	pas	ordinale	#	0-2	1	
indice di disponibilità di azoto	azo	continua		3-6,5	5	

pozze si concentra infatti in poche località (quattro al Monte Albigo e altrettante sul versante dell'Alpe Prabello, tre rispettivamente al Moncodeno e a monte dei Prati di Nava). Infine, in sole 3 pozze è stata osservato un completo disseccamento durante il periodo estivo; questa variabile non è stata comunque considerata nelle analisi.

La nomenclatura delle specie di piante vascolari segue Conti et al. (2005), considerando anche le modifiche proposte in Conti et al. (2007).

3.2. Elaborazione dati

Al fine delle analisi di ordinamento e *cluster analysis* è stata considerata una matrice composta dai 20 rilievi delle pozze con vegetazione e dalle 38 specie rinvenute in almeno due rilievi. Per ogni specie è stata considerata la copertura riscontrata in ciascun rilievo sulla base della scala semi-quantitativa (valori 1-4).

I punteggi lungo i primi due assi di una *Detrended Correspondence Analysis (DCA)* e quelli dei primi due assi di una *Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS)*, compiuta quest'ultima su una matrice calcolata tramite la distanza di Bray-Curtis, sono stati esaminati tramite una *Procrustes Analysis* conseguendo così un test per definire statisticamente il livello di corrispondenza tra i due ordinamenti (Peres-Neto and Jackson, 2001). Per quantificare la relazione tra i principali gradienti floristici e le variabili analizzate (Tab. 1), sono stati calcolati i coefficienti per ranghi di Spearman tra i punteggi dei rilievi nell'ordinamento e i valori delle variabili (Jongman et al., 1987).

La matrice specie x rilievi è stata sottoposta a *cluster analysis*, impiegando la distanza di Bray-Curtis e il metodo di *clustering* di Ward (*minimum increase of error sum squares*). L'identificazione delle specie caratterizzanti ciascun *cluster* è stata realizzata con il metodo dell'*Indicator Value* (Dufrene & Legendre, 1997). Questo indice combina sia la frequenza sia il grado di copertura di una specie in ogni raggruppamento di rilievi individuato dalla *cluster analysis*. Nel caso specifico, una specie è stata considerata identificativa di un *cluster* quando l'indice è risultato statisticamente significativo ($p < 0.05$) a seguito di 9999 cicli di permutazioni casuali dei valori di copertura della specie stessa. L'*Indicator Value* è stato utilizzato anche per determinare la soglia di taglio nel dendrogramma e quindi riconoscere il numero di gruppi nel dendrogramma (Dufrene & Legendre, 1997). È stato inoltre calcolato il test U di Mann-Whitney, con lo scopo di evidenziare differenze nei valori delle variabili tra i gruppi di rilievi nei diversi livelli del dendrogramma.

Per valutare le relazioni tra le tre variabili dipendenti e le sette variabili indipendenti riportate in tabella 1, sono stati calcolati i *Generalized Linear Model (GLM)*; distribuzione dell'errore secondo Poisson). Le variabili indipendenti sono state scelte tra quelle che possono essere direttamente controllate durante le fasi di progettazione e quindi di realizzazione di una nuova pozza. I modelli sono stati calcolati tramite una procedura di *backward stepwise*, impiegando l'*Akaike Information Criterion (AIC)* come regola di arresto (Sakamoto et al., 1986). Si sono impiegati unicamente i termini di primo grado delle variabili indipendenti per garantire una maggior interpretabilità dei modelli. Per il calcolo dei modelli la matrice di dati risulta composta, oltre che dalle 20 pozze con vegetazione, anche da altre

5 in cui non è stata riscontrata alcuna pianta.

Le analisi statistiche sono state effettuate impiegando diverse *library* nella piattaforma *software R* (R Development Core Team, 2009), in particolare "labdsv" (Roberts, 2007) e "vegan" (Oksanen et al., 2009).

4. RISULTATI

La distribuzione delle 38 specie rispetto ai primi due assi della *DCA* è rappresentata in figura 1. Il primo asse (*DCA1*) presenta un *eigenvalue* (0,54) maggiore di 0,5, soglia che consente di identificare in una *DCA* gli assi con una buona separazione delle specie (Jongman et al., 1987). Più precisamente *DCA1* esibisce il maggior contenuto informativo, in quanto *DCA2* presenta un *eigenvalue* quasi dimezzato rispetto a *DCA1* (0,29) e di poco superiore a quello del terzo asse (0,21). I valori più elevati su *DCA1* sono raggiunti da quattro specie (*Peplis portula*, *Alisma plantago-aquatica*, *Equisetum arvense* e *Carex vesicaria*), mentre il valore più basso è invece riportato per *Groenlandia densa*. Quest'ultima mostra invece il valore più elevato su *DCA2*, mentre *Plantago lanceolata* il più basso.

I valori dei coefficienti di Spearman tra i punteggi dei rilievi nella *DCA* e le variabili sono riportati nella tabella 2. *DCA1* è negativamente correlato con quattro variabili, ossia con la superficie della pozza, la pressione di pascolamento, la disponibilità di azoto e soprattutto la quota. Altamente correlati, ma con segno del coefficiente positivo, sono i punteggi di *DCA1* con la frequenza di idrofite nella pozza. *DCA2* è invece correlato in modo significativo soltanto con la superficie della pozza e la pressione di pascolamento; per entrambe le variabili il segno del coefficiente è positivo. La *Procrustes Analysis* ha evidenziato una forte

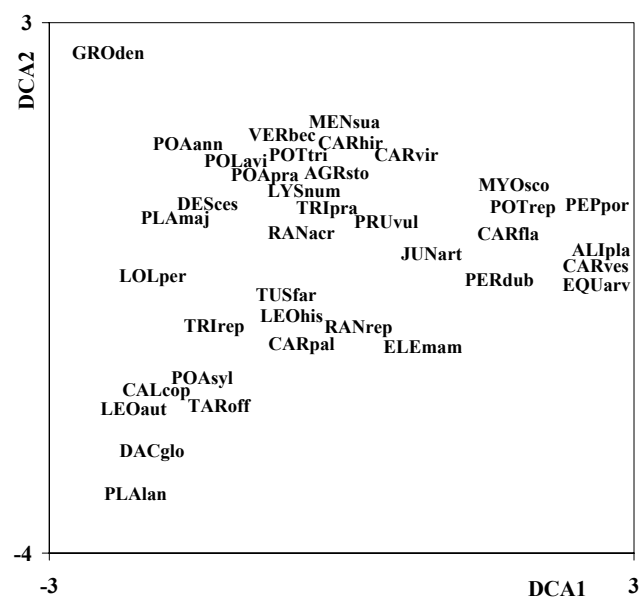


Fig. 1 - Ordinamento delle specie rispetto ai primi due assi della *DCA* (per le abbreviazioni si veda tabella 3).

Fig. 1 - Species ordination on the first two axes of *DCA* (see table 3 for acronyms).

concordanza tra *DCA* e *NMDS* (correlazione nella *Procrustes rotation* = 0,76, $p < 0,001$), fornendo quindi ulteriore supporto ai risultati evidenziati dalla *DCA*.

La figura 2 mostra il dendrogramma ricavato dalla *cluster analysis*. Per mezzo dell'analisi degli *Indicator Value* è stato possibile riconoscere cinque gruppi di rilievi, contrassegnati dalle lettere A- E. Nel dendrogramma sono riportate le variabili risultate statisticamente significative ($p < 0,05$) al test U di Mann-Whitney. La tabella 3 riporta i valori di copertura mediani per le 38 specie analizzate nei cinque gruppi della *cluster analysis*.

Il gruppo di quattro rilievi indicato con la lettera A è contraddistinto dalla presenza di una discreta copertura di *Alisma plantago-aquatica*, *Carex flacca*, *Carex vesicaria* e *Persicaria dubia*, e in subordine *Equisetum arvense* e *Potentilla reptans*; peculiare è la presenza di *Peplis portula*, ma con scarsa copertura. I restanti gruppi (B-E) sono collettivamente distinti da *Plantago major* e *Trifolium repens*. Otto variabili sono risultate statisticamente significative in questo nodo del dendrogramma. In particolare, i rilievi del gruppo A sono ubicati a quote inferiori e in pozze di pochi metri quadrati; risultano inoltre inferiori la pressione di pascolamento e la presenza di specie indicatrici di elevate concentrazioni di azoto. Le pozze del gruppo A, ricavate in una piccola torbiera (Monte Albiga), sono state realizzate per l'abbeverata della fauna selvatica e soprattutto per la batracofauna.

Il gruppo B, composto da quattro rilievi, si distingue floristicamente per *Groenlandia densa* e *Poa annua*. L'unica variabile risultata statisticamente significativa in raffronto al gruppo di rilievi C-E è la profondità della pozza, maggiore nel gruppo B.

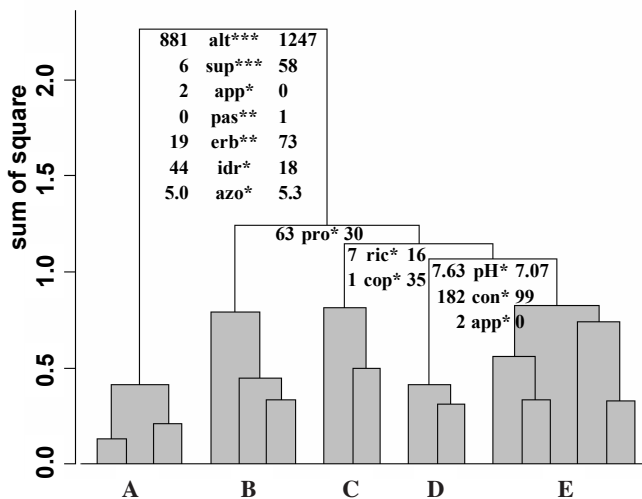


Fig. 2 - Dendrogramma ricavato dalla *cluster analysis* sui rilievi. Sono evidenziati i cinque gruppi di rilievi (lettere A-E) individuati con il metodo dell'*Indicator Value*. Sono inoltre riportati i valori mediani di ciascun gruppo di rilievi per le variabili (vedi tabella 1) risultate statisticamente significative al test U di Mann-Whitney (* $0,05 > p \geq 0,01$; ** $0,01 > p \geq 0,001$; *** $p < 0,001$).

Fig. 2 - Dendrogram from cluster analysis calculated on relevés. Five cluster of relevés (letters A-E) are showed by means of the *Indicator Value* method. Median values of variables (see table 1) statistically significant by the Mann-Whitney U test are reported for each cluster (* $0.05 > p \geq 0.01$; ** $0.01 > p \geq 0.001$; *** $p < 0.001$).

Tab. 2 - Coefficienti di correlazione di Spearman tra i punteggi dei rilievi nella *DCA* e le variabili (n.s., non statisticamente significativo; * $0,05 > p \geq 0,01$; ** $0,01 > p \geq 0,001$; *** $p < 0,001$).

Tab. 2 - Spearman's correlation coefficients among *DCA* scores of relevés and variables (n.s., not statistically significant; * $0.05 > p \geq 0.01$; ** $0.01 > p \geq 0.001$; ***, $p < 0.001$).

Variabile	DCA1	DCA2
Pozza		
quota	-0,63**	n.s.
superficie complessiva	-0,51*	+0,50*
profondità massima	n.s.	n.s.
approvvigionamento idrico	n.s.	n.s.
pH dell'acqua	n.s.	n.s.
conducibilità dell'acqua	n.s.	n.s.
impermeabilizzazione	n.s.	n.s.
Vegetazione		
grado di copertura	n.s.	n.s.
ricchezza floristica	n.s.	n.s.
presenza di idrofite	+0,79***	n.s.
ombreggiamento	n.s.	n.s.
presenza di formazioni erbacee	n.s.	n.s.
pascolamento	-0,51*	+0,45*
indice di disponibilità di azoto	-0,65*	n.s.

Il gruppo C non è contraddistinto da alcuna specie, quantunque nei gruppi D ed E si riscontra la presenza significativa di *Ranunculus acris*. Si tratta, infatti, di un gruppo di pozze paucispecifiche e con bassa copertura vegetale.

Cinque specie (*Carex hirta*, *Mentha suaveolens*, *Potamogeton trichoides*, *Trifolium pratense* e *Veronica cabunga*) contraddistinguono i tre rilievi del gruppo D dai cinque del gruppo E, quest'ultimo distinto a sua volta da due specie (*Callitriche cophocarpa* e *Taraxacum officinale*). Le pozze riconducibili al gruppo D presentano valori maggiori di pH e conducibilità; l'approvvigionamento idrico delle pozze è inoltre legato alla presenza di acqua sorgiva e/o convogliata dai pendii, diversamente da quello che si riscontra nel gruppo E dove è preponderante l'apporto di acqua piovana.

Il modello calcolato per ciascuna delle tre variabili dipendenti è riportato nella tabella 4. Per la ricchezza floristica (ric) il modello finale, risultato altamente significativo, interpreta più della metà della *null deviance* sulla base del q^2 di McFadden. Alla ricchezza floristica contribuisce in modo particolarmente significativo il tipo di impermeabilizzazione; il coefficiente negativo per questa variabile indica che l'impiego di materiale artificiale determina un minor numero di specie di piante nella pozza. In antitesi, una maggior superficie della pozza incide positivamente

Tab. 3 - Valori mediiani di copertura per le 38 specie in ciascun cluster (lettere A-E) del dendrogramma di figura 2 (“.” indica completa assenza nel cluster, “0” indica almeno una presenza ma la copertura mediana è pari a zero). In grigio sono evidenziati i valori di copertura delle specie associate ad un cluster sulla base dell’Indicator Value, mentre con un asterisco sono indicate le specie considerate come idrofite.

Tab. 3 - Median value of cover for the 38 species in each cluster (letters A-E) of the dendrogram in figure 2 (“.” denotes absolute absence in a cluster, “0” denotes almost an occurrence but median value equals to zero). Cover values are highlighted in grey for the species designated a cluster by means of the Indicator Value, and the stars denotes the species regarded as hydrophytes.

Specie	Cluster	A	B	C	D	E
	Num.ril.	4	4	3	3	6
* <i>Alisma plantago-aquatica</i>	3	.	.	.	.	.
* <i>Carex vesicaria</i>	3	.	.	.	.	.
<i>Carex flacca</i>	3	0	.	1	0	.
* <i>Persicaria dubia</i>	2	.	.	0	0	.
<i>Equisetum arvense</i>	1/2	.	.	.	.	.
<i>Potentilla reptans</i>	1	.	.	0	.	.
* <i>Peplis portula</i>	0/1	.	.	.	.	.
<i>Plantago major</i>	.	2	1	0	1	.
<i>Trifolium repens</i>	.	1	0	1	2	.
* <i>Groenlandia densa</i>	.	1/2	.	.	.	.
<i>Poa annua</i>	.	1/2	.	1	1	.
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	.	1	1	.
* <i>Potamogeton trichoides</i>	.	.	.	4	.	.
* <i>Veronica beccabunga</i>	.	.	.	3	.	.
<i>Carex hirta</i>	.	.	0	2	.	.
* <i>Mentha suaveolens</i>	.	.	.	1	.	.
<i>Trifolium pratense</i>	.	.	.	1	0	.
<i>Taraxacum officinale</i>	.	0	.	0	1	.
* <i>Callitriche cophocarpa</i>	.	.	.	.	1	.
* <i>Juncus articulatus</i>	3	0	2	2	3	.
<i>Ranunculus repens</i>	2	0/1	2	2	2	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	1/2	2/3	0	3	3	.
<i>Prunella vulgaris</i>	1	0	.	1	1	.
* <i>Eleocharis mamillata</i> subsp. <i>austriaca</i>	2	.	.	.	3	.
* <i>Myosotis scorpioides</i>	0	.	.	.	0	.
<i>Tussilago farfara</i>	.	0	0	1	0	.
* <i>Deschampsia cespitosa</i>	.	0	0	.	1	.
<i>Lolium perenne</i>	.	1	.	1	1	.
<i>Poa pratensis</i>	.	0/1	.	0	0	.
<i>Polygonum aviculare</i>	.	0/1	.	0	1	.
<i>Poa sylvicola</i>	.	.	1	0	0	.
* <i>Carex viridula</i>	.	.	0	0	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	0	.	0	.
<i>Plantago lanceolata</i>	.	.	0	.	0	.
<i>Leontodon hispidus</i>	.	.	.	0	0	.
<i>Carex pallescens</i>	.	.	.	.	0	.
<i>Leontodon autumnalis</i>	.	.	.	.	0	.
<i>Lysimachia nummularia</i>	.	.	.	.	0	.

sulla ricchezza floristica, mentre la profondità incide negativamente.

Il modello relativo alla copertura complessiva della vegetazione (cop), pur essendo altamente significativo, interpreta poco meno di un terzo della *null deviance*. Tutte le variabili indipendenti mantenute nel modello finale presentano un coefficiente negativo, pertanto un loro incremento determina una riduzione della copertura vegetale della pozza. Per quanto riguarda il tipo di approvvigionamento idrico, si determina una maggior copertura nel caso di apporto di acqua piovana.

La presenza di idrofite (idr) è rappresentata da un modello altamente significativo che interpreta più della metà della *null deviance*. Anche in questo modello il tipo di impermeabilizzazione incide negativamente sulla variabile dipendente analizzata. Inoltre, un incremento del grado di ombreggiamento delle sponde e un’altitudine crescente determinano una diminuzione di idrofite presenti nella pozza.

5. DISCUSSIONE

Nel presente studio sono state individuate sei specie non riportate nella flora della Grigna da Rossi (2005). Dal punto di vista ecologico cinque di queste specie, cioè *Alopecurus geniculatus*, *Callitriche cophocarpa*, *Carex vesicaria*, *Ceratophyllum submersum* ed *Eleocharis mamillata* subsp. *austriaca* (forse confusa da Rossi con *E. palustris* e sotto questo binomio riportata nella sua flora) e quindi con l’eccezione di *Poa sylvicola*, sono considerate tipiche specie di aree umide e crescono sul massiccio del Grignone solo nelle pozze o nelle loro immediate vicinanze. In effetti, il contributo degli stagni alla biodiversità si esplicita ospitando specie peculiari, assenti o rare in altri corpi idrici (Williams *et al.*, 2004). Questa evidenza è ovviamente ancor più marcata se consideriamo le pozze per l’abbeverata di un ambiente carsico, dove spesso costituiscono l’unico ambiente con acqua o quantomeno l’unico di tipo lenticò.

La distribuzione delle specie vegetali nelle pozze d’alpeggio appare complessivamente condizionata da relativamente pochi fattori rispetto a tutti quelli analizzati. La quota viene spesso considerata come uno dei fattori in grado di incidere sulla composizione floristica dei corpi idrici (Williams *et al.*, 2004) e sulla presenza di singole specie negli stagni (Auderset Joye, 2006). Pur considerando che il gradiente altimetrico può sottendere a variazioni di diversi altri fattori (Oertli *et al.*, 2000), data la relativa estensione e l’uniformità ambientale dell’area di studio, il gradiente altimetrico può essere inteso come espressione diretta del gradiente termico, che corrisponde ad una variazione di 0,56°C nella temperatura media annuale per ogni 100 m di dislivello (Belloni, 1975). L’altitudine incide in particolare sulla frequenza delle idrofite, che progressivamente divengono sempre più rare procedendo in quota, come evidenziato anche da Hinden *et al.* (2005). All’aumentare dell’ombreggiamento delle sponde si determina inoltre una riduzione della frequenza delle idrofite, dato che la maggior parte di queste piante predilige ambienti con una buona illuminazione (Dawson & Haslam, 1983; Canfield & Hoyer, 1988).

Il grado di pascolamento influisce anch’esso sulla distribuzione complessiva delle specie, tanto che le nitrofile sono presenti dove è maggiore la pressione del

Tab. 4 - *Generalized Linear Model (GLM)* per le tre variabili dipendenti (Tab.1). Sono riportati i valori dei coefficienti delle variabili indipendenti e il valore dell'intercetta. Il simbolo “-” indica che la variabile indipendente non è stata mantenuta nel modello finale ottenuto tramite procedura *backward stepwise*. La qualità dei modelli è stata valutata tramite due statistiche (ρ^2 di McFadden e valore di probabilità associato al test del χ^2).

Tab. 4 - *Generalized Linear Model (GLM) for the three dependent variables (Tab. 1)*. Coefficient values of the independent variables and the intercepts are reported. The type “-” denotes the independent variables excluded in the final model by backward stepwise. The quality of the models was evaluated through two statistics (McFadden's ρ^2 and probability of χ^2 test).

Variabili indipendenti	Variabili dipendenti					
	ric coeff.	p(Z)	cop coeff.	p(Z)	idr coeff.	p(Z)
sup	+9,42E-04	= 0,009	-	-	-	-
pro	-4,86E-03	= 0,064	-7,50E-03	< 0,001	-	-
alt	-	-	-	-	-1,32E-03	= 0,022
app	-	-	-1,21E-01	= 0,043	-	-
imp	-9,52E-01	< 0,001	-9,81E-01	< 0,001	-8,50E-01	= 0,013
omb	-	-	-	-	-3,35E-01	= 0,004
pas	-	-	-3,42E-01	< 0,001	-	-
intercetta	+2,66E+00	< 0,001	+4,07E+00	< 0,001	+3,29E+00	< 0,001
McFadden ρ^2	0,521	-	0,305	-	0,542	-
χ^2 (g.d.l.)	81,4 (3)	-	217,8 (4)	-	39,5 (2)	-
p (χ^2)	< 0,001	-	< 0,001	-	< 0,001	-

bestiame all'abbeverata. In particolare il calpestio del bestiame determina una forte riduzione della copertura vegetale nella pozza, in special modo lungo le sponde; al termine dell'abbeverata risultano inoltre sospesi sedimenti nel volume d'acqua. Stagni frequentati da bestiame, o comunque in aree agricole, sono caratterizzati da acque con elevati valori di torbidità, limo nei sedimenti, fosforo totale e concentrazione di clorofilla, con conseguenti risvolti negativi sulla diversità vegetale (Declerck et al., 2006). La qualità ecologica delle pozze dipende quindi dall'uso del suolo nei dintorni, tanto che una sua localizzazione dovrebbe essere attentamente pianificata considerando anche questo aspetto (Davies et al., 2004). Un altro importante fattore da considerare nella localizzazione riguarda i rapporti spaziali tra gli stagni e quindi la realizzazione di *network*, benché gli effetti sulla componente di piante acquatiche non è stata ancora dimostrata (Oertli et al., 2000). Occorre comunque rilevare come per Scheffer et al. (2006) la connessione di frammenti isolati di *habitat* può ridurre piuttosto che promuovere la biodiversità a livello di paesaggio; tuttavia la biodiversità a scala regionale verrebbe massimizzata se i *patch* di *habitat* variassero in termini di dimensione e connessione. Nell'area di studio la superficie della pozza condiziona la presenza delle piante, soprattutto per quanto concerne la composizione nelle piccole pozze ubicate nella torbiera. Inoltre, questo fattore incide positivamente sul numero totale di specie in una pozza, ma è altresì ininfluenza sulla presenza di idrofite in accordo con Hinden et al. (2005).

Alcuni fattori ambientali sembrano invece influenzare la sola presenza di alcune specie. Ad esempio, le idrofite *Mentha suaveolens*, *Potamogeton trichoides* e *Veronica beccabunga* vegetano in pozze alimentate in modo prevalente da acque sorgive, mentre *Callitriche cophocarpa*, ma in parte anche *Eleocharis mamillata* subsp. *austriaca*, crescono in pozze approvvigionate dalla pioggia e quindi

in acque con più bassi valori di pH e conducibilità. Il tipo di approvvigionamento idrico incide inoltre sulla copertura delle piante nella pozza, con una maggior estensione del manto vegetale in presenza di un preminente apporto di acqua piovana.

La profondità della pozza incide sulla ricchezza in specie e soprattutto sul grado di copertura della comunità vegetale, dato che nella maggior parte delle pozze la vegetazione si localizza nella fascia di oscillazione della falda e nel primo tratto sommerso. La frequenza delle idrofite non risulta invece significativamente interpretata dalla profondità della pozza, come rilevato anche da Hinden et al. 2000, quantunque un modello proposto da Oertli et al. (2000) evidenzia un contributo negativo alla ricchezza in specie acquatiche.

Sul massiccio della Grigna i *lavacc* erano tradizionalmente realizzati laddove vi era già una depressione naturale, così da assicurarsi che l'acqua piovana finisse per dilavamento entro il bacino. Ogni anno durante il periodo di asciutta i proprietari delle cascate trasportavano un po' di argilla che veniva sparsa per tappezzare il fondo, poi calpestato insistentemente dalle vacche o da una soltanto legata per un giorno intero a fianco del *lavacc*. Talvolta all'argilla venivano aggiunte delle foglie di faggio per creare un impasto ancora più impermeabile. Gli argini della pozza assecondavano la morfologia dei pendii, altre volte venivano sostenuti da muretti in pietra. Le dimensioni dei *lavacc* erano variabili secondo le necessità e la morfologia del terreno; ad esempio, potevano andare da 50 cm ad un massimo di 1,2 m di profondità. Caratteristiche e tecniche di realizzazione delle pozze erano sostanzialmente simili in altre zone montane della Lombardia (Comini, 2006; Corti et al., 2007).

Dal punto di vista della progettazione naturalistica, Bressi et al. (2000) indicano come miglior materiale naturale per gli stagni destinati alla riproduzione degli anfibi l'argilla, purtroppo non sempre disponibile; da un'analisi

costi/benefici è emerso che il calcestruzzo è il miglior materiale per gli stagni piccoli, mentre PVC e gomma butilica lo sono per quelli medio-grandi. La bentonite è invece il materiale meno indicato, specie in condizioni di aridità che possono determinare il prosciugamento della pozza o comunque forti variazioni nel livello dell'acqua. Nel presente studio si evidenzia come il materiale impiegato per l'impermeabilizzazione condiziona la diversità vegetale della comunità, senza comunque determinare un'alterazione sostanziale nella composizione floristica. La scelta delle tecniche e del materiale appare dunque un aspetto fondamentale nella progettazione delle pozze d'alpeggio: deve essere perlomeno presente una copertura di sedimento per garantire l'attecchimento e quindi la radicazione delle piante. Occorre infatti evidenziare che tra le idrofite non è stata rilevata nessuna specie di pleustofita, cioè di idrofita liberamente galleggiante, con l'unica eccezione rappresentata da *Ceratophyllum submersum* rilevata in una sola pozza.

6. CONCLUSIONI

Dalle analisi ecologiche svolte sulla componente di flora vascolare nelle pozze di alpeggio, si possono formulare i seguenti criteri naturalistici per la progettazione di interventi gestionali:

- la superficie della pozza deve essere più ampia possibile, compatibilmente con la morfologia dei luoghi e l'apporto idrico, al fine di ospitare un maggior numero di specie vegetali;
 - la profondità della pozza deve essere prudentemente bassa, non solo per prevenire incidenti durante l'abbeverata del bestiame, ma anche per favorire la ricchezza specifica nella componente vegetale;
 - deve essere garantito un buon apporto idrico, meglio se con acqua piovana, eventualmente raccolta con un sistema di piccole canalizzazioni superficiali (ad esempio, con solchi d'invito lungo i pendii);
 - al fine di garantire una maggior presenza di specie vegetali tipiche (idrofite) e ridurre quindi la banalizzazione della flora, si dovrebbe regolare l'accesso del bestiame (ad esempio, limitando i punti di accesso);
 - si deve evitare il solo impiego di materiali impermeabilizzanti non naturali (ad esempio, guaine in materie plastiche) che riducono l'attecchimento delle piante, perlomeno ponendovi al di sopra uno strato di terra argillosa;
- e inoltre sono da tener presenti le seguenti indicazioni:
- un maggior livello di ricchezza floristica è raggiunto localizzando le pozze ad una bassa altitudine;
 - bisognerebbe evitare un eccessivo ombreggiamento sulla pozza, limitandolo perlomeno ad un piccolo nucleo di alberi oppure ad una cintura di bassi arbusti.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano B. Vitali (Comunità Montana Valsassina, Valvarrone, Val d'Esino e Riviera) per il sostegno fornito durante la ricerca. Lo studio è stato sostenuto tramite borsa di ricerca ad uno degli Autori (G. Bru-

sa) dall'Università degli Studi dell'Insubria, mediante un finanziamento della Regione Lombardia riguardante i Progetti "SE.BI.O – Sentiero della Biodiversità sulle Orobie" e in particolare il Progetto "Ri.Alp. – Rinaturazione Alpeggi" (Ente Proponente: Parco Regionale delle Orobie Bergamasche; Ente esecutore: Centro Flora Autoctona della Regione Lombardia).

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2006 - *Progetto carta dei tipi forestali*. Regione Lombardia - Agricoltura, Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste, Milano, DVD.
- Auderset Joye D., Oertli B., Lehmann A., Juge R. & Lachavanne J.-B., 2006 - The prediction of macrophyte species occurrence in Swiss ponds. *Hydrobiologia*, 570: 175-182.
- Belloni S., 1975 - Il clima delle province di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici. *C.N.R., Fondazione per i Problemi Montani dell'Arco Alpino*, n. 99: 1-96.
- Biggs J., Williams P., Whitfield P., Nicolet P. & Weatherby A., 2005 - 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 15: 693-714.
- Bini A., 1986 - Il clima del Gruppo delle Grigne. *Materiali: monografie periodiche dei Musei Civici di Lecco*, anno I., num. I.
- Blasi C. & Michetti L., 2005 - Biodiversità e clima. In: Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F. & Marchetti M. (a cura di), *Stato della Biodiversità in Italia. Contributo alla strategia nazionale per la biodiversità*. Palombi Ed., Roma: 57-66.
- Bressi N. & Stoch F., 1999 - Karstic ponds and pools: history, biodiversity and conservation. In: Booihby J. (ed.), *Ponds and pond landscapes of Europe*. Proceedings of the International Conference of the Pond Life Project, Maastricht: 39-50.
- Bressi N., Dolce S. & Pillepich A., 2000 - Interventi di tutela e tecniche sperimentali di gestione della batracofauna (*Amphibia*) in Provincia di Trieste. Atti del I Congresso Nazionale della Societas Italica Herpetologica Italica (Torino, 1996). *Mus. reg. Sci. nat. Torino*: 773-781.
- Canfield D.E.J. & Hoyer M.V., 1988 - Influence of nutrient enrichment and light availability on the abundance of aquatic macrophytes in Florida streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 1467-1472.
- Casati P. & Bini A., 1982 - *Itinerari geologici nel Gruppo delle Grigne (Prealpi lombarde)*. Itinerari naturalistici e geografici attraverso le montagne italiane, seconda serie, vol.18. Commissione Centrale delle Pubblicazioni del CAI.
- Ceriani M. & Carelli M., 2000 - *Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891-1990)*. Regione Lombardia, Milano.
- Comini B. (a cura di), 2006 - *Le pozze. Interventi di ripristino e manutenzione*. Ersaf, Milano: 1-33.
- Comunità Montana delle Prealpi Trevigiane, 2008. *Progetto LIFE04 NAT/IT/000167 "Sistema Aurora". Relazione tecnica scientifica finale*. <http://www.prealpitrevigiane.it/life.asp> (ultimo accesso: dicembre 2010).
- Conti F., Abbate G., Alessandrini A. & Blasi C. (a cura di), 2005 - *An annotated checklist of the Italian vascular flora*. Palombi Editore, Roma, 420 pp.
- Conti F., Alessandrini A., Bacchetta G., Banfi E., Barberis G., Bartolucci F., Bernardo L., Bonacquisti S., Bouvet D., Bovio M., Brusa G., Del Guacchio E., Foggi B., Frattini S., Galasso

- G., Gallo L., Gangale C., Gottschlich G., Grünanger P., Gubellini L., Iiriti G., Lucarini D., Marchetti D., Moraldo B., Peruzzi L., Poldini L., Prosser F., Raffaelli M., Santangelo A., Scassellati E., Scortegagna S., Selvi F., Soldano A., Tinti D., Ubaldi D., Uzunov D. & Vidali M., 2007 - Integrazioni alla Checklist della flora vascolare italiana. *Nat. Vicentina*, 10: 5-74.
- Corti M., Scarzella P. & Trivella L., 2007 - Gli elementi del paesaggio pastorale del Lario intelvese identificazione, recupero, rifunzionalizzazione. In: Carminati A. & Omobono S. (a cura di), *Abitare le Alpi: insediamenti rurali e cultura del paesaggio*. Gente e terra d'Imagna, 11: 209-277.
- Davies B.R., Biggs J., Lee J.T. & Thompson S., 2004 - Identifying optimum locations for new ponds. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 14: 5-24.
- Dawson F.H. & Haslam S.M., 1983 - The management of river vegetation with particular reference to shading effects of marginal vegetation. *Landscape Plan.*, 10: 147-169.
- Declerck S., De Bie T., Ercken D., Hampel H., Schrijvers S., Van Wichelen J., Gillard V., Mandiki R., Losson B., Bauwens D., Keijers S., Vyverman W., Goddeeris B., De Meester L., Brendonck L. & Martens K., 2006 - Ecological characteristics of small ponds: associations with land-use practices at different spatial scales. *Biol. Conserv.*, 131: 523-532.
- De Meester L., Declerck S., Stoks R., Louette G., Van de Meutter F., De Bie T., Michels E. & Brendonck L., 2005 - Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 15: 715-726.
- Dufrène M. & Legendre P., 1997 - Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.*, 67: 345-366.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulißen D., 1992 - Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18: 9-166.
- Fenaroli L., 1938 - Itinerari naturalistici lombardi. La vegetazione e la flora del gruppo delle Grigne. *L'Alpe, Riv. For. Ital.*, 25: 3-17.
- Giovine G., 2007 - *Indicazioni relative al recupero di alcune pozze nei comuni di Lumezzane e Nave Val Trompia, Prealpi Bresciane (BS)*. Stazione sperimentale regionale per lo studio e la conservazione degli anfibii in Lombardia. www.centroanfibilagoendine.valcavallina.bg.it (ultimo accesso: dicembre, 2010).
- Hinden H., Oertli B., Menetrey N., Sagera L. & Lachavanne J.-B., 2005. Alpine pond biodiversity: what are the related environmental variables? *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 15: 613-624.
- Jongman R.H.G., ter Braak C.J.F. & van Tongeren O.F.R., 1987 - *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc, Wageningen, 324 pp.
- Lapini L., Oriolo G., Paradisi S., Stoch F. & Tomasella M., 2005 - Tutela, gestione e conservazione. In: Stoch F. (a cura di), *Pozze, stagni e paludi - Le piccole acque, oasi di biodiversità*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Museo Friulano di Storia Naturale, Udine. Quaderni Habitat, 11: 125-141.
- Lorenzi P., 2005 - Le migrazioni degli uccelli: il Progetto nursery. *EcoNews*, n. 22, suppl. *Ann. Mus. civ. Rovereto*, 20: 6-7.
- Mezzena R. & Polli E., 1982 - Gli stagni della provincia di Trieste. Contributo alla conoscenza della flora e della vegetazione. *Atti Mus. civ. Stor. nat. Trieste*, 33: 1-216.
- Moggio P., 2002 - Recupero delle pozze di alpeggio con finalità ecologico-ambientali. *Terra Trentina, Mensile di economia e tecnica dell'agricoltura Organo dell'Assessorato provinciale all'agricoltura di Trento*, 7: 34-37.
- Moser D.M., 1998 - Ein neuer Reliktendemit der Grigna Meridionale, Provincia di Como, Italien: *Primula grignensis* D. M. Moser (sect. *Auricula*, subsect. *Erythrodrosum* Schott). *Candollea*, 53: 387-393.
- Oertli B., Auderset Joye D., Castella E., Juge R. & Lachavanne J.B., 2000 - *Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse*. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape. Laboratory of Aquatic Ecology and Biology (LEBA), University of Geneva, 434 pp.
- Poldini L. & Rizzi Longo L., 1975 - Studi preliminari sulla flora e sulla vegetazione degli stagni del Carso triestino. *Atti Ist. e Labor. Critt. Univ. Pavia*, 6 (10): 187-240.
- Oksanen J., Kindt R., Legendre P., O'Hara B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H. & Wagner H., 2009 - *vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.15-4. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> (ultimo accesso: settembre 2009).
- Peres-Neto P.R. & Jackson D.A., 2001 - How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test. *Oecologia*, 129: 169-178.
- R Development Core Team, 2009 - *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org> (ultimo accesso: settembre 2009).
- Roberts D.W., 2007 - *labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology*. R package version 1.3-1. <http://ecology.msu.montana.edu/labdsv/R> (ultimo accesso: settembre 2009).
- Rossi P., 2005 - *La flora del Gruppo delle Grigne (a cura di Valerio Giacomini)*. Comunità Montana Valsassina, Valvarrone, Val d'Esino e Riviera, 547 pp.
- Sakamoto Y., Ishiguro M. & Kitagawa G., 1986 - *Akaike Information Criterion Statistics*. Reidel Publishing Company, Dordrecht/Tokyo, 320 pp.
- Scheffer M., van Geest G. J., Zimmer K., Jeppesen E., Sondergaard M., Butler M.G., Hanson M. A., Declerck S. & De Meester L., 2006 - Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. *Oikos*, 112: 227-231.
- Scott D.A. & Jones T.A., 1995 - Classification and inventory of wetlands: a global overview. *Vegetatio*, 118: 3-16.
- Sondergaard M., Jeppesen E. & Jensen J. P., 2005 - Pond or lake: does it make any difference? *Arch. Hydrobiol.*, 162: 143-165.
- Sutter R., 1962 - Beiträge zur Flora des Grignamassivs (Comersee). *Bauhinia*, 2: 50-54.
- Verde S., Assini S. & Andreis C., 2010 - Le serie di vegetazione della regione Lombardia. In: Blasi C. (a cura di), *La vegetazione d'Italia*. Palombi & Partner S.r.l., Roma: 52-81.
- Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Fox G., Nicolet P. & Sear D., 2004 - Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biol. Conserv.*, 115: 329-341.
- Younger P.L., 2007 - *Groundwater in the Environment: An Introduction*. Blackwell Publishing, Oxford, 318 pp.

Appendice 1 - Variabili rilevate per tutte le pozze d'alpeggio (vedi tabella 1 per le abbreviazioni; coordinate Gauss-Boaga, datum Roma 40).
Appendix 1 - Variables recorded for all mountain pasture pools (see table 1 for acronyms).

num. ril.	coord.E	coord.N	quo	sup	pro	app	pH	con	imp	cop	ric	idr	omb	erb	pas	azo
1	1532669	5086647	988	47	50	1	7.55	111	0	<1	9	1	3	79.5	1	5.5
2	1533383	5087232	996	8	30	2	7.70	327	0	<1	5	1	3	17.8	0	6.5
3	1533166	5087509	1121	38	40	0	6.62	35	0	30	9	4	1	100	2	5
4	1532401	5087653	1300	448	120	2	9.61	122	0	35	8	2	0	76.1	1	5
5	1524470	5092175	973	297	80	2	7.63	288	0	45	28	13	1	54.5	1	5
6	1527152	5094270	1258	81	30	0	7.95	303	1	<1	7	4	0	96.0	1	3
7	1523939	5097005	881	11	60	2	10.12	200	0	15	11	5	2	18.7	0	5
8	1523968	5097002	876	7	60	2	7.20	86	0	25	12	6	0	19.1	0	5
9	1523942	5096992	881	5	10	2	.	.	0	60	13	7	1	19.1	0	4.5
10	1523960	5096988	881	5	10	2	.	.	0	20	12	6	0	2.0	0	4.5
11	1532661	5089152	1281	22	25	1	7.07	99	0	35	13	2	2	100	1	6
12	1532825	5089066	1215	28	40	0	6.70	409	0	<1	7	0	2	94.0	2	6.5
13	1532800	5089525	1403	154	30	0	6.77	152	0	15	16	4	1	53.3	2	6
14	1532207	5089683	1564	661	40	0	7.17	76	0	<1	19	4	0	100	2	5
15	1532648	5090007	1323	21	15	0	7.19	140	1	70	18	3	1	48.8	1	5
16	1532745	5090494	1088	22	15	0	.	.	0	85	12	3	2	9.0	0	6
17	1533133	5090017	1093	200	85	0	8.47	107	0	5	8	1	2	70.5	2	6
18	1527974	5092788	1240	188	25	1	7.58	159	0	35	11	4	1	0.0	2	6
19	1530974	5088208	1663	35	35	0	7.62	215	1	3	9	2	0	0.8	1	6
20	1527464	5092265	1253	69	30	2	8.54	182	0	40	22	5	3	76.2	2	5
21	1531439	5087764	1622	16	20	0	9.76	25	2	0	0	0	0	100	1	.
22	1531945	5087660	1383	13	30	2	7.93	173	2	0	0	0	3	9.9	1	.
23	1529055	5090558	1703	42	30	0	7.32	64	2	0	0	0	0	98.5	2	.
24	1529463	5090311	1856	28	25	1	9.47	43	2	0	0	0	1	29.3	2	.
25	1529935	5090266	1876	35	45	1	10.10	21	2	0	0	0	0	96.6	2	.

Appendice 2 - Continua.
Appendix 2 - Continued.

	num.ril.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.		2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Myosotis scorpioides</i> L. subsp. <i>scorpioides</i>		.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Peplis portula</i> L.		1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria dubia</i> (Stein.) Fourr.		.	.	2	.	.	.	3	2	2	1	.	.	.	.	.	3	.	2	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i> L.		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Plantago major</i> L. subsp. <i>major</i>		1	1	1	2	.	.	.	.	.	.	2	2	1	2	1	.	2	.	2	2	2
<i>Poa angustifolia</i> L.		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Poa annua</i> L.		.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	.	.	2	1	3	2	2
<i>Poa pratensis</i> L.		.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	2	.	.
<i>Poa sylvicola</i> Guss.		1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Polygonum aviculare</i> L.		.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	1	1	1	1	1	.
<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schtdl.		4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	4
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.		2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla reptans</i> L.		2	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i> L.		1	.	1	1	1	.	.	.	1	1	2	2	1	.	.	.	2
<i>Ranunculus acris</i> L.		1	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	1	.	.	.	1
<i>Ranunculus repens</i> L.		2	2	.	2	2	1	2	2	2	1	4	1	2	2	2	3	.	3	.	.	2
<i>Rhinanthus alectorolophus</i> (Scop.) Pollich subsp. <i>alectorolophus</i>		1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex obtusifolius</i> L. subsp. <i>obtusifolius</i>		3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Schoedonorus pratensis</i> (Huds.) P. Beauv. subsp. <i>pratensis</i>		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Solanum dulcamara</i> L.		.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
cfr. <i>Sparganium</i> sp.		1	.
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. subsp. <i>media</i>		1
<i>Taraxacum officinale</i> agg.		3	1	1	1	1	1	.	.	.	.	1
<i>Trifolium pratense</i> L. subsp. <i>pratense</i>		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1
<i>Trifolium repens</i> L. subsp. <i>repens</i>		.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	2	1	2	1	1	2	1	.	1	2	2
<i>Tussilago farfara</i> L.		1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	1	1
<i>Typha latifolia</i> L.		4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Urtica dioica</i> L. subsp. <i>dioica</i>		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica beccabunga</i> L.		2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	3