



UNIVERSITÀ degli STUDI di TORINO

DIPARTIMENTO di BIOLOGIA VEGETALE

Viale P.A. Mattioli, 25
I - 10125 TORINO (ITALIA)

Telefono: 011.670.5970

consolata.siniscalco@unito.it

Torino, 28 febbraio 2011

- Prot n. 201 /12 del 28/02/2012

Spett.le Ente Parco
Lame del Sesia
Via XX Settembre 12
13030 Albano Vercellese
Alla cortese attenzione del Presidente
e del Dott. Agostino Pela

Oggetto: Consegna della relazione finale del lavoro svolto per il "Progetto Isoëtes malinverniana: un'iniziativa volta a ridurre la perdita di biodiversità vegetale in accordo con la Global Strategy for Plant Conservation" nell'ambito del Progetto "Biodiversità per tutti".

Gentile Presidente,

a conclusione del lavoro svolto per il "Progetto Isoëtes malinverniana: un'iniziativa volta a ridurre la perdita di biodiversità vegetale in accordo con la Global Strategy for Plant Conservation" nell'ambito del Progetto "Biodiversità per tutti", le invio la nostra relazione finale con tutti i dati rilevati, sito per sito e con l'elaborazione complessiva di quanto monitorato durante il Progetto.

Sulla base dei dati abbiamo preparato un capitolo (il quarto) sulle Strategie per la conservazione della specie, che comprende suggerimenti per la gestione sostenibile dei canali in vista della conservazione. Tutto questo in accordo con quanto prescritto dalla Direttiva Habitat.

Sarò lieta, insieme agli altri ricercatori che hanno lavorato al progetto, di esporre a Lei e anche ad un pubblico più ampio, nella sede che Lei riterrà più opportuna, i risultati del progetto.

Con il saluto più cordiale

(Prof. Consolata Siniscalco)
Consolata Siniscalco

ENTE GESTIONE RISERVE PEDEMONTANE E TERRE D'ACQUA	
- 5 MAR. 2012	
Prot. N°	1083
Pos. III	Cat. 4 Fasc. 9



UNIVERSITÀ degli STUDI di TORINO
DIPARTIMENTO di BIOLOGIA VEGETALE
Viale P.A. Mattioli, 25
I – 10125 TORINO (ITALIA)

Telefono: 011.670.5970
consolata.siniscalco@unito.it
Torino, 20 febbraio 2012

Progetto *Isoëtes malinverniana*: un'iniziativa volta a ridurre la perdita di biodiversità vegetale in accordo con la Global Strategy for Plant Conservation

Relazione conclusiva sulle ricerche effettuate

INTRODUZIONE

Gli habitat acquatici semi-naturali, come i canali per l'irrigazione delle risaie, sono ambienti complessi che possono avere un ruolo importante nella conservazione di specie vegetali acquatiche rare, specialmente in zone agricole nelle quali i corsi d'acqua prossimi alla naturalità sono ormai quasi completamente assenti. Le aree risicole e baraggive dell'Italia nord-occidentale hanno avuto e hanno ancora oggi queste potenzialità, anche se negli ultimi decenni il progressivo incremento delle pratiche legate all'agricoltura intensiva, della gestione meccanizzata dei canali, la forte variazione di flussi idrici primaverili ed estivi rispetto a quelli invernali e la cementificazione hanno minacciato la funzionalità di tali habitat e la loro potenzialità di conservazione delle specie acquatiche. Per questo motivo la Direttiva Habitat 92/43 include gli ambienti di acque correnti tra quelli di interesse comunitario e più recentemente la Direttiva Acque (Water Framework Directive 2000/60/CE) ha vincolato gli stati membri a ottenere uno stato ecologico e chimico buono in tutti i corpi idrici adottando strategie per prevenire il loro deterioramento e migliorando la struttura e il funzionamento degli ecosistemi acquatici. Tale obiettivo può essere raggiunto solo attraverso la definizione di un insieme di prescrizioni e buone pratiche per la gestione sostenibile dei canali o almeno di quelli che ancora hanno mantenuto un discreto grado di naturalità. Le prescrizioni devono però essere basate su analisi scientifiche solide, per poter avere buoni risultati.

Lo studio delle condizioni ambientali e gestionali sostenibili per la conservazione di una specie rara può essere utilizzato come base per mettere a punto procedure atte a mantenere la funzionalità degli ecosistemi d'acqua corrente. Sarà poi compito delle autorità competenti applicare tali procedure a rogge e canali dove ciò è necessario per la conservazione di specie e comunità incluse nella Direttiva Habitat e dove si vogliono migliorare le condizioni dell'habitat.

Per i motivi sopra citati il presente Progetto per la conservazione di *Isoëtes malinverniana* è stato inserito nell'ambito del più ampio progetto "Biodiversità per tutti" condotto dall'Ente Parco Lama del Sesia e finanziato dalla Cassa di Risparmio delle Province Lombarde (CARIPLO).

Inquadramento sistematico e filogenetico di *Isoëtes malinverniana*

Isoëtes malinverniana è un'endemita ad areale di distribuzione molto limitato, appartiene al genere relitto *Isoëtes* che comprende numerose specie acquatiche prossime all'estinzione a causa del deterioramento della qualità delle acque. *Isoëtes* è un genere di licopodi eterosporei di antica origine i cui fossili risalgono al Paleozoico (Hoot et al., 2004) e che attualmente contiene circa 200 specie, da acquatiche perenni a terrestri effimere (Taylor and Hickey, 1992). Quasi tutte le specie del genere *Isoëtes* sono rare e molte sono minacciate. In Italia sono presenti sette specie, tutte rare (Conti et al., 2005): *Isoëtes duriei* Bory, *Isoëtes echinospora* Durieu, *Isoëtes hystrix* Bory, *Isoëtes subinermis*

(Durieu) Cesca & Peruzzi, *Isoëtes velata* A. Braun, *Isoëtes malinverniana*, Ces. et De Not. e *Isoëtes iapygia*, recentemente descritta (Ernandes et al., 2010).

Nell'ambito del genere, *Isoëtes malinverniana* ha un notevole significato tassonomico poiché è isolata biogeograficamente e filogeneticamente dalle altre specie (Hoot et al., 2006, Figura 1). Recenti indagini genetiche (Gentili et al., 2010) hanno infatti escluso che possa trattarsi di una specie esotica originaria dell'Asia, introdotta con la coltivazione del riso, come era stato ipotizzato, (Schneller, 1982).

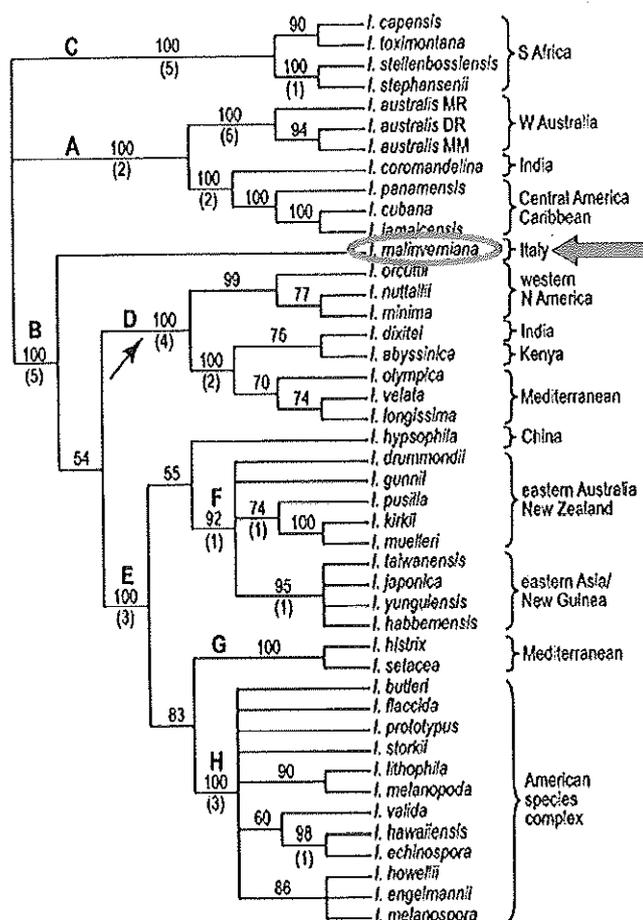


Fig. 1. Filogenesi del genere *Isoëtes* secondo le analisi condotte sul DNA cloroplastico (Hoot et al., 2006).

Aspetti morfologici

Isoëtes malinverniana è una pteridofita perenne con fusto corto, trilobo e ipogeo (Barni et al., 2010) (Figura 2). Le foglie, chiamate sporofilli, sono numerose e nastriformi, lunghe in media 30-60 cm, anche se lunghezze fino a 100 cm sono state riportate da taluni autori (Pignatti, 1982; Tutin et al., 1993); presentano una base con un largo margine membranaceo che si estende lungo la foglia fino a 1/6 della sua lunghezza, senza fillopodii e con apice subulato. La disposizione delle foglie, spiralata sul breve fusto sotterraneo, conferisce agli individui un aspetto cespitoso. Gli stomi sono rari o assenti, limitati a bande longitudinali a contatto con le camere aerifere. La densità degli stomi decresce procedendo verso la base della foglia, dove in corrispondenza della zona senza clorofilla risultano assenti. L'epidermide in corrispondenza delle bande ha un doppio

strato di cellule, che tuttavia si interrompe in corrispondenza degli stomi che sono così in comunicazione con la sottostante camera aerifera. Le camere aerifere, in numero di quattro disposte in senso longitudinale attorno all'unico asse vascolare, sono caratteristiche di tutte le specie di *Isoetes*, a prescindere dall'habitat in cui vivono. Le camere sono divise ad intervalli regolari da diaframmi trasversali; in tal modo si vengono a formare particolari camere sottostomatiche su ciascuna delle quali si aprono gli stomi. Gli spazi aeriferi rivestono un ruolo chiave in queste piante, sia come sostegno della foglia sommersa, sia come mezzo di diffusione dell'ossigeno dalle zone di contatto dell'aria verso quelle immerse in acqua, sia, infine, come mezzo per la diffusione della CO₂ dalle radici verso le foglie (Lo Iacono et al., 2000).

È una specie eterosporea: i micro- e i macrosporangî sono ospitati in una cavità, detta fovea, alla base delle foglie che prendono il nome di micro- e macrosporofilli. Lo sviluppo delle foglie e il differenziamento degli sporangî si realizza con andamento centrifugo: i macrosporofilli sono generalmente più esterni rispetto ai microsporofilli. Il *velum*, struttura membranacea che ricopre gli sporangî, è assente o rudimentale; la ligula è strettamente triangolare e ben evidenziata.

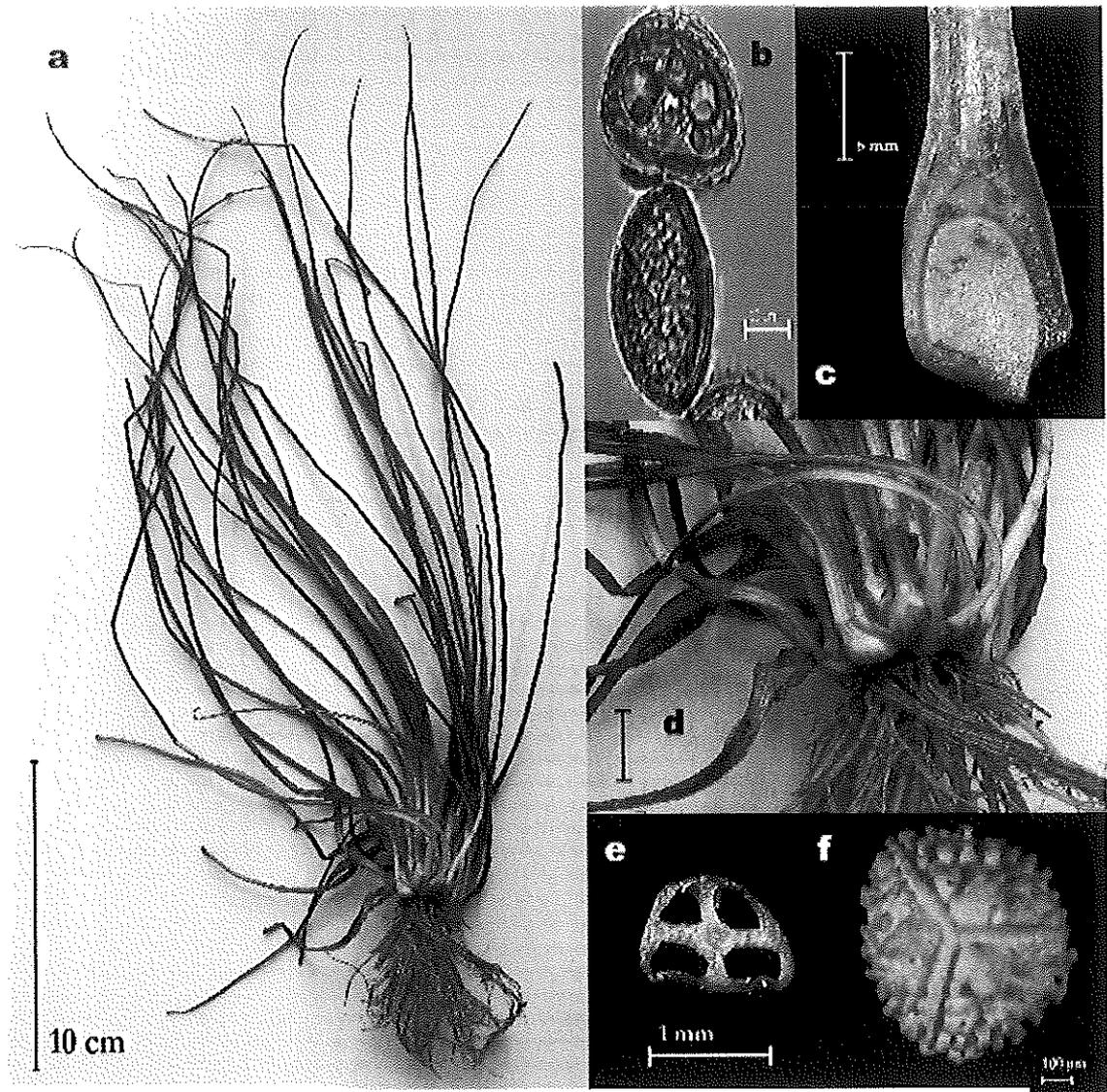


Figura 2. *Isoetes malinverniana* (Foto Enrico Ercole).

- a) Visione d'insieme.
- b) Microspore.
- c) Microsporangio.
- d) Fusto e sporangi.
- e) Camere aerifere nelle foglie.
- f) Macrospora.

Macrospore e microspore hanno dimensioni notevolmente superiori rispetto a quelle delle altre specie di *Isoetes* presenti in Italia (Andreis, Rodondi, 1987) ma il modello morfologico è lo stesso:

le microspore sono di forma ellissoidale, sono monolette, ovvero dotate di una cicatrice semplice e lineare, e presentano microstrutture superficiali poco accentuate;

le macrospore sono sferoidali, trilete, ovvero con tre cicatrici sulla superficie della parete, e sono distinte in un emisfero prossimale ed uno distale separati tra loro ad opera di un cercine equatoriale. Una cresta a tre branche (laesura) che si dipartono dal polo prossimale e raggiungono il cercine equatoriale, individua tre facce sull'emisfero prossimale. Microstrutture superficiali di vario tipo sono ben sviluppate sulla superficie dell'emisfero distale mentre lo sono

molto meno, a causa della mutua pressione nel corso dello sviluppo della tetrad, su quello prossimale.

La struttura delle spore è a tre foglietti ordinati in involucri concentrici che nel complesso costituiscono lo sporoderma (Lugardon, 1972) e che prendono il nome, rispettivamente dall'esterno verso l'interno, di perisporio, esosporio ed endosporio. Lo strato più esterno è importante per il suo elevato valore diagnostico perché permette di riconoscere le varie specie di *Isoëtes* a partire dalle microstrutture in rilievo presenti.

Le megaspore di *I. malinverniana* (Figura 3), di forma subsferica, hanno una dimensione di 600-800 μm e presentano una cicatrice a y; in superficie presentano protuberanze tubercolate fortemente rilevate chiamate bacula; i bacula, alti 45 μm e con diametro di 40 μm , sono di forma troncato-arrotondata con una sommità finemente faveolata di aspetto spugnoso e spesso confluiscono a formare tubercoli prominenti sulla superficie della spora (Cesati, De Notaris, 1858; Pignatti, 1982; Tutin et al., 1993; Marchetti, 2004); sia la superficie di fondo della parete che le creste ed i tubercoli prominenti mostrano un trabecolato di fibre intimamente intrecciate organizzato in più strati.

Le microspore, di dimensione tra i 30 e i 40 μm , presentano simmetria bilaterale simmetrica con profilo ellittico; hanno una superficie granulata con processi irregolarmente scabratati. Alla base di alcune di queste prominente sono visibili pori (Ferrarini et al., 1986; Andreis, Rodondi, 1987).

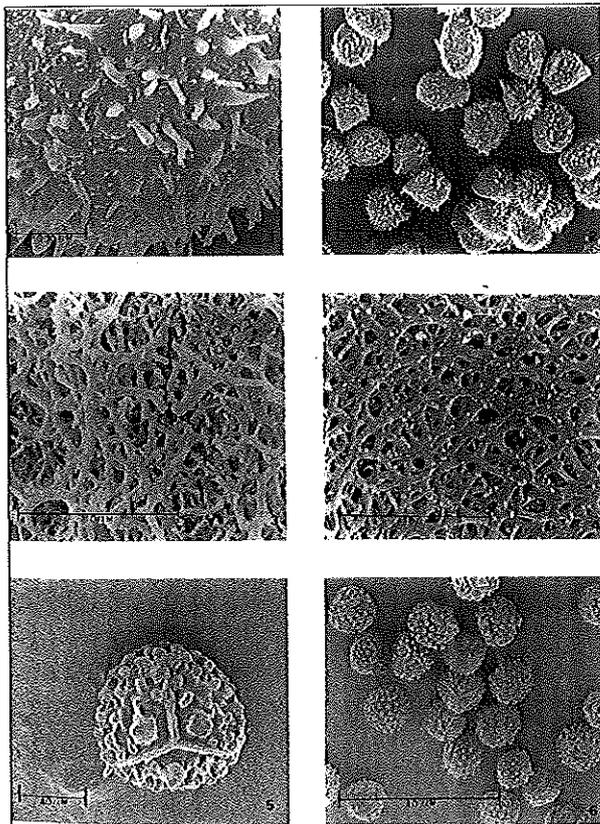


Figura 3. *Isoëtes malinverniana* Ces. et De Not., spore prelevate dalla roggia Cacesca, Lomellina

1. Megaspore isolata.
2. Megaspore.
3. Particolare di apice di un tubercolo del perisporio.
4. Trabecolato della faccia esterna del perisporio.
5. Particolare di microspora con spinule e pori alla base delle medesime.
6. Microspore.

Biologia

Isoetes malinverniana è un'idrofita radicante ed è una specie tetraploide, con numero cromosomico $2n = 44$, considerando $x = 11$ come numero di base (Schneller, 1982; Troia, 2001). La maturazione degli sporangi e la liberazione delle spore avviene scalarmemente nel corso di tutto l'anno (Cesati, De Notaris, 1858) anche se la liberazione avviene in maggior misura nel periodo tardo invernale.

Il ciclo vitale è di tipo aplo-diplonte, eterosporeo, con generazioni eteromorfe.

L'individuo adulto $2n$, a maturità sessuale differenzia, in qualità di strutture riproduttive, macrosporofilli femminili (Figura 4), portanti i macrosporangi che produrranno le macrospore (n), e microsporofilli maschili, portanti i microsporangi che produrranno le microspore (n). All'interno delle macro- e delle microspore si accrescono i gametofiti (n) rispettivamente femminili e maschili, che quindi hanno il cosiddetto sviluppo endosporico. Il gametofito femminile è molto sviluppato: si osserva il differenziamento di due archegoni che vengono esposti in corrispondenza di una fenditura a y nella parete della macrospora; ciascuno dei due archegoni origina al proprio interno un'ovocellula. Il gametofito maschile, invece, è molto ridotto e risulta formato da quattro cellule parietali, una protallare e due generative (n) che per mitosi originano quattro gameti. I gameti maschili sono mobili e natanti grazie alla presenza di flagelli e riescono perciò a penetrare l'archegonio e a fecondare l'ovocellula. A fecondazione avvenuta lo zigote ($2n$) si sviluppa, nelle prime fasi, a spese del gametofito femminile, poi, divenuto fotosintetizzante, si accresce andando a formare un nuovo sporofito.

Informazioni approfondite sulla biologia riproduttiva di questa specie non sono reperibili al momento in letteratura.

CICLO DE *ISOETES SP.* (Isoetales, Lycopodiophyta)
DIGENÉTICO HETEROMÓRFICO CON ESPORÓFITO DOMINANTE, DIPLOHAPLOFÁSICO,
ORGANISMO DIPLOBIÓNTICO y HETEROSPOREO

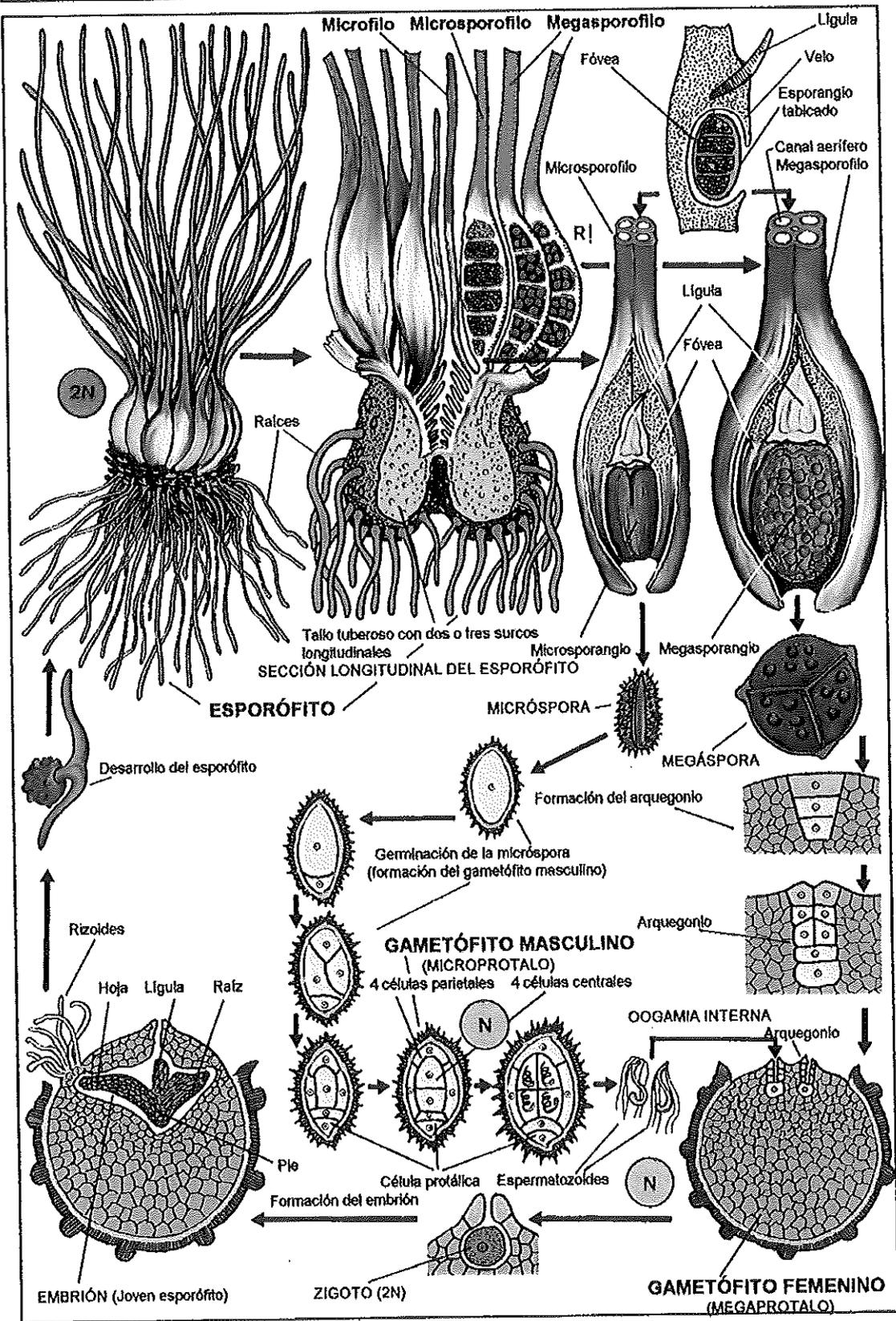


Figura 4. Ciclo vitale di *Isoëtes sp.*
 (<http://www.unioviado.es/bos/Asignaturas/Botanica/Imágenes/Isoëtes sp.>)

Ecologia

I. malinverniana è una specie sommersa tipica di acque sorgive, limpide, fresche e sempre correnti (Mattiolo, 1912), comprese tra 100 e 350 m di altitudine, anche se frequentemente si ritrova in acque che hanno solo originariamente queste caratteristiche e che sono state modificate profondamente dall'acquisizione di acque fluviali e/o di acque di colo (Corbetta, 1968). In alcune stazioni caratterizzate da assenza di acqua durante i mesi invernali, la specie mostra adattamento a periodi di emersione dall'acqua e resistenza a temperature anche molto basse (≤ 0 °C) (Barni *et al.*, 2010). La temperatura delle acque è piuttosto costante nell'arco delle stagioni, con una media che oscilla tra i 10° e i 14°C; le deboli variazioni stagionali si risentono con ritardi costanti dell'ordine di due - quattro mesi per cui le acque saranno più fredde in aprile e più calde in ottobre e ciò ha una notevole influenza per i microclimi di quelle zone. Il pH, invece, mostra valori di poco superiori a 7, quindi da neutri a leggermente basici.

La specie cresce su terreni franco-sabbiosi con un tenore di sabbia superiore all'80% e vive in condizioni sia soleggiate sia relativamente ombreggiate, anche se presenta maggiore densità di individui e, di conseguenza, maggiori coperture in piena luce.

Le fitocenosi in cui cresce si presentano molto eterogenee: secondo Corbetta (1965, 1968) la specie non è solitaria, come sosteneva Mattiolo (1912), ma si accompagna spesso a un considerevole numero di altre specie, quali *Ranunculus aquatilis*, *Callitriche stagnalis*, *Callitriche palustris*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *Fontinalis antipyretica* a cui si aggiungono, con minor frequenza, entità più rare quali *Vallisneria spiralis* e *Sagittaria sagittifolia* (non ritrovate in anni più recenti), *Potamogeton natans* e *Potamogeton pectinatus*, specie ascrivibili alla classe fitosociologica *Potametea* e all'ordine *Potametalia*. Per cui, nonostante gli ambienti in cui vegeta *I. malinverniana* non siano ascrivibili ad una ben definita associazione, si può inquadrare questa specie nelle unità fitosociologiche sopra nominate e in particolare all'alleanza *Ranunculion fluitantis*, che include cenosi acquatiche legate ad acque lotiche.

Per quanto riguarda l'abbondanza all'interno dei popolamenti lo stesso autore sottolinea che la specie era presente in modo massivo arrivando in media a valori di copertura superiori al 50-60% e frequentemente, specialmente durante la stagione invernale, vicini al 100%.

I rilievi e le osservazioni effettuate negli ultimi anni (Barni *et al.*, 2010) sulle stazioni vercellesi evidenziano, invece, in taluni casi un comportamento "antisociale" della specie, analogamente a quanto era stato riportato da Mattiolo (1912) e, infatti, solo sporadicamente *I. malinverniana* si associa ad altre entità come *Veronica beccabunga*, *Ranunculus fluitans*, *Callitriche stagnalis*, *Fontinalis antipyretica*, *Berula erecta* e *Potamogeton crispus*.

Prima dell'inizio di questo progetto erano state effettuate nel tempo molte ricerche sulla distribuzione delle stazioni della specie, confrontando le informazioni del passato con la distribuzione attuale (Barni *et al.*, 2010), mentre risultavano assenti indagini sull'ecologia e sulla biologia della specie e sulle cause di riduzione dell'areale, con misurazioni quantitative in campo. Per altre specie del genere la riduzione delle popolazioni è stata ascritta all'eutrofizzazione delle acque, al loro inquinamento, alla gestione meccanizzata degli habitat (Smolders *et al.*, 2002; Wen *et al.*, 2003; Aida *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2005; Pedersen *et al.*, 2006; Weckström *et al.*, 2010), ma tali indicazioni sono state ottenute principalmente per specie che vivono in laghi e stagni, non di acque correnti.

Status di tutela

Isoëtes malinverniana risulta specie Endangered (EN) nelle Liste Rosse (1992), ed è inclusa negli Allegati II e IV della Direttiva 92/43/CEE, in quanto specie vegetale d'interesse comunitario che necessita di una protezione rigorosa (All. IV) e la cui conservazione richiede la

designazione di zone speciali di conservazione (All. II). Seguendo i criteri IUCN è stato recentemente stabilito (Barni *et al.*, 2010) che lo *status* della specie è Critically endangered (CR), in particolare per la riduzione dell'areale negli ultimi 10 anni.

Attualmente la specie, ad eccezione di un'unica stazione interna al SIC "Baraggia di Rovasenda", non rientra all'interno di alcun sito della Rete Natura 2000; fu istituito il SIR "Stazioni di *Isoetes*", allo stato attuale ufficialmente non più riconosciuto.

SCOPI DEL PROGETTO

1. Verificare la distribuzione di *Isoetes malinverniana* con particolare riferimento al territorio novarese: Distribuzione della specie in passato e allo stato attuale

2. Valutare le condizioni ecologiche in cui la specie ancora è presente con analisi chimico-fisiche delle acque e dei suoli:

Le popolazioni attualmente esistenti: come valutare lo *status* di conservazione

Assegnazione della specie alle categorie di minaccia secondo i criteri IUCN

3. Riprodurre di piante a partire da spore e mettere a punto di tecniche di conservazione del materiale a lungo termine.

Conservazione *ex situ*: raccolta, studio della conservazione e gestione del germoplasma applicando protocolli riconosciuti a livello internazionale (Bacchetta *et al.*, 2006) per disporre di materiale da utilizzare nella ricerca e in eventuali reintroduzioni della specie *in situ*.

4. Proporre strategie per la conservazione e prime valutazioni per il ripristino di alcune stazioni scomparse:

Conservazione *in situ* (leggi e indicazioni di gestione, PSR 2007-2013)

Prime valutazioni sulle possibilità di reintroduzione/rinforzamento delle popolazioni.

1. DISTRIBUZIONE di *Isoetes malinverniana*

Materiali e metodi

L'analisi della distribuzione storica e attuale di *Isoetes malinverniana* ha rappresentato il punto di partenza del progetto e lo spunto per avviare studi specifici sulla specie, finalizzati a comprenderne il progressivo declino. Informazioni relative alle stazioni di presenza storiche derivano dalla consultazione dei campioni d'erbario (TO-HP e MRSN), dall'analisi della bibliografia disponibile, oltre che dalla raccolta di memorie di esperti floristi; la presenza della specie allo stato attuale è stata verificata in campo per un ampio settore del Vercellese e per un ridotto settore del territorio Novarese, prossimo a Vignale (comune di Novara).

Risultati

Secondo la letteratura consultata l'areale della specie, fino a circa la seconda metà del '900, includeva più aree disgiunte del Piemonte e della Lombardia e in particolare il Vercellese, dove fu scoperta dallo stesso Alessio Malinverni (Mattiolo, 1912; Koch, 1952; Becherer, 1968; Cook, 1973; Schneller, 1982; Soldano e Badino, 1990), il Basso Canavese (Mattiolo, 1912; Tosco e Rosenkrantz, 1978-1979), l'Anfiteatro morenico di Rivoli (Mattiolo, 1912, con rinvenimenti di Ferrari e Santi, 1907; Mussa, 1914-1915; Vignolo-Lutati, 1949-1950), il Novarese (Mattiolo, 1912; Koch, 1952), il Biellese (Soldano e Sella, 2003), con un'unica stazione in ambiente baraggivo che rappresentava un importante collegamento tra le stazioni di Baraggia (Vercelli e Novara) e di Vauda (Basso Canavese), la Lomellina (Corbetta, 1965; Corbetta, 1968) e più recentemente all'interno del Parco Lombardo della Valle del Ticino in diverse stazioni (Bracco e Sartori (*in verbis*); AA. VV., 2002).

Attualmente è stata osservata una progressiva rarefazione della specie all'interno dell'areale originario, con la perdita delle stazioni storiche della Lomellina, dell'Anfiteatro morenico di Rivoli, del basso Canavese (tra le più importanti per numero e consistenza delle popolazioni) e delle più recenti nel Biellese e in prossimità del Ticino; di notevole importanza conservazionistica è quindi la presenza nel Vercellese di popolazioni in parte ancora vitali, principalmente nel settore più settentrionale dell'areale originario (Figure 5 e 6), ad ovest del fiume Sesia, all'interno dei comuni di Lenta, Ghislarengo, Rovasenda e Arborio. Sempre nel Vercellese la specie risulta scomparsa, anche se sarebbero necessarie ulteriori verifiche, nei siti più meridionali e storici dell'areale originario, all'interno dei territori comunali di Greggio, Albano Vercellese, Oldenico e Quinto Vercellese, nei quali fu rinvenuta a partire dalla seconda metà dell'800. Per quanto riguarda il territorio Novarese (Figure 7 e 8), ad oggi risultano note due stazioni in prossimità di Vignale (Novara), ricadenti all'interno di un contesto agricolo ancora caratterizzato dalla presenza di testate di fontanili attive.

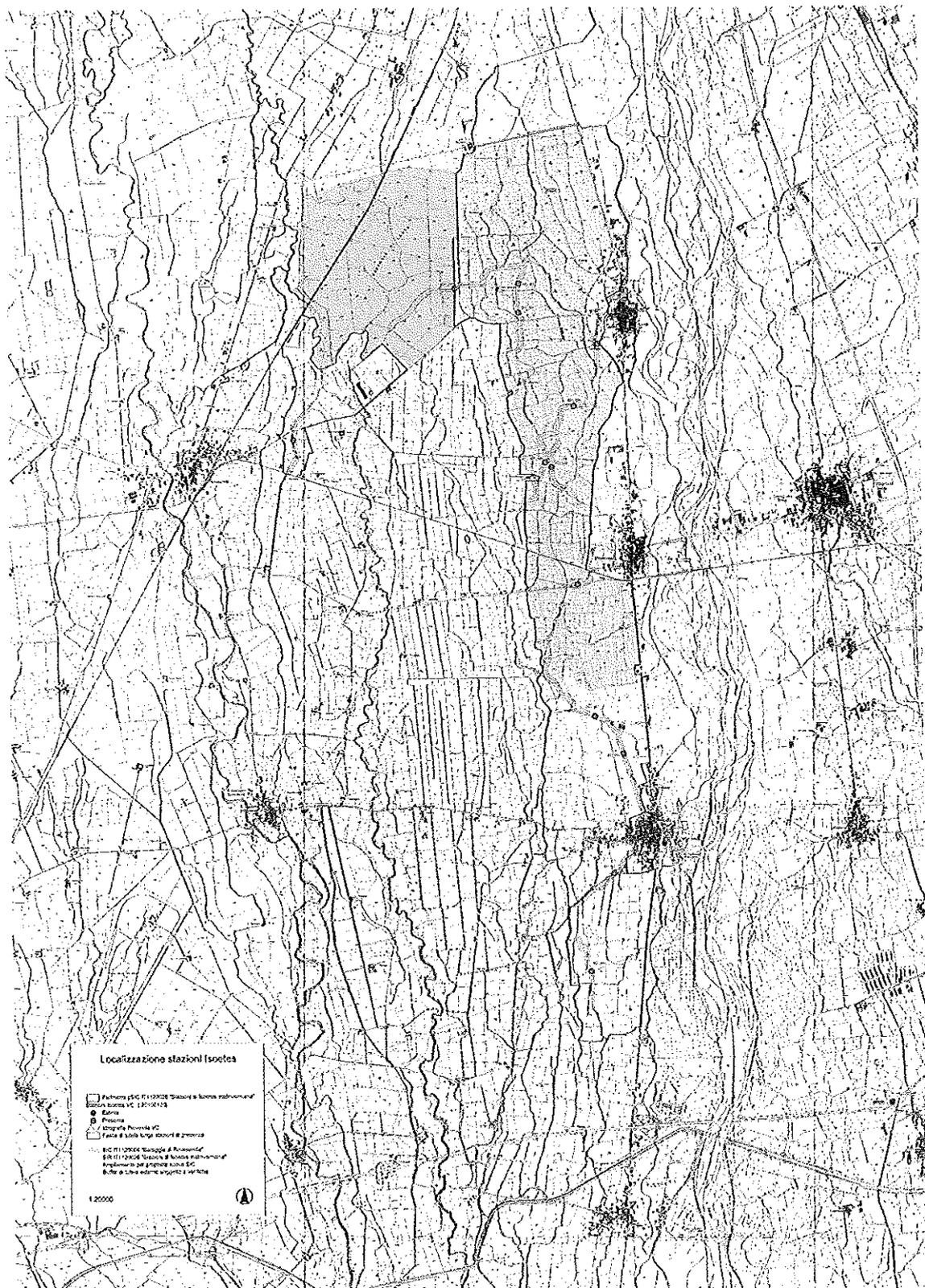


Figura 5. Stazioni di *Isoetes malinverniana* (presenti e alcune estinte) in Provincia di Vercelli. Evidenziazione del SIC "Baraggia di Rovasenda", del SIR "Stazioni di *Isoetes malinverniana*", e in rosso, delle aree caratterizzate dalla presenza accertata della specie (per le quali sono previsti o l'ampliamento del SIC esistente o la proposta di un nuovo sito pSIC). In giallo, l'area di tutela in cui la presenza della specie non risulta accertata ma altamente probabile, nella quale sono previste verifiche sulla presenza.

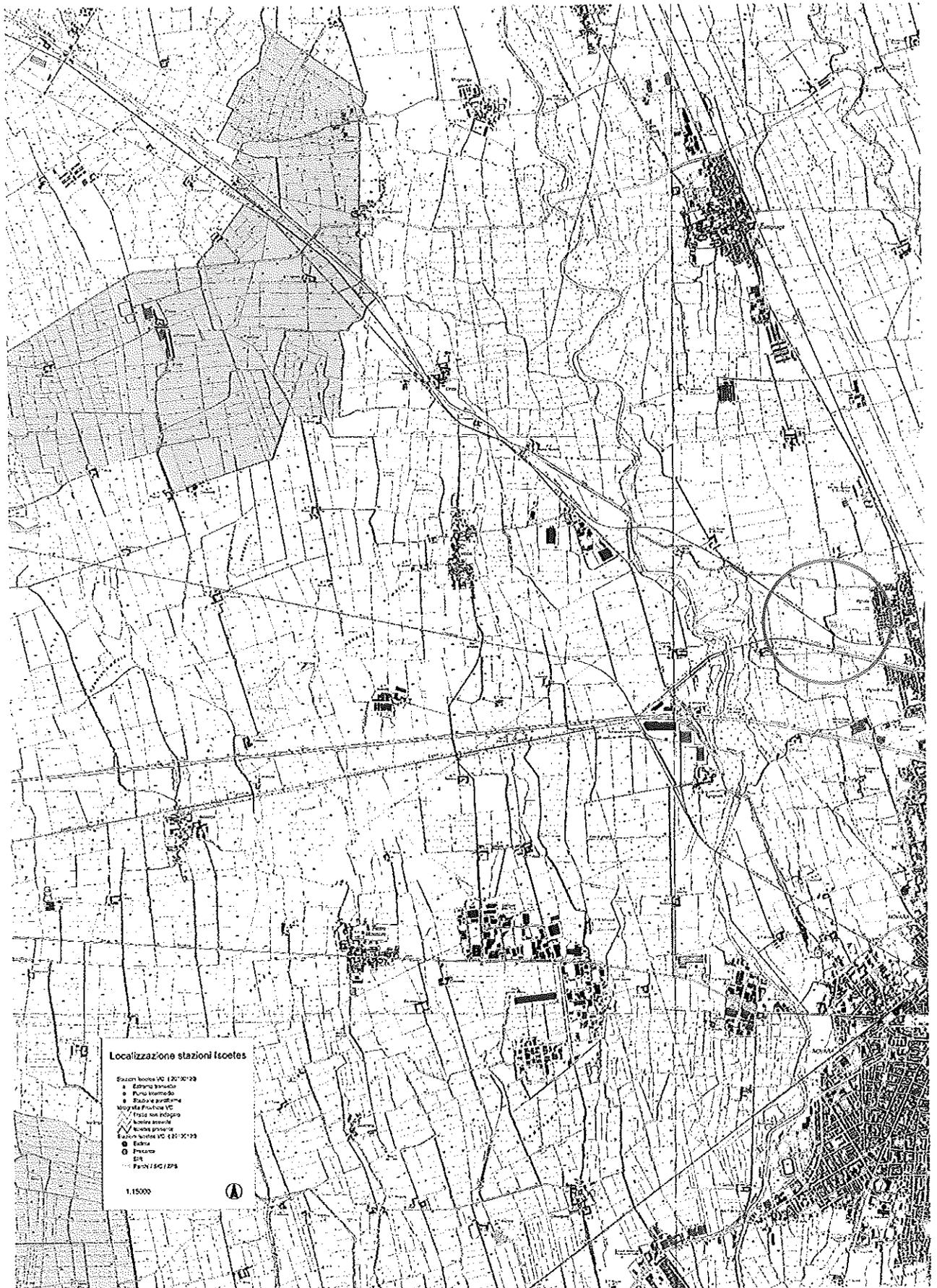


Figura 7. Area di presenza della specie in Provincia di Novara (delimitata in rosso).

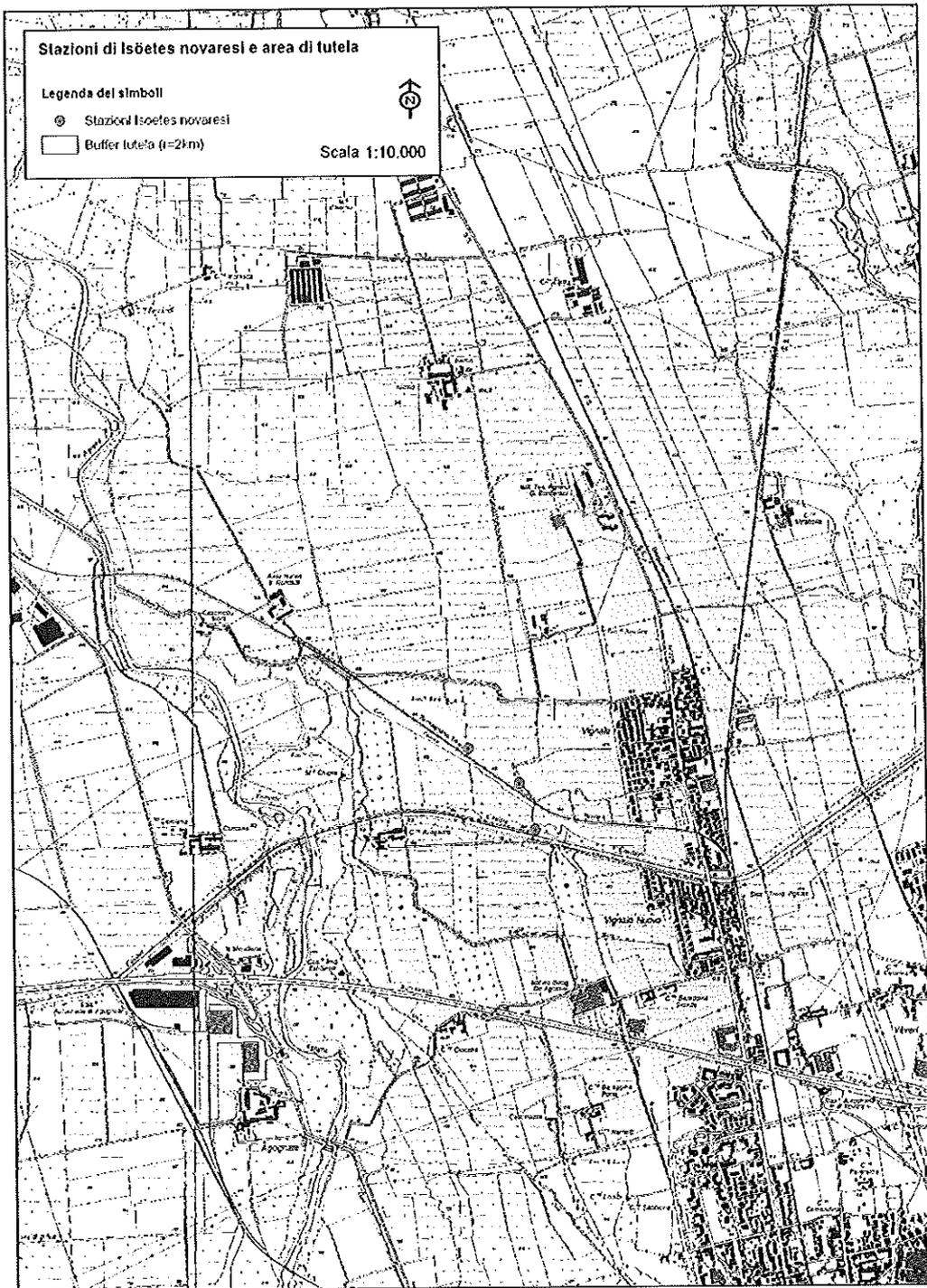


Figura 8. Ingrandimento dell'area evidenziata in Figura 7, con la localizzazione delle stazioni novaresi della specie e della relativa area di tutela.

2. CONDIZIONI ECOLOGICHE E PRESENZA DELLA SPECIE

2.1 Materiali e metodi

Lo studio di cui nel presente lavoro è stato condotto presso 21 stazioni (Tabella 1) nei territori delle province di Vercelli, Novara e Pavia, delle quali:

- 12 in cui è stata rilevata la presenza di popolazioni di *Isoëtes malinverniana*;
- 9 in cui la presenza di *Isoëtes malinverniana* era stata segnalata in un periodo compreso tra il 1857 e il 2007 ma nelle quali la specie è risultata estinta.

ID	Comune	Prov	Corso d'acqua	Inizio		Fine	
				EASTING	NORTHING	EASTING	NORTHING
1	Lenta	VC	Rio Gorreto	450735	50455545	450682	5045398
2	Lenta	VC	Rio Gorreto	450744	5045007	450678	5045192
3	Lenta	VC	Roggia Molinara	452027	5045453	452038	5045245
4	Arborio	VC	Roggia Molinara	452185	5038527	452130	5038311
5	Arborio	VC	Scaricatore Dondoglio	451581	5039930	451788	5039862
6	Ghislarengo	VC	Cavo Bonino	450942	5042952	451034	5043174
7	Ghislarengo	VC	Fosso a margine strada	451602	5041691	451381	5041577
8	Lenta	VC	Roggia dell'Avvocato	449911	5045395	450036	5045441
9	Vignale	NO	Fontanile presso sifone Canale Cavour	468891	5036849		
10	Piccolini	PV	Cavo Costa	484382	5019693		
11	Lenta	VC	Roggia dell'Avvocato	-	-		
12	Lenta	VC	Roggia dell'Avvocato	447835	5043405	447831	5043573
13	Arborio	VC	Roggia Molinara				
C1	Albano	VC	Roggia Molinara	452133	5030637		
C2	Villarboit	VC	Cavo Tramarino	451231	5031026		
C3	Oldenico	VC	Roggia Marchiazza	451603	5025650		
C4	Ceretto Lomellina	PV	Roggia Caccasca	474897	5012813		
C5	Rosasco	PV	Cavo Scotti	466693	5011481		
C6	Cozzo	PV	Roggia Morta	469074	5004149		
C7	Cozzo	PV	Cavo Scotti	471148	5005526		
C8	Breme	PV	Roggione Sartirana	471253	4997886		

Tabella 1 : Localizzazione geografica e coordinate delle stazioni esaminate.

In ogni stazione sono stati presi in considerazione aspetti differenti ed in particolare:

- è stato effettuato uno studio di popolazione;
- sono state campionate ed analizzate le acque;
- sono stati campionati ed analizzati i suoli.

I dati raccolti sono stati informatizzati con l'ausilio di Windows Excel, quindi sottoposti ad elaborazione grafica mediante sistemi GIS (ArcGIS e ArcView) e ad elaborazione statistica con l'ausilio di SPSS e CANOCO.

Studio di popolazione

Lo studio di popolazione è stato condotto, nelle 12 stazioni in cui è stata riscontrata la presenza di *Isoetes malinverniana*, utilizzando il metodo dei plot.

In ogni stazione sono stati disposti in modo randomizzato plot di 50x100 cm (Tabella 2), disposti concordemente al verso della corrente e in numero variabile, in dipendenza dalle dimensioni del corso d'acqua, dalla consistenza e dalla conformazione della popolazione considerata.

ID popolazione	N° plot con <i>Isoetes malinverniana</i>	N° plot senza <i>Isoetes malinverniana</i>
1	6	3
2	5	2
3	4	2
4	8	2
5	5	3
6	4	2
7	2	2
8	5	3
9	2	2
10	2	2
11	3	2
12	4	3

Tabella 2. Numero di plot considerati per le popolazioni di *Isoetes malinverniana*.

In ogni plot in cui la pianta è risultata presente sono stati rilevati:

- il numero di individui presenti;
- la lunghezza della foglia più lunga di ciascun individuo con l'ausilio di un metro pieghevole a precisione millimetrica;
- la copertura vegetale di *Isoetes malinverniana*.

Per tutti i plot, indipendentemente dalla presenza della pianta, sono state valutate inoltre:

- la percentuale di suolo nudo;
- la copertura relativa alle altre specie presenti;
- l'apertura o chiusura della porzione di cielo soprastante il plot.

Tali misurazioni sono state effettuate in tutte le stazioni nei mesi di marzo 2009 e ottobre 2009, vale a dire nel periodo immediatamente precedente ed immediatamente successivo alla stagione di piena dei canali irrigui.

Analisi delle acque

L'analisi delle acque è stata condotta misurando i seguenti parametri:

- profondità (cm);
- velocità (m/s);
- temperatura (°C);
- pH;
- conducibilità elettrica ($\mu\text{S/s}$);
- ammoniaca (LR) (mg/l);
- BOD₅ (mg/l);
- cloro totale (mg/l);
- durezza (calcio) (mg/l);
- fosfati (LR) (mg/l);
- nitrati (mg/l).

Le misurazioni di profondità sono state svolte in ogni stazione usando un metro ripiegabile con precisione millimetrica.

Le misurazioni di velocità sono state svolte sul campo, in ogni canale, usando un mulinello idrologico portatile (RHCM Idromar, Ageotech srl; Italy).

Le misurazioni di temperatura, pH e conducibilità elettrica sono state svolte sul campo, utilizzando una sonda multiparametrica portatile (HI 9811-5, HANNA Co, Italy).

In ogni stazione sono stati raccolti 500 ml di acqua in bottigliette di plastica, poi portati in laboratorio per eseguire le analisi relative ai restanti parametri. Queste sono state condotte su aliquote del campione originario a temperatura ambiente, usando un fotometro da banco (HI 83200, HANNA Co, Italy). Solo per quanto concerne la analisi relative al BOD₅ è stato utilizzato in fotometro differente (Dr Lange LASA 100, HACH LANGE srl, Italy).

Le analisi in laboratorio sono state condotte usando le seguenti metodologie:

- l'**ammoniaca** è stata misurata con apposito kit monodose (HI 93700-01, HANNA Co, Italy) mediante un adattamento del metodo Nessler da "ASTM Manual of Water and Environmental Technology, D1426-92" in cui la reazione fra ammoniaca e reagenti colora la soluzione di giallo;
- il **BOD₅** è stato misurato con apposito kit monodose (Dr Lange LCK 554, HACH LANGE srl, Italy) usando il metodo dell'inibizione della nitrificazione con alliltiourea. L'ossigeno disciolto in ambiente alcalino reagisce con un derivato pirocatecolico e in presenza di Fe^{2+} colora la soluzione di rosso;
- il **cloro totale** è stato misurato con apposito kit monodose (HI 93701-T, HANNA Co, Italy) mediante un adattamento del metodo EPA 330.5 con DPD in cui la reazione fra cloro e reagente DPD colora la soluzione di rosa;
- la **durezza** è stata misurata con apposito kit monodose (HI 93729-01, HANNA Co, Italy) mediante un adattamento del metodo con calmagite, da "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" 18^{ma} edizione, in cui la reazione tra calcio e calmagite in ambiente alcalino colora la soluzione di viola-rossastro;
- i **fosfati** sono stati misurati con apposito kit monodose (HI 93713-01, HANNA Co, Italy) mediante un adattamento del metodo con acido ascorbico, in cui la reazione fra fosfati ed acido ascorbico colora la soluzione di blu;
- i **nitrati** sono stati misurati con apposito kit monodose (HI 93728-01, HANNA Co, Italy) mediante un adattamento del metodo della riduzione con cadmio, in cui la reazione tra nitrati e Cd conferisce alla soluzione un colore ambrato.

Le misurazioni di profondità, velocità, pH, temperatura e conducibilità elettrica sono state raccolte mensilmente. Le analisi chimiche sono state svolte in tre fasi distinte nei mesi di marzo, luglio e ottobre 2009.

Analisi dei suoli

L'analisi dei suoli è stata condotta esaminando i seguenti parametri:

- pH;
- granulometria apparente;
- carbonio organico (g/kg);
- sostanza organica (g/kg);
- rapporto C/N;
- fosforo assimilabile (mg/kg);
- azoto totale;
- potassio scambiabile (mg/kg);
- nichel (mg/kg);
- rame (mg/kg);
- zinco (mg/kg);
- piombo (mg/kg).

I campioni di suolo, del peso di circa 500 g l'uno, sono stati raccolti nel mese di marzo 2009 in corrispondenza dei plot in ogni stazione analizzata, nei primi 30 cm di profondità, al fine di effettuare le analisi in corrispondenza della rizosfera. Sono stati quindi riposti sacchetti di nylon per essere inviati presso il Laboratorio Chimico della Camera di Commercio di Torino, dove sono stati sottoposti alle analisi sopra elencate.

Le analisi in laboratorio sono state condotte usando le seguenti metodologie:

- il **pH** è stato determinato per via potenziometrica su soluzione di suolo e acqua, come previsto dal D.M. n° 185 del 13/09/1999, metodo III.1 (per ulteriori dettagli si veda il testo del decreto in allegato);
- la **granulometria** è stata determinata con il metodo della setacciatura ad umido e sedimentazione eseguito con levigatore di Esenwein (SISS 1985 - Metodi normalizzati di analisi del suolo. Edagricole, Bologna), come previsto anche dal D.M. n° 185 del 13/09/1999, metodo II.5 (per ulteriori dettagli si veda il testo del decreto in allegato);
- il **carbonio organico** e la **sostanza organica** sono stati determinati con il metodo di Walkey e Black per ossidazione ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico, come previsto dal D.M. n° 185 del 13/09/1999, metodo VII.3 (per ulteriori dettagli si veda il testo del decreto in allegato);
- il **rapporto C/N** è stato determinato per calcolo;
- il **fosforo assimilabile** è stato determinato con il metodo Olsen, come previsto dal D.M. n° 185 del 13/09/1999, metodo XV.3 (per ulteriori dettagli si veda il testo del decreto in allegato);
- l'**azoto totale** è stato determinato con il metodo Kjeldahl per distillazione in ambiente alcalino e assorbimento in soluzione a titolo noto di acido solforico, come previsto dal D.M. N° 185 del 13/09/1999, metodo XIV.3 (per ulteriori dettagli si veda il testo del decreto in allegato);
- il **potassio scambiabile** è estratto con BaCl₂ e determinato in spettrofotometria atomica in assorbimento di massa, come previsto dal D.M. N° 185 del 13/09/1999, metodo XIII.5 (per ulteriori dettagli si veda il testo del decreto in allegato);
- i **metalli (Ni, Cu, Zn, Pb)** sono stati analizzati mediante estrazione con acqua regia e determinazione in spettrofotometria in assorbimento di massa, come previsto dal D.M. N° 185 del 13/09/1999, metodo XI.1 (per ulteriori dettagli si veda il testo del decreto in allegato).

Valutazione impatto gestione

La valutazione del grado di impatto della gestione dei canali è stata effettuata a seguito di interviste ai tecnici e ai naviganti dell'Associazione per la bonifica della Baraggia che gestisce i canali studiati e che li ha gestiti anche nel passato. Si è ritenuto che il taglio manuale delle piante nel canale, la reprofilatura delle sponde e lo spurgo utilizzando escavatori meccanici e l'assenza di acqua durante l'inverno potessero aver influito sulla crescita e sulla presenza delle piante. Conseguentemente, combinando intensità e frequenza delle differenti tecniche di gestione si sono stabilite 4 classi di impatto:

0. Assenza di qualsiasi tipo di gestione;

1. Taglio manuale della vegetazione nel canale 1-3 volte all'anno, basso impatto sulla vegetazione, assenza di impatto sul suolo;

2. Taglio manuale della vegetazione e spurgo meccanico di medio impatto, su parte del canale;

3. Spurgo meccanico su tutto il tratto di canale, impatto severo.

Analisi dei dati

I tre parametri strutturali di *Isoetes malinverniana* (percentuale di copertura, densità degli individui e lunghezza della foglia più lunga) misurati in ogni plot con presenza della specie (ISO) sono stati utilizzati in ciascun plot per verificare l'esistenza di gruppi di piante identificabili sulla base della struttura. E' stata applicata l'analisi multivariata utilizzando la distanza Euclidea e il metodo di Ward, dopo aver effettuato la standardizzazione dei dati. Le differenze tra i gruppi sono state testate con un ANOVA a una via.

2.2 Risultati

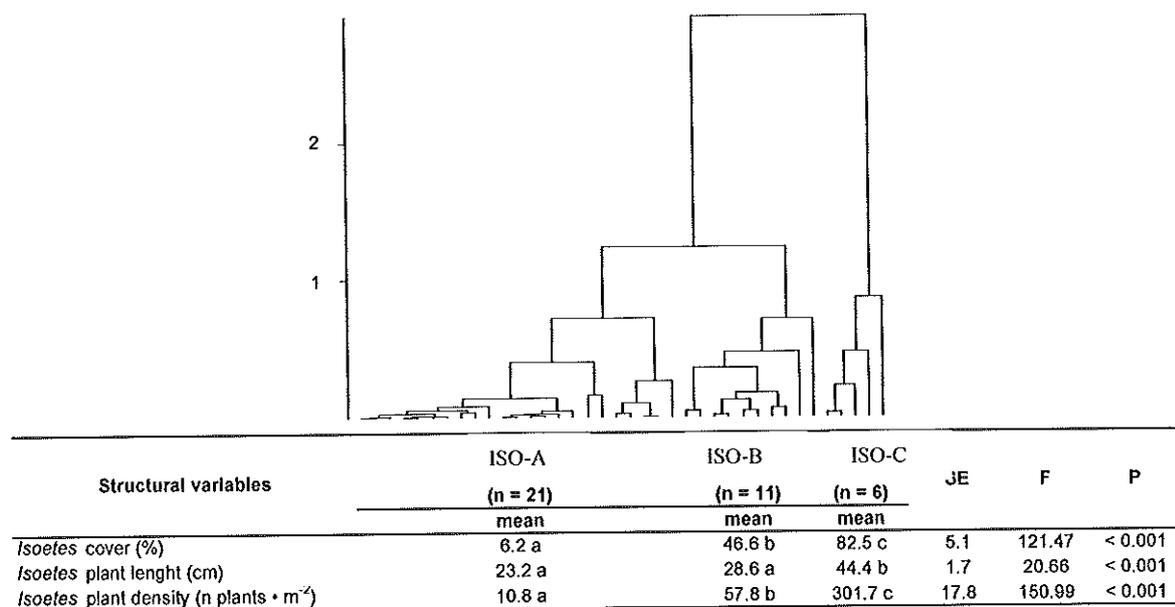
Stato di conservazione

La cluster analysis dei 38 plot con la presenza di *Isoetes malinverniana* ha messo in evidenza tre gruppi in accordo con i parametri strutturali misurati (Figura 5). Il primo gruppo (ISO-C) comprende i 6 plot nei quali la specie ha il grado di sviluppo maggiore, alta percentuale di copertura (87%) e alta densità (314 piante/m²) con individui lunghi in media 47 cm.

Il secondo e il terzo gruppo (ISO-B e ISO-A, rispettivamente) comprendono un alto numero di plot (11 e 21) rispetto al gruppo ISO-C e sono caratterizzati da piante più piccole, da una minore percentuale di copertura con densità da 5 a 30 volte inferiori a quanto registrato nel primo gruppo. I tre gruppi si differenziano statisticamente per tutti i parametri strutturali misurati, tranne che per la lunghezza che non differisce tra i gruppi ISO-A e ISO-B. La percentuale di copertura di *Isoetes* è strettamente correlata con la densità e i due parametri hanno separato bene i tre gruppi tra loro. Infatti il gruppo ISO-A ha coperture medie del 6% e densità medie di 15 piante/ m², il gruppo ISO-B ha copertura media di 46 % e densità di 56 piante/ m².

Il gruppo ISO-C presenta percentuali di copertura superiori al 50% e densità che variano tra circa 200 e 400 piante/m².

Figura 9. Gruppi di plot riuniti sulla base della copertura di *Isoetes*, lunghezza e densità delle piante.



Relazioni con i fattori ambientali

Isoetes malinverniana trova buone condizioni di sviluppo in acque poco profonde (21.3-27.4 cm), fresche (11.5-12.6 °C) e molto dolci (20-21.5 mg CaCO₃/l), a bassa conducibilità (81.3-119.6 µS/cm) (Tabella 3). I valori di pH sono debolmente basici (pH 7.5 - 7.7). I nutrienti dissolti (nitrati e fosfati) sono relativamente alti (7-10.2 mg NO₃⁻/l; 0.15-0.33 mgPO₄³⁻/l) così come i valori di BOD₅, che indicano acque mesotrofiche più che oligotrofiche.

Per quanto riguarda l'impatto della gestione, la specie è presente in siti in cui l'impatto è nullo, basso o medio (con indici da 0 a 1-1,5) corrispondenti ad attività di taglio manuale e di spurgo superficiale mentre è assente quando è stato effettuato lo spurgo meccanico.

I substrati su cui la specie vive sono sabbiosi (86-89% di sabbia), caratterizzati da pH debolmente acidi (6.4), con contenuti in carbonio organico da bassi (5.3-5.2 g/kg) a moderati (10 g/kg). I contenuti in azoto e fosforo nei sedimenti sono bassi mentre il tenore in potassio è molto alto (106.6-223.2 mg/kg).

I valori registrati per la profondità, la temperatura e la conducibilità dell'acqua, il contenuto in carbonio, fosforo e potassio, sabbia e limo dei suoli, e anche per l'impatto della gestione non sono statisticamente differenti per i siti dei tre gruppi (ISO-A, ISO-B e ISO-C) in cui *I. malinverniana* è presente, mentre differiscono la per i siti in cui la specie non è più stata censita rispetto a quelli in cui è ancora presente.

E' da sottolineare che valori elevati di profondità dell'acqua e la sua grande variazione da una stagione all'altra, così come le alte temperature e conducibilità sono sempre associate all'assenza della specie. Nei siti EX-ISO inoltre si è sempre registrato un alto impatto gestionale con frequenti interventi di ri-profilitura meccanica dei canali, che risultano quindi incompatibili con la sopravvivenza di questa specie.

L'analisi delle variabili canoniche è stata utilizzata per discriminare i 4 gruppi di plot individuati (Figura 6): tre relativi ai plot in cui la pianta è presente e uno in cui è assente, per evidenziare quale combinazione di variabili distingue meglio i gruppi e per indicare se i gruppi corrispondono a differenti valori dei fattori ambientali misurati. Le variabili che hanno meglio discriminato i gruppi sono: temperatura, conducibilità, profondità media e variazione della profondità dell'acqua, fosforo e potassio del suolo e impatto della gestione (Figura 6). La lunghezza e la direzione delle frecce fornisce un'indicazione dell'importanza relativa di ogni variabile ambientale nella discriminazione dei 4 gruppi. Si conferma che i plot dei siti EX-ISO differiscono dai plot con presenza della specie per elevata profondità media, alta variazione della profondità, alta temperatura e conducibilità dell'acqua e per alto impatto della gestione. Il primo asse del grafico indica inoltre che la tessitura del suolo, ed in particolare la maggiore percentuale di limo e la minore percentuale di argilla, distingue i plot EX-ISO dagli ISO. Il secondo asse invece discrimina tra loro i gruppi di plot in cui la specie è presente: i nitrati e i fosfati dell'acqua, fosforo, potassio e carbonio organico nel suolo discriminano i plot ISO-C (con le piante più sviluppate) dagli altri due gruppi. La sovrapposizione dei plot dei gruppi ISO-A e ISO-B indicano che i valori delle variabili ambientali per questi plot sono parzialmente sovrapponibili.

In accordo con quanto già osservato in letteratura (Vöge, 2003) si può affermare che il migliore stato di conservazione delle popolazioni si registra dove le piante sono più grandi, più numerose e dove si misura la maggiore copertura vegetale della specie. I siti nei quali si trovano le popolazioni più sviluppate, secondo questi criteri, sono quelli di Lenta-Roggia Molinara (3), i Lenta- Rio Gorreto (1) e (2) e Lenta-Roggia dell'Avvocato (8), pur con maggiore eterogeneità di sviluppo rispetto alla prima popolazione. Il fatto che piante conservate nell'Erbario dell'Università di Torino, raccolte nell'ottocento e inizio novecento, presentino grandi dimensioni (media di 45 cm), indica che se la pianta non è limitata da condizioni avverse, può raggiungere quasi il mezzo metro di lunghezza e che quindi lo sviluppo maggiore indica uno stato di conservazione buono. Inoltre è anche emerso, da un recente studio di Gentili *et al.* (2010) che la popolazione di Lenta-Roggia Molinara presenta la più alta variabilità genetica e che quindi può essere ritenuta la migliore per un'eventuale raccolta di spore da

cui ottenere nuove plantule per la reintroduzione o il rafforzamento delle popolazioni esistenti. Nelle popolazioni con il maggior sviluppo, contrariamente a quanto potevamo aspettarci, i nitrati nell'acqua e il fosforo, il potassio e il carbonio organico nel suolo presentano valori elevati. Tali valori, che fanno classificare le acque come mesotrofiche e non oligotrofiche, non sembrano danneggiare, ma anzi favoriscono lo sviluppo di *Isoëtes*. E' opportuno sottolineare però che, al contrario di molte specie dello stesso genere che vengono danneggiate da alti valori di nutrienti, *I. malinverniana* vive in acque correnti e non in acque di laghi o stagni. Inoltre i tenori di nutrienti registrati non sono così alti da favorire macrofite competitive, poco presenti nei siti di presenza della specie. Anche le alghe epifite, che potrebbero essere favorite dai nutrienti, sono state osservate raramente e solo nel periodo primaverile.

Le condizioni fisiche delle acque, in particolare la profondità media, la variazione della profondità durante la stagione primaverile, la temperatura e la conducibilità elevate e l'impatto della gestione sono risultati fattori più importanti del tenore di nutrienti per la sopravvivenza e lo sviluppo delle piante.

L'analisi effettuata sulle relazioni tra fattori ambientali misurati e sopravvivenza della specie evidenzia che un impatto gestionale forte risulta comunque determinante per la scomparsa di *I. malinverniana* come anche risultano determinanti le variazioni delle caratteristiche fisiche delle acque e del suolo. In particolare la gestione tipica di canali localizzati più a Sud di quelli in cui la specie è presente, canali che sono stati ingranditi e in cui scorre un maggior quantitativo di acqua risulta fortemente negativa per la specie. L'improvviso apporto di notevoli quantità di acqua torbida nel periodo primaverile può risultare negativo per fasi importanti della vita della pianta come la germinazione delle spore, la radicazione delle plantule e il loro sviluppo, come si dirà nel capitolo sulla moltiplicazione delle nuove plantule.

La zona dell'alta Pianura, sia in Provincia di Vercelli, sia in Provincia di Novara, caratterizzata da un'agricoltura meno intensiva di quella presente in zone localizzate più a Sud, risulta particolarmente vocata per mantenere le stazioni attualmente esistenti di *I. malinverniana* ed eventualmente per effettuare interventi futuri di reintroduzione/rafforzamento della specie.

Variabili	EX-ISO media	ISO-A Media	ISO-B Media	ISO-C media	SE	F	P
Analisi delle acque							
<i>Profondità media (cm)</i>	93.9 b	22.2 a	27.4 a	21.3 a	6.06	21.3	< 0.001
<i>Variazione annuale della profondità (cm)</i>	161.4 b	42.9 a	53.5 a	31.9 a	11.31	13.9	< 0.001
<i>Temperatura media annuale (°C)</i>	15.5 b	12.6 a	11.9 a	11.5 a	0.25	42.6	< 0.001
pH	7.8	7.7	7.5	7.5	0.04	2.02	0.122
<i>Conducibilità elettrica (µS/cm)</i>	192.08 b	104.87 a	81.30 a	119.56 a	7.86	24.4	< 0.001
Durezza (mg CaCO ₃ /l)	19.97	19.23	21.48	19.78	0.51	0.78	0.509
NO ₃ ⁻ (mg/l)	9.55	6.96	7.64	10.15	0.47	2.69	0.055
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.37	0.29	0.33	0.15	0.02	2.47	0.071
BOD ₅ (mg/l)	3.217	3.054	3.904	2.783	0.164	1.450	0.238
Cl totale (mg/l)	0.124	0.128	0.128	0.111	0.003	1.064	0.372
NH ₃ (mg/l)	0.010	0.082	0.148	0.016	0.023	1.712	0.175
Gestione							
<i>Impatto gestionale (0 min, 3 max)</i>	2.4 b	1.0 a	1.5 a	1.3 a	0.13	10.2	< 0.001
Soil							
pH	6.4	6.4	6.4	6.4	0.04	0.03	0.994
Rapporto C/N	11.40	11.57	9.47	13.77	0.57	1.29	0.286
<i>Carbonio organico (g/kg)</i>	11.20 b	6.22 a	5.33 a	9.99 ab	0.85	3.33	0.026
N totale (%)	0.09	0.06	0.06	0.08	0.01	2.61	0.061
<i>P disponibile (mg/kg)</i>	15.05 b	8.60 a	10.77 a	13.39 ab	0.66	8.41	< 0.001
<i>K scambiabile (mg/kg)</i>	320.36 c	106.51 a	127.06 ab	223.17 bc	18.01	18	< 0.001
<i>Sabbia (%)</i>	80.35 b	89.38 a	86.18 ab	89.23 ab	1.46	2.81	0.048
<i>Limo (%)</i>	16.99 b	8.88 a	11.12 ab	9.29 ab	1.31	2.81	0.047
Argilla (%)	2.69	1.74	2.70	1.48	0.26	1.31	0.279

Tabella 3. Valori delle variabili ambientali nei siti in cui la specie non è più presente (EX-ISO) e in cui la specie è presente (ISO).

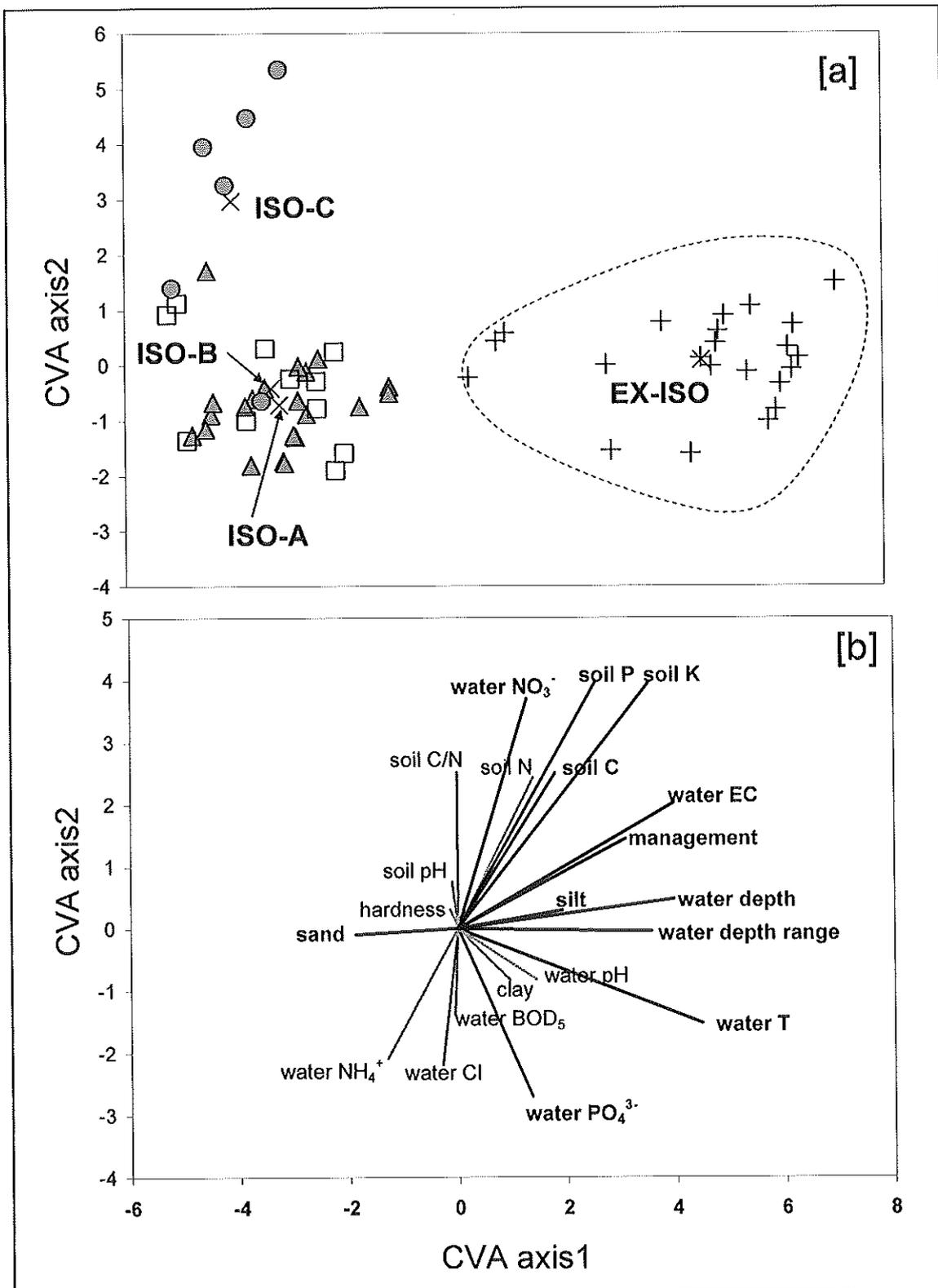


Figura 10. Diagrammi di ordinamento basati sui primi due assi della CVA: a) += plot in cui la specie è estinta (n = 22); ▲ = plot ISO-A (n = 21); □ = ISO-B (n = 11); ● = plot ISO-C (n = 6); X = centroidi dei gruppi di *Isoëtes*; la linea tratteggiata evidenzia il gruppo EX-ISO, ben differenziato lungo il primo asse; b) le linee nere corrispondono alle variabili significative nell' evidenziare i gruppi; le linee grigie corrispondono a variabili supplementari incluse nel modello.

3. RIPRODUZIONE di piante a partire da spore e messa a punto di tecniche di conservazione del materiale a lungo termine

Conservazione *ex situ*: raccolta, studio della conservazione e gestione del germoplasma applicando protocolli riconosciuti a livello internazionale (Bacchetta *et al.*, 2006) per disporre di materiale da utilizzare nella ricerca e in eventuali reintroduzioni della specie *in situ*.

Le spore sono state raccolte in campo, in corrispondenza delle popolazioni di *Isoetes malinverniana*.

Sono stati prelevati campioni sia in vivo (macrosporangii e microsporangii) sia da suolo (sole macrospore), nei mesi di marzo e ottobre.

Il numero di macrospore per ogni macrosporangio è stato valutato allo stereomicroscopio.

I campioni di suolo sono stati raccolti in prossimità dei nuclei di piante, in due tubi falcon da 50 ml per ogni popolazione. I campioni sono stati trasportati in laboratorio per provvedere all'estrazione delle macrospore in essi contenute. I 100 ml di suolo sono stati omogeneizzati, quindi centrifugati. Da ogni tubo falcon così trattato sono stati prelevati 3 cm³ di suolo, contenenti le macrospore. Il volume ottenuto è stato analizzato allo stereomicroscopio e le macrospore estratte manualmente.

I campioni prelevati da sporangii raccolti nel mese di marzo sono stati trattati come segue.

È stato selezionato per ogni popolazione in cui fossero presenti macrospore un numero delle stesse variabile tra 25 e 300, a seconda della disponibilità di materiale.

Le macrospore sono state seminate dopo due lavaggi in acqua deionizzata. Le microspore sono state estratte dai microsporangii al momento della semina, per preservarne l'integrità. L'unico trattamento effettuato in questo caso è stato il lavaggio dei microsporangii con acqua deionizzata.

Le spore sono quindi state seminate in piastre Petri con terreno di coltura di agar-acqua 1% (Bacteriological agar, SIGMA). In ogni piastra sono state seminate 25 macrospore.

Le piastre sono quindi state incubate a 18°C, 12/12h luce/buio e controllate periodicamente allo stereomicroscopio per verificarne la germinazione.

Le spore estratte dal suolo raccolto a marzo 2009 sono state trattate come segue.

Sono state prelevate macrospore in numero variabile, in relazione dalla quantità di materiale disponibile. La tabella riassume il numero di macrospore utilizzate per ogni popolazione. Le popolazioni non trattate non presentavano macrospore nel suolo.

Le macrospore sono state seminate, in numero di 25 per piastra ove possibile, altrimenti in numero inferiore, in piastre Petri con terreno di coltura di agar-acqua 1% (Bacteriological agar, SIGMA).

È stato effettuato inoculo con microspore appartenenti alla medesima popolazione, ricavate dai microsporangii non utilizzati nei trattamenti di cui al punto precedente.

Le piastre sono quindi state incubate a 18°C, 12/12h luce/buio e controllate periodicamente allo stereomicroscopio per verificare la germinazione.

I campioni prelevati da sporangii raccolti nel mese di ottobre sono stati trattati come segue.

Sono state prelevate 300 macrospore per ciascuna popolazione. Con queste sono state seminate 12 piastre Petri con terreno di coltura di agar-acqua 1% (Bacteriological agar, SIGMA) ciascuna contenente 25 macrospore.

Gli sporofiti ottenuti dalle sopraelencate prove di germinazione sono stati utilizzati per la produzione di nuovi individui.

Raggiunta la lunghezza approssimativa di 2 cm in piastra, gli sporofiti sono stati trasferiti su un substrato composto da una miscela di sabbia di quarzo addizionata con fertilizzante da acquario

in rapporto 2:1, dello spessore approssimativo di 3 cm, in contenitori di vetro trasparente. Il tutto è stato coperto con circa 2 cm di acqua deionizzata (rinnovata circa ogni due settimane) (Taylor&Luebke, 1986). Tali contenitori sono stati nuovamente incubati a 18°C, 12/12h luce/buio. Gli sporofiti sono stati lasciati in tali condizioni fino al raggiungimento di una lunghezza compresa tra gli 8 e 10 cm, quindi trasferiti in acquari allestiti con il medesimo substrato, di circa 5 cm di spessore e coperti da 15 cm di acqua deionizzata, rinnovata di un terzo ogni due settimane. Gli acquari, dotati di un filtro elettrico per la depurazione dell'acqua, sono stati posti in serra in condizioni di illuminazione naturale.

Risultati

Nel mese di marzo gli individui di metà delle popolazioni campionate sono risultati privi di macrosporangii integri, poiché molti si erano già aperti per liberare le spore. Erano invece presenti sulle piante ancora numerosi microsporangii chiusi. Diversamente, in ottobre, è stato possibile prelevare macrosporangii ancora pieni di spore in tutte le popolazioni. Questo indica che i mesi in cui si apre la maggior parte dei macrosporangii sono quelli invernali. L'osservazione è confermata dal maggior numero delle macrospore contate nei suoli prelevati nel mese di marzo rispetto a quello contato nel mese di ottobre; pur considerando i valori molto variabili, in marzo si sono contate da 100 a 2000 macrospore in 50 ml di suolo mentre in ottobre il numero varia da 0 a 70.

Il numero di macrospore contate nei macrosporangii varia da 60 a 160.

Le macrospore prelevate in marzo da macrosporangii e messe a contatto con microspore hanno mostrato percentuali di germinazione variabile tra 78 e 100% .

Il tentativo di sterilizzare le spore le ha danneggiate poiché la loro germinabilità è risultata sempre inferiore al 10%, a volte anche di 0%.

Le macrospore prelevate dal suolo nel mese di marzo messe a contatto con le microspore hanno presentato percentuali di germinazione variabili il 60 e il 100 % nelle varie popolazioni ad eccezione della popolazione 7 che ha presentato valori molto bassi.

Le spore prelevate a marzo hanno presentato, complessivamente, una media di germinazione del 90 % mentre quelle prelevate ad ottobre del 64%.

Le spore prelevate dalle piante nel mese di ottobre sono state in parte sottoposte a vernalizzazione ma la percentuale di germinazione non è risultata statisticamente differente. Sembra quindi che la vernalizzazione non sia necessaria ai fini della germinazione.

Le plantule trapiantate in acquario dopo circa un anno presentavano una media di 15 sporofilli con lunghezza media di 22 cm. Nessuno sporofillo presentava ancora sporangii. Le piante risultavano in buono stato di accrescimento pur essendo in acqua debolmente mossa e quindi in condizioni solo parzialmente simili a quelle in cui abitualmente le piante vivono.

Le prove di coltivazione effettuate dimostrano che è possibile ottenere nuove piante a partire da spore ma che sono necessari tempi lunghi, superiori ad un anno, per ottenere piante di discrete dimensioni, anche se non ancora mature dal punto di vista riproduttivo.

Schede relative ai siti in cui la specie è presente

Roggia Castagnea (Arborio)



INQUADRAMENTO

Provincia	Vercelli
Comune	Arborio
Località	Roggia Castagnea, nell'abitato di Arborio
Quota	185 m
Coordinate GPS (ED50)	5038405 N; 452173 E
Sito Natura 2000	-
Consistenza popolazione	Molto scarsa, 12 individui. Densità e copertura con valori estremamente bassi. Copertura anche elevata di altre macrofite (principalmente <i>Ranunculus fluitans</i>), con distribuzione eterogenea (a isole). <u>Presenti a monte e a valle sporadiche stazioni puntiformi</u> (evidenziate in appendice I).
Caratteristiche del sito	Naturalità assente; roggia artificializzata con tratti di sponde e fondo cementificati, altamente degradata per la presenza di sostanze inquinanti (schiume, scarichi) e rifiuti solidi.

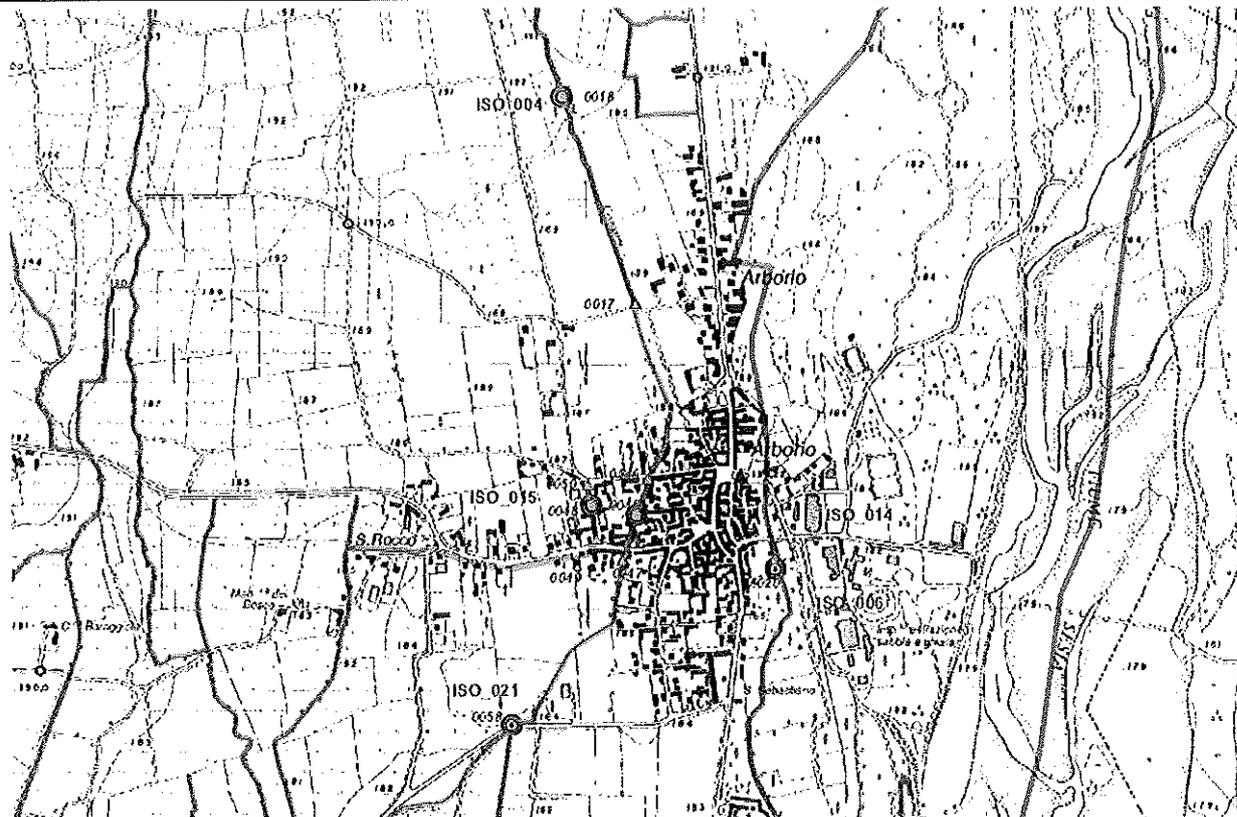
Gestione

Taglio manuale, 2 volte all'anno

Stato di conservazione

Insufficiente; stazione a rischio di estinzione

APPENDICE I – Estratto cartografico



APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	25,8	23,0	34,67	4,8	2	6	5,6	0,5	15	0,0	0	90

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	4	6	7	11	15	23	22	21	17	15	8	5	13
pH	8,5	8,5	8	7,5	7,8	7,5	7,8	8,7	7,9	9,5	7,6	8,2	8,1
CE (µS/cm)	100	130	140	50	40	50	60	80	90	110	100	100	87,5
Profondità (cm)	4	6	8,7	28	42	30	38	14	10	12	11	8	17,6
Velocità (m/s)	0,4	0,4	0,5	nr	nr	1,0	0,9	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,5
Durezza (mg/l CaCO ₃)			15,50				24,50			15,10			18,37
NO ₃ ⁻ (mg/l)			1,74				5,66			9,10			5,50
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,55				0,18			0,23			0,32
BOD ₅ (mg/l)			4,40				1,89			2,41			2,90
Cl _{tot} (mg/l)			0,11				0,09			0,17			0,12

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org}	S.O.	N _{tot}	P _{ass}	K _{sc}
	%					(g/kg)	(g/kg)	%	mg/kg	mg/kg
	98	2	0	6,69	15,30	3,05	5,26	0,02	4,68	48,83

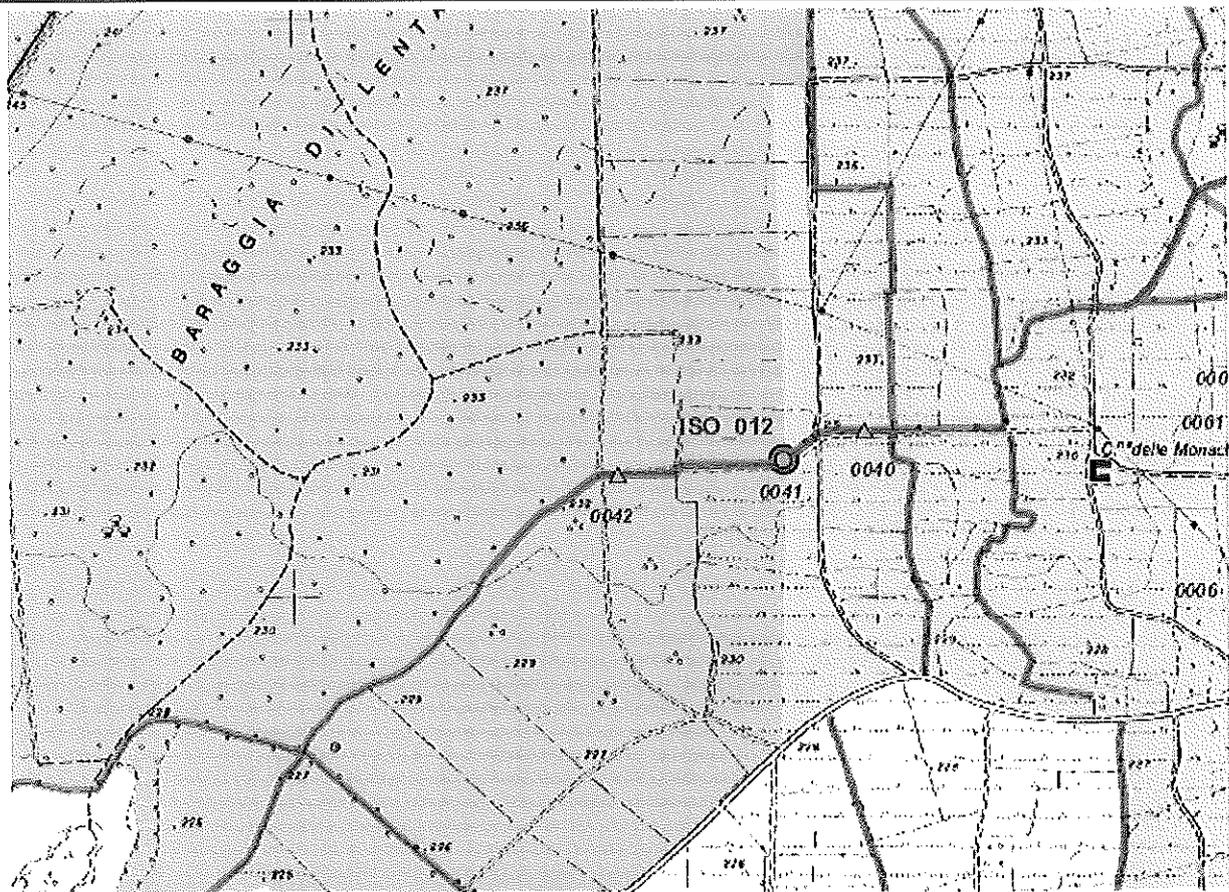
Il Riale (Avvocato 1)



INQUADRAMENTO

Provincia	Vercelli
Comune	Lenta
Località	Il Riale, presso limite orientale del SIC Baraggia di Rovasenda
Quota	231 m
Coordinate GPS (ED50)	5045413 N; 449898 E
Sito Natura 2000	SIC IT1120004 "Baraggia di Rovasenda", la stazione si trova sul confine orientale del SIC; presenti anche stazioni puntiformi lungo tutto il tratto del Riale che attraversa il SIC e lungo buona parte del tratto a monte.
Consistenza popolazione	Buona, <200 individui. Densità e copertura molto eterogenee, con valori da molto bassi a molto elevati. Anche in questa stazione la maggiore densità di piante si riscontra in prossimità di un tratto di alveo coperto per l'attraversamento.
Caratteristiche del sito	Buona naturalità, presenza di copertura arboreo-arbustiva lungo le sponde (<i>Quercus robur</i> e arbusti mesofili); contesto naturale ancora ben conservato, grazie alla presenza del SIC, per la dominanza di quercu-carpineti.
Gestione	Raccoglitore naturale, non gestito dal Consorzio irriguo
Stato di conservazione	Buono

APPENDICE I – Estratto cartografico



APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	34,9	21,8	43,7	82	12	196	60	10	100	0	0	0

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	n.r.	5	6,6	11	14	17	19	19	n.r.	n.r.	3	4	11
pH	n.r.	7,1	7,2	7,5	7,6	7,6	7,5	7,6	n.r.	n.r.	7,5	7,7	7,5
CE (µS/cm)	n.r.	100	100	80	50	50	70	130	n.r.	n.r.	60	110	83
Profondità (cm)	n.r.	4	4,4	45	47	62	54	16	n.r.	n.r.	7	20	29
Velocità (m/s)	n.r.	n.r.	0	0,8	1	0,7	1,3	0,4	n.r.	n.r.	0,04	0,42	0,6
Durezza (mg/l CaCO ₃)			24,50				24,00			21,80			23,43
NO ₃ ⁻ (mg/l)			6,96				4,79			16,80			9,52
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,34				0,04			0,38			0,25
BOD ₅ (mg/l)			7,89				4,46			4,08			5,48
Cl _{tot} (mg/l)			0,09				0,08			0,14			0,10

Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{ORG} (g/kg)	S.O. (g/kg)	N _{TOT} (%)	P _{BSS} mg/kg	K _{SC} mg/kg
	%									
	85	13	2	6,43	9,06	6,08	10,48	0,07	13,85	200

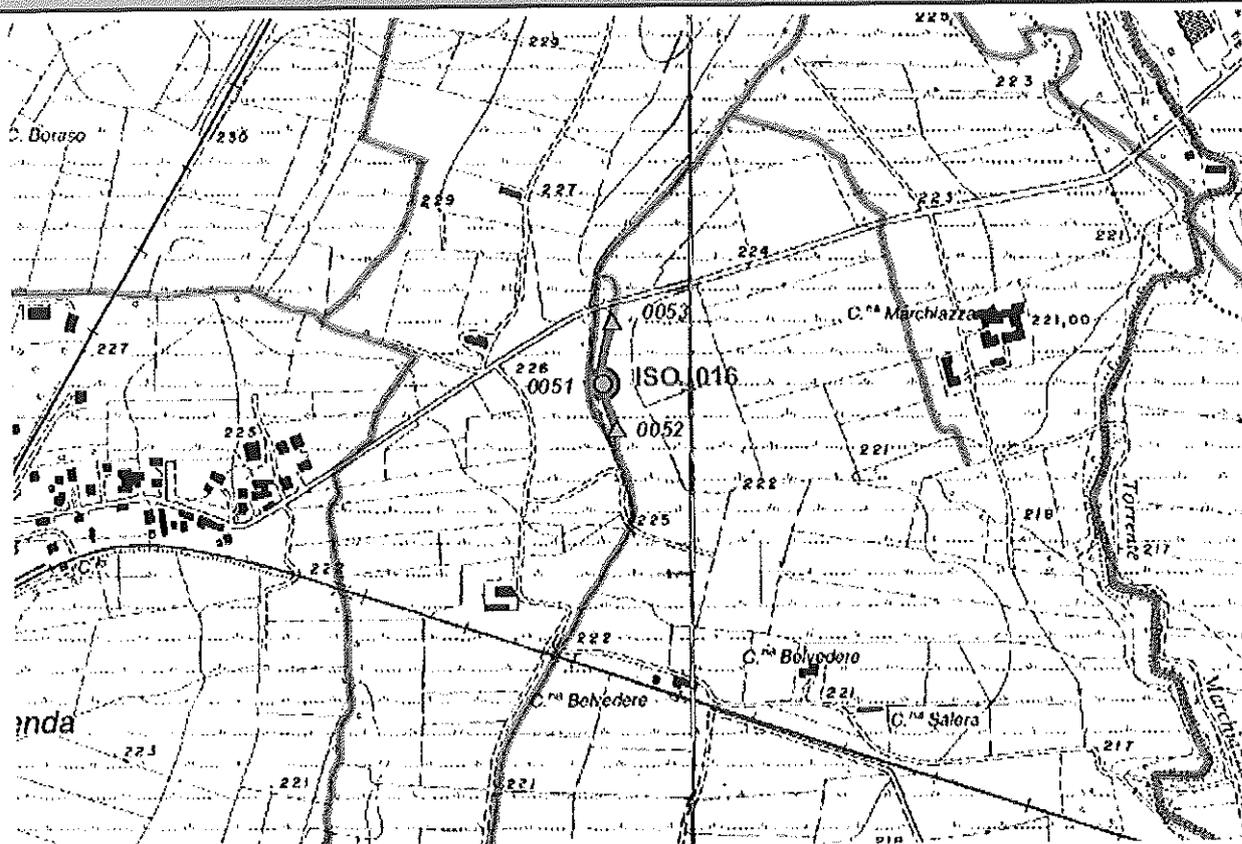
Roggia Avvocato



INQUADRAMENTO

Provincia	Vercelli
Comune	Rovasenda
Località	Roggia Avvocato, tratto a Sud della strada provinciale Lenta – Rovasenda
Quota	225 m
Coordinate GPS (ED50)	5043476 N; 447815 E
Sito Natura 2000	-
Consistenza popolazione	Discreta, >100 individui. Densità e copertura eterogenee, con valori medio-bassi; <u>altamente probabile la presenza di altre stazioni a valle</u> , da verificare.
Caratteristiche del sito	Discreta naturalità, presenza di fascia arbustiva lungo le sponde dominata da <i>Rubus</i> sp. Contesto risicolo intensivo.
Gestione	Spurgo meccanico, 1 volta ogni 20 anni. Ultimo intervento di spurgo: Gennaio 1995. Secca invernale.
Stato di conservazione	Discreto

APPENDICE I – Estratto cartografico



APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	27,2	23,5	31,4	35,5	6	82	19,8	6	35	13	2	35

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	3	5	14	11	14	18	20	19	n.r.	n.r.	4	2	11
pH	7,5	7,3	6,9	7,2	7,3	7,6	7,6	7,8	n.r.	n.r.	7,1	7,1	7,3
CE (µS/cm)	110	90	145	70	40	40	60	70	nr	nr	70	90	78,5
Profondità (cm)	26	12	4,6	52	64	73	75	40	nr	nr	12	8	36,7
Velocità (m/s)	0	nr	0	0,8	nr	0,7	0,6	0,6	nr	nr	0	0	0,3
Durezza (mg/l CaCO ₃)			19,3				13,7			18,2			17,07
NO ₃ ⁻ (mg/l)			13,05				4,35			19,70			12,37
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,09				1,98			0,17			0,75
BOD ₅ (mg/l)			3,95				6,34			7,82			6,04
Cl _{tot} (mg/l)			0,16				0,13			0,19			0,16

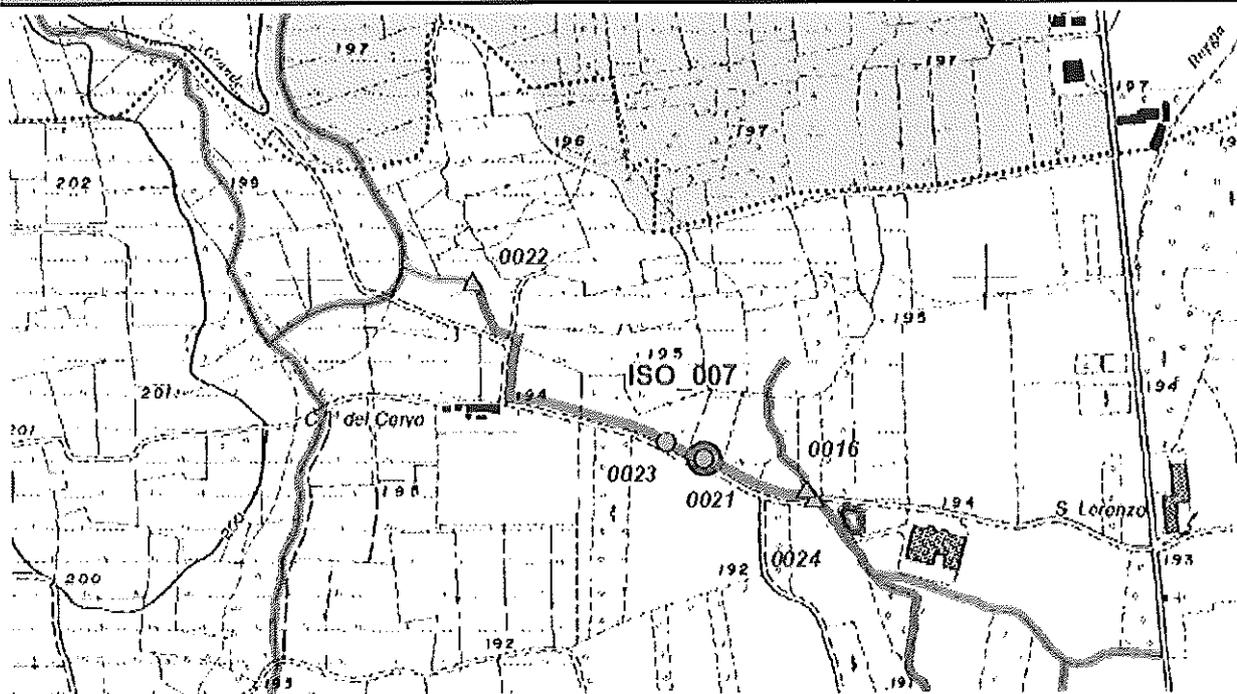
Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org} (g/kg)	S.O. (g/kg)	N _{tot} %	P _{ass} mg/kg	K _{sc} mg/kg
	%									
	62	23	7	6,08	10,78	9,00	15,51	0,08	16,72	210,25

Scaricatore Rio Dondoglio

INQUADRAMENTO

Provincia	Vercelli
Comune	Arborio
Località	Scaricatore del rio Dondoglio, presso la chiesa
Quota	193 m
Coordinate GPS (ED50)	5039908 N; 451638 E
Sito Natura 2000	-
Caratteristiche del sito	Roggia con buone caratteristiche di naturalità, con formazioni arbustive rade di sponda (<i>Prunus padus</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Alnus glutinosa</i>); contesto risicolo intensivo.
Consistenza popolazione	Molto scarsa, 12 individui. Densità e copertura con valori estremamente bassi. Presenza non rilevante di altre macrofite.
Gestione	Raccogliitore naturale, non gestito dal Consorzio irriguo
Stato di conservazione	Scarso

APPENDICE I – Estratto cartografico



APPENDICE II – Dati substrato e acque

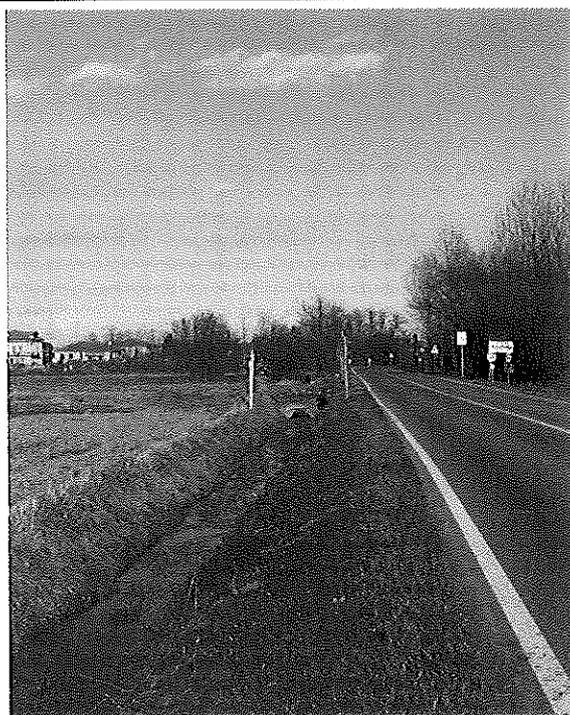
Parametri strutturali di popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)	DENSITA' (n. piante/m ²)	COPERTURA (%)	COPERTURA altre macrofite (%)
--------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------	---------------	-------------------------------

	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	25,8	22,0	30,5	4,8	2	10	5,6	2	10	0,0	0	0

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	3	6	9,6	11	15	20	22	22	16	12	7	4	12,3
pH	8,1	8	8	7,5	7,6	7,4	7,4	8,4	8,1	8,9	7,7	8	7,9
CE (µS/cm)	90	130	155	40	20	40	60	90	80	110	110	110	86,3
Profondità (cm)	18	14	13,2	52	38	38	39	5	9	10	18,5	12	22,2
Velocità (m/s)	0,7	0,6	0,6	1	1,2	0,8	0,9	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,6
Durezza (mg/l CaCO ₃)			15,20				20,00			15,00			16,73
NO ₃ ⁻ (mg/l)			2,61				7,83			6,40			5,61
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,37				0,13			0,01			0,17
BOD ₅ (mg/l)			1,78				5,55			1,74			3,02
Cl _{tot} (mg/l)			0,12				0,10			0,18			0,13

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org} (g/kg)	S.O. (g/kg)	N _{tot} %	P _{ass} mg/kg	K _{sc} mg/kg
	%									
	96	4	1	6,42	10,70	2,57	4,42	0,03	6,18	45,73

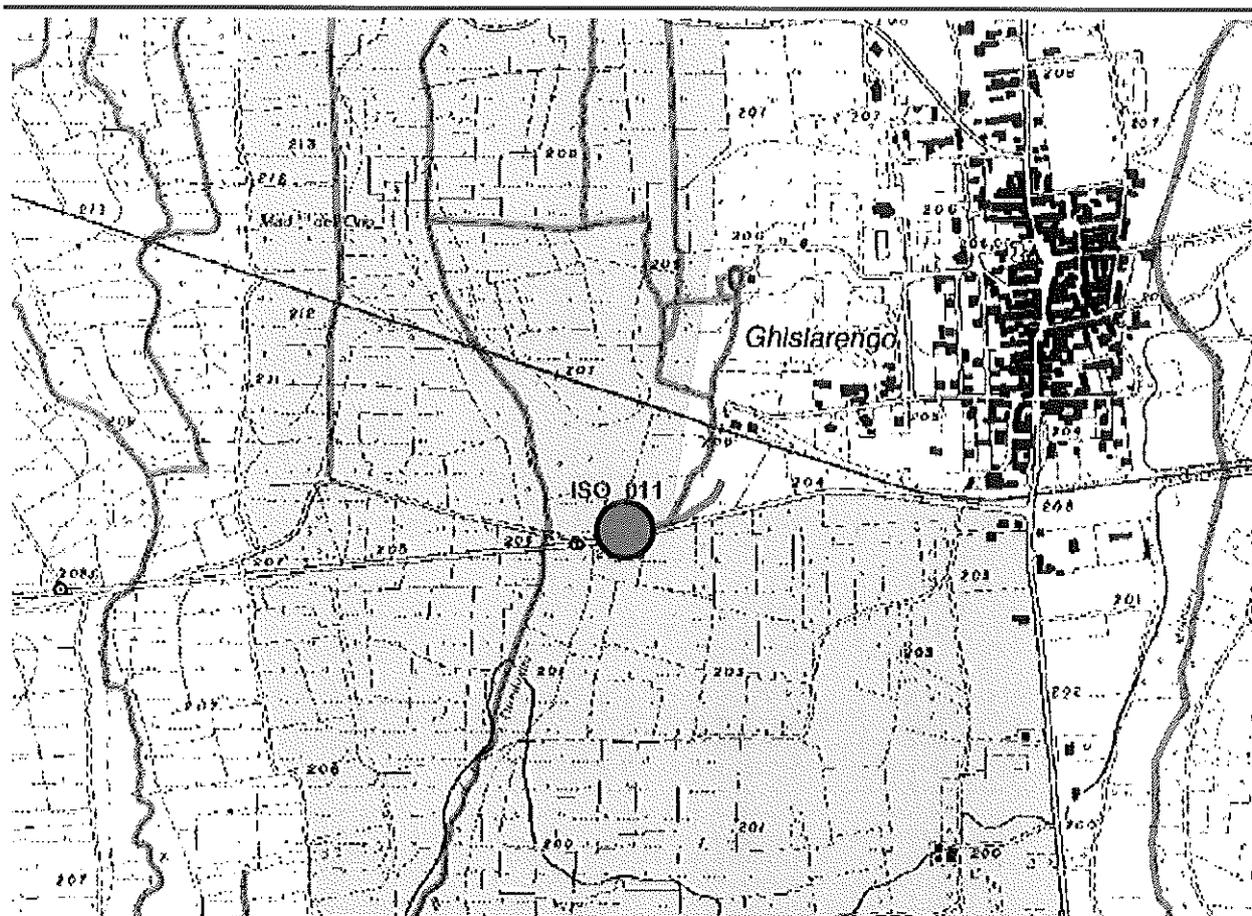
Ghislarengo-Rovasenda



INQUADRAMENTO

Provincia	Vercelli
Comune	Ghislarengo
Località	Canale di scolo parallelo alla strada provinciale Ghislarengo – Rovasenda
Quota	202 m
Coordinate GPS (ED50)	5041604 N; 451433 E
Sito Natura 2000	-
Consistenza popolazione	Scarsa, 30 individui circa. Densità e copertura con valori bassi. Le piante presenti sono principalmente raggruppate in un tratto dell'alveo coperto da un attraversamento.
Caratteristiche del sito	Canale artificiale soggetto a periodica manutenzione, con vegetazione spondale assente e presenza di vegetazione acquatica sommersa.
Gestione	Taglio manuale 1 volta all'anno. Secca invernale
Stato di conservazione	<u>Insufficiente, stazione a rischio di estinzione</u>

APPENDICE I – Estratto cartografico



APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	22,7	15,3	30	28	8	48	21,5	8	35	16	7	25

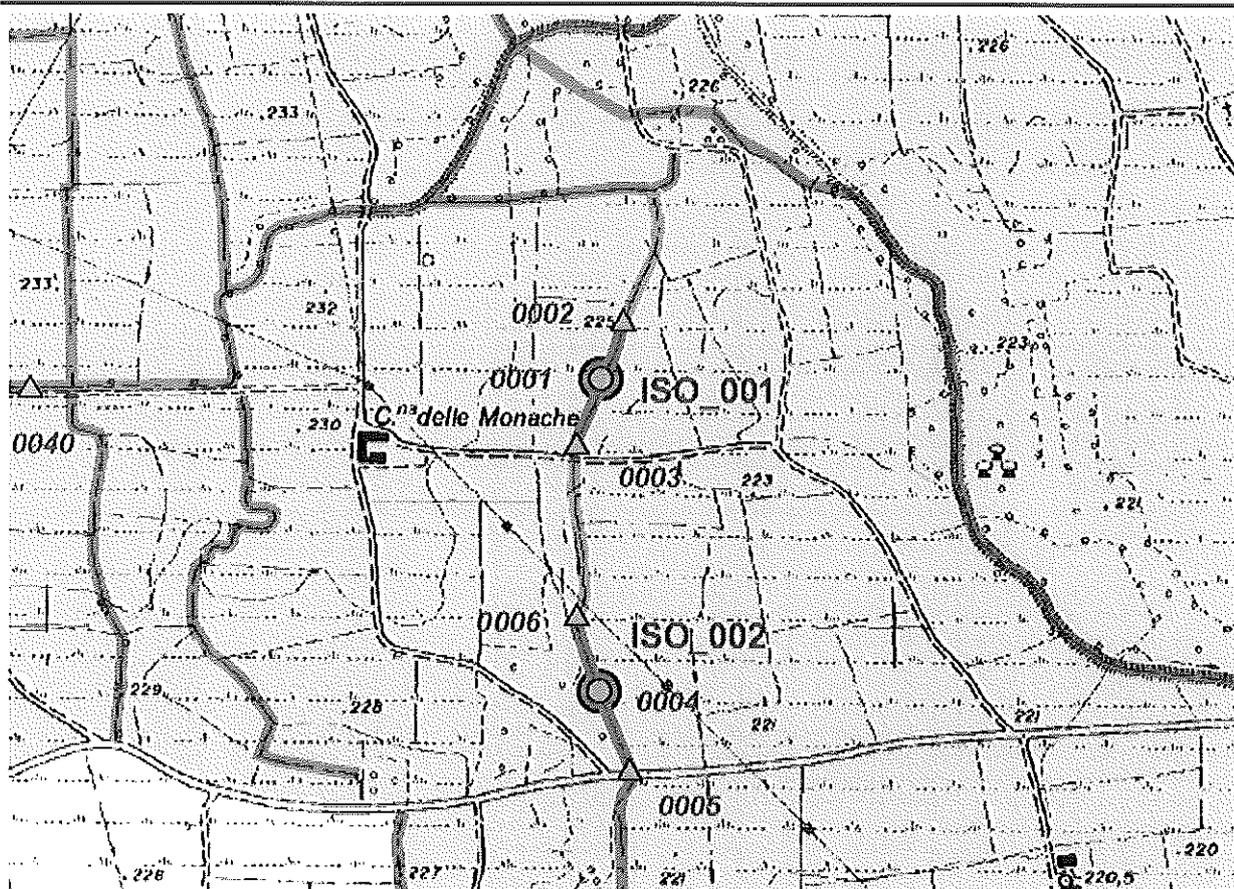
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	2	8	12,5	11	19	22	23	19	16	12	7	5	13
pH	8	8,2	8,5	7,3	7,4	7,5	7,4	7,6	7,7	8,2	7,6	7,9	7,8
CE (µS/cm)	80	90	110	40	40	40	60	80	80	90	110	80	75
Profondità (cm)	5	10	12,8	38	37	46	44	16	7	6,5	10	12	20,4
Velocità (m/s)	0	0,2	0,3	0,9	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	n.r.	0,3	0,2	0,3
Durezza (mg/l CaCO ₃)			12,3				21,4			7,5			13,7
NO ₃ ⁻ (mg/l)			3,05				9,14			3,00			5,06
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,19				0,05			0,08			0,11
BOD ₅ (mg/l)			0,90				4,41			1,62			2,31
Cl _{tot} (mg/l)			0,08				0,09			0,19			0,12

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org}	S.O.	N _{tot}	P _{ass}	K _{sc}
	%					(g/kg)	(g/kg)	%	mg/kg	mg/kg
	83	16	2	6,41	10,30	9,28	16,01	0,09	10,04	111,50

Cavo Gorreto (Gorreto 1)**INQUADRAMENTO**

Provincia	Vercelli
Comune	Lenta
Località	Cavo Gorreto, NE Cascina delle Monache
Quota	225 m
Coordinate GPS (ED50)	5045473 N; 450712 E
Sito Natura 2000	-
Consistenza popolazione	Discreta, >100 individui. Densità e copertura molto eterogenee, evidentemente influenzate dalle attività di spurgo (la maggiore densità si riscontra in corrispondenza ad un ponte che limita l'intervento dei mezzi meccanici).
Caratteristiche del sito	Roggia che presenta ancora alcuni tratti di naturalità, pur essendo inserita in un contesto risicolo altamente intensivo; presenza a nuclei di vegetazione arborea (<i>Quercus robur</i>), vegetazione igrofila spondale (carici) e nuclei di macrofite (<i>Ranunculus fluitans</i> , <i>Callitriche stagnalis</i>).
Gestione	Spurgo meccanico, 1 volta ogni 2 anni. Secca invernale
Stato di conservazione	Sufficiente

APPENDICE I – Estratto cartografico



Gorreto I: stazione più a nord

APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	29,2	26,07	38,17	72,4	6	240	32,5	3	60	11,5	0	43

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	8	8	9	12	13	17	18	18	14	10	9	9	12,1
pH	7,7	7,4	7,2	7,3	7,7	7,1	7,4	7,8	7,6	7,3	7,2	7,4	7,4
Cond. El. (µS/cm)	100	130	160	100	50	70	70	70	90	110	110	90	95,8
Profondità (cm)	10	13	14,2	12,5	23	20	24,5	38	11	8,5	17,5	12	17,0
Velocità (m/s)	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,9	0,8	0,3	0,5	0,3	0,5
Durezza (mg/l CaCO ₃)			26,4				27,0			21,1			24,8
NO ₃ ⁻ (mg/l)			11,75				5,22			1,20			6,06
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,80				0,31			0,00			0,37
BOD ₅ (mg/l)			0,54				5,89			1,35			2,59
Cl _{tot} (mg/l)			0,15				0,09			0,16			0,13

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org}	S.O.	N _{tot}	P _{ass}	K _{sc}
	%					(g/kg)	(g/kg)	%	mg/kg	mg/kg
	90	8	2	6,15	9,80	3,73	6,43	0,04	10,85	94,00

Cavo Gorreto (Gorreto 2)

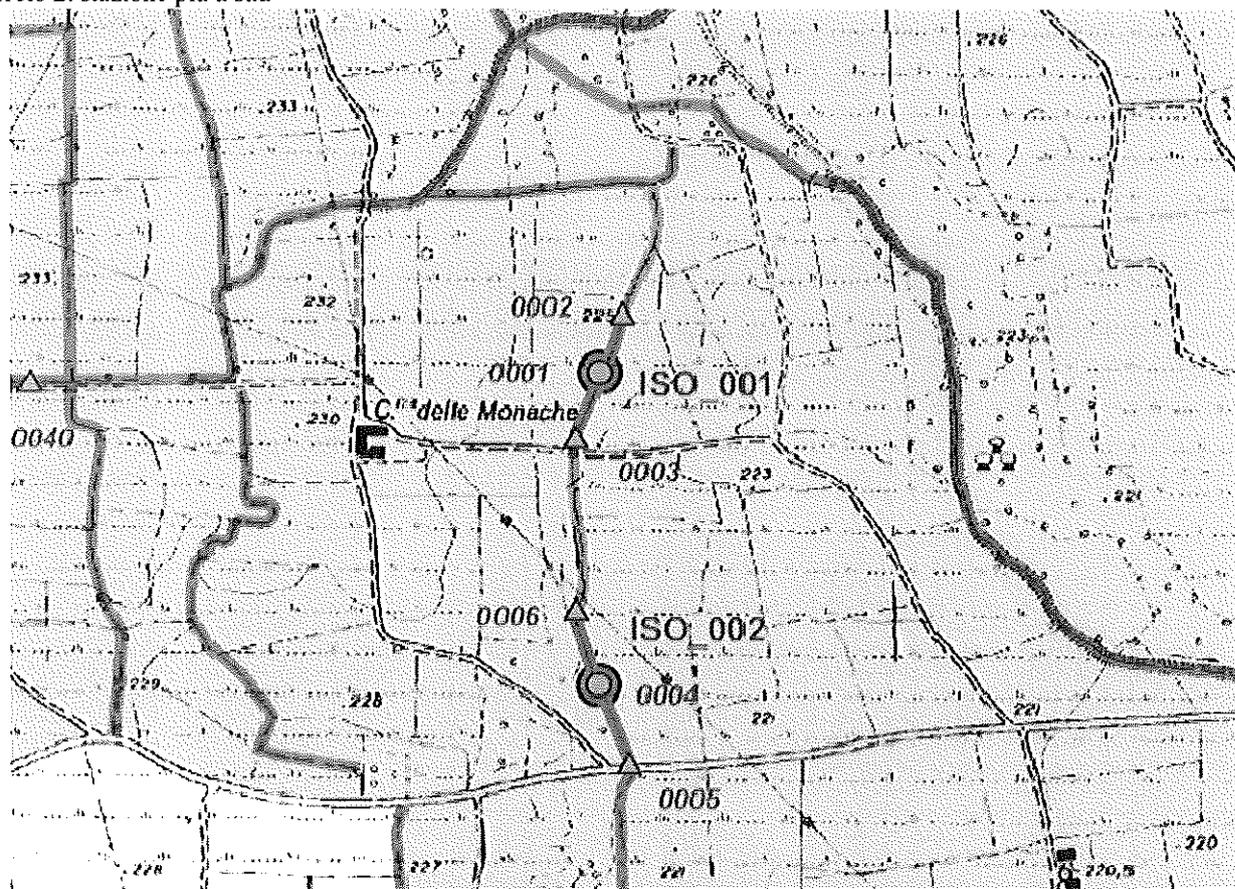


INQUADRAMENTO

Provincia	Vercelli
Comune	Lenta
Località	Cavo Gorreto, SE Cascina delle Monache
Quota	225 m
Coordinate GPS (ED50)	5045100 N; 450708 E
Sito Natura 2000	-
Consistenza popolazione	Discreta, circa 100 individui. Densità e copertura eterogenee, con valori medio-bassi. Altamente probabile la presenza di nuclei della specie a valle, oltre la strada Lenta-Rovasenda, da verificare.
Caratteristiche del sito	Roggia che presenta ancora alcuni tratti di naturalità, pur essendo inserita in un contesto risicolo altamente intensivo; presenza in alcuni tratti di vegetazione arborea (<i>Alnus glutinosa</i>), vegetazione igrofila spondale (carici) e sporadiche macrofite (<i>Ranunculus fluitans</i>).
Gestione	Spurgo meccanico, 1 volta ogni 2 anni. Secca invernale
Stato di conservazione	Sufficiente

APPENDICE I – Estratto cartografico

Gorreto 2: stazione più a sud



APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	25,9	13,88	32,40	25,9	10	46	26,0	5	55	1,0	0	5

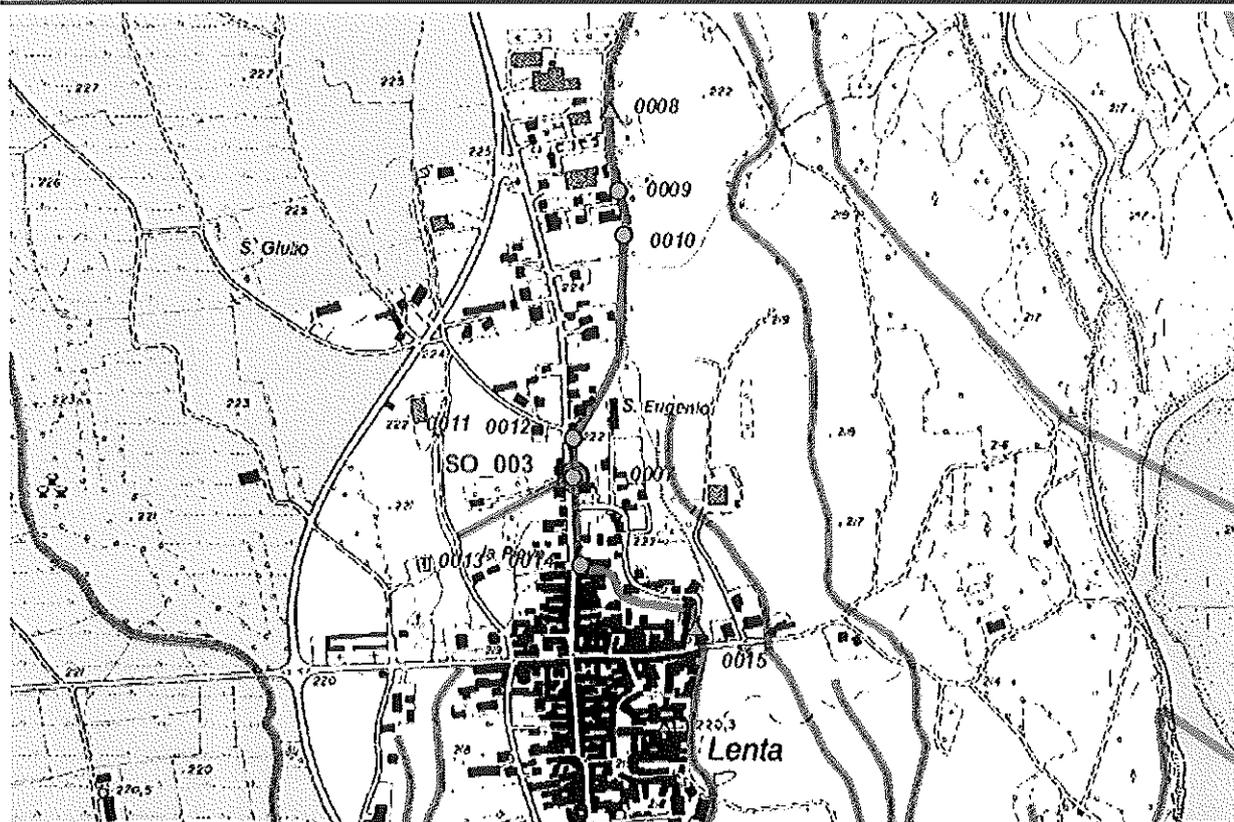
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	7	8	9	12	15	19	21	19	15	10	9	3	12,3
pH	8,2	7,6	7,4	7,6	8	7,3	7,7	7,9	7,8	7,5	7,6	7,6	7,7
CE (µS/cm)	110	130	160	90	50	70	70	70	110	100	110	110	98,3
Profondità (cm)	6	7	8,2	20	22	24	25	42	18	6	16,5	25	18,3
Velocità (m/s)	0,1	0,3	0,6	0,3	0,5	0,5	0,3	0,8	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4
Durezza (mg/l CaCO ₃)			26,6				27,0			22,3			25,3
NO ₃ ⁻ (mg/l)			15,23				10,44			1,20			8,96
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,52				0,24			0,00			2,07
BOD ₅ (mg/l)			0,24				3,53			0,73			0,25
Cl _{tot} (mg/l)			0,10				0,05			0,13			0,09

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org}	S.O.	N _{tot}	P _{ass}	K _{sc}
		%				(g/kg)	(g/kg)	%	mg/kg	mg/kg
	91	6	3	6,41	12,58	4,54	7,83	0,04	6,10	82,55

Roggia Molinara (Lenta)**INQUADRAMENTO**

Provincia	Vercelli
Comune	Lenta
Località	Roggia Molinara, nell'abitato di Lenta, presso le Scuole
Quota	222 m
Coordinate GPS (ED50)	5045390 N; 452029 E
Sito Natura 2000	-
Consistenza popolazione	Molto buona, >1000 individui. Densità e coperture sono omogenee e presentano valori elevati. Nel tratto a monte della stazione studiata sono presenti nuclei della specie, con indici di copertura e densità decisamente inferiori (cfr. estratto cartografico).
Caratteristiche del sito	Tratto di roggia artificializzato per la presenza di fondo e sponde cementificate; assenza di vegetazione spondale, abbondanti e rigogliosi popolamenti macrofitici (<i>Sparganium</i> sp., <i>Callitriche stagnalis</i> , <i>Ranunculus fluitans</i>). Presenza diffusa di rifiuti plastici e di inerti, probabile presenza di scarichi fognari.
Gestione	Taglio manuale (3 volte all'anno) e spurgo meccanico. Ultimo intervento di spurgo: Gennaio 1990. Secca invernale.
Stato di conservazione	Buono

APPENDICE I – Estratto cartografico



APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	48,4	46,31	51,51	343,5	288	396	83,8	50	100	16,3	0	50

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	1	5	11	12	12	16	20	19	15	10	n.r.	5	11,4
pH	7,1	7,4	7,7	7,5	7,4	7,6	7,8	7,6	7,8	7,7	n.r.	7,7	7,6
CE (µS/cm)	250	230	220	170	50	50	60	90	110	130	n.r.	120	134,5
Profondità (cm)	8	12	16	16	27	34	33	10	29	30	n.r.	11	20,5
Velocità (m/s)	0	0,2	0,5	0,7	0,8	0,6	0,7	0,2	0,3	0,3	n.r.	0,3	0,4
Durezza (mg/l CaCO ₃)			14,0				11,8			27,0			17,6
NO ₃ ⁻ (mg/l)			22,19				7,83			4,00			11,34
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,09				0,06			0,06			0,07
BOD ₅ (mg/l)			1,46				3,30			1,71			2,16
Cl _{tot} (mg/l)			0,09				0,14			0,09			0,11

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org}	S.O.	N _{tot}	P _{ass}	K _{sc}
	%					(g/kg)	(g/kg)	%	mg/kg	mg/kg
	90	9	1	6,47	16,83	12,06	20,78	0,08	13,27	255,50

Cavo Bonino (Monache)



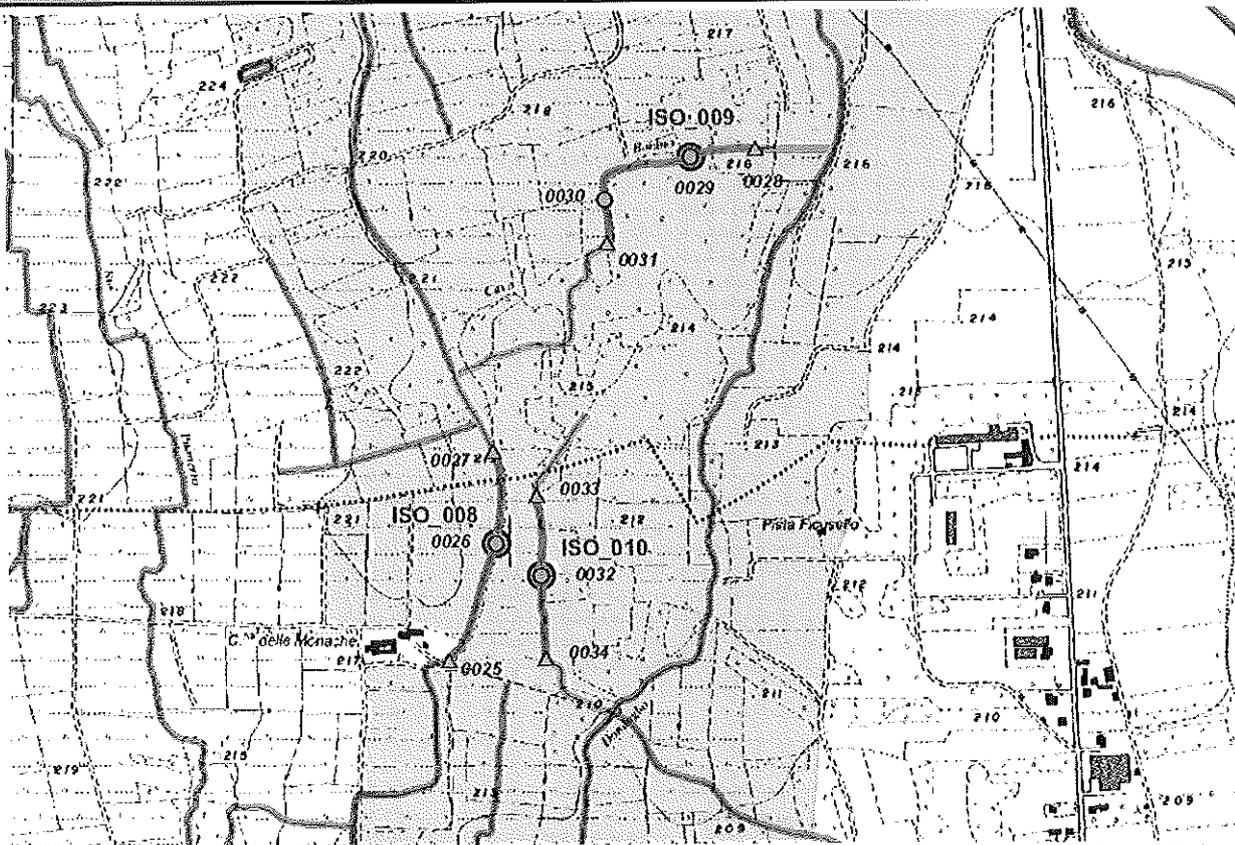
INQUADRAMENTO

Provincia	Vercelli
Comune	Ghislarengo
Località	Cavo Bonino, a Est di Cascina delle Monache
Quota	218 m
Coordinate GPS (ED50)	5043174 N; 451034 E

Sito Natura 2000 -

Consistenza popolazione	Buona, >200 individui. Densità e copertura eterogenee, con valori talvolta elevati; nel tratto di cavo Bonino a monte della stazione indagata sono presenti sporadici nuclei, ma con densità bassa (cfr. Estratto cartografico).
Caratteristiche del sito	Roggia caratterizzata da una discreta naturalità, che a monte aumenta progressivamente per l'attraversamento di estese superfici boscate
Gestione	Spurgo meccanico, 1 volta ogni 10 anni. Ultimo intervento di spurgo: Gennaio 2000. Secca invernale, estesa talvolta ai mesi precedenti (settembre, ottobre).
Stato di conservazione	Discreto

APPENDICE I – Estratto cartografico



Tratto di Cavo Bonino con presenza di *Isoetes* (ISO_008), e relative stazioni a monte; presenza della specie in un canale parallelo (ISO_010).

APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	Min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	21,3	17,0	25,2	93,0	42	150	39,5	10	58	0,5	0	2

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T° (°C)	n.r.	15	17	10	13	16	18	21	n.r.	n.r.	4	2	13
pH	n.r.	7,3	7,4	7,6	7,6	7,5	7,5	8,6	n.r.	n.r.	7,2	7,4	7,6
CE (µS/cm)	n.r.	60	63	40	30	30	50	60	n.r.	n.r.	80	70	53,7

Profondità (cm)	n.r.	5	4	65	84	80	74	22	n.r.	n.r.	17	8	40
Velocità (m/s)	n.r.	n.r.	0	0,8	0,7	0,6	0,6	0	n.r.	n.r.	0	0	0,3
Durezza (mg/l CaCO ₃)			21,40				22,10			n.r.			21,75
NO ₃ ⁻ (mg/l)			0,44				4,79			n.r.			2,61
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,26				0,05			n.r.			0,16
BOD ₅ (mg/l)			4,78				4,64			n.r.			4,71
Cl _{tot} (mg/l)			0,16				0,15			n.r.			0,16

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org}	S.O.	N _{tot}	P _{ass}	K _{sc}
	%					(g/kg)	(g/kg)	%	mg/kg	mg/kg
	94	6	0	6,54	8,73	3,05	5,26	0,03	7,09	93,67

Novara



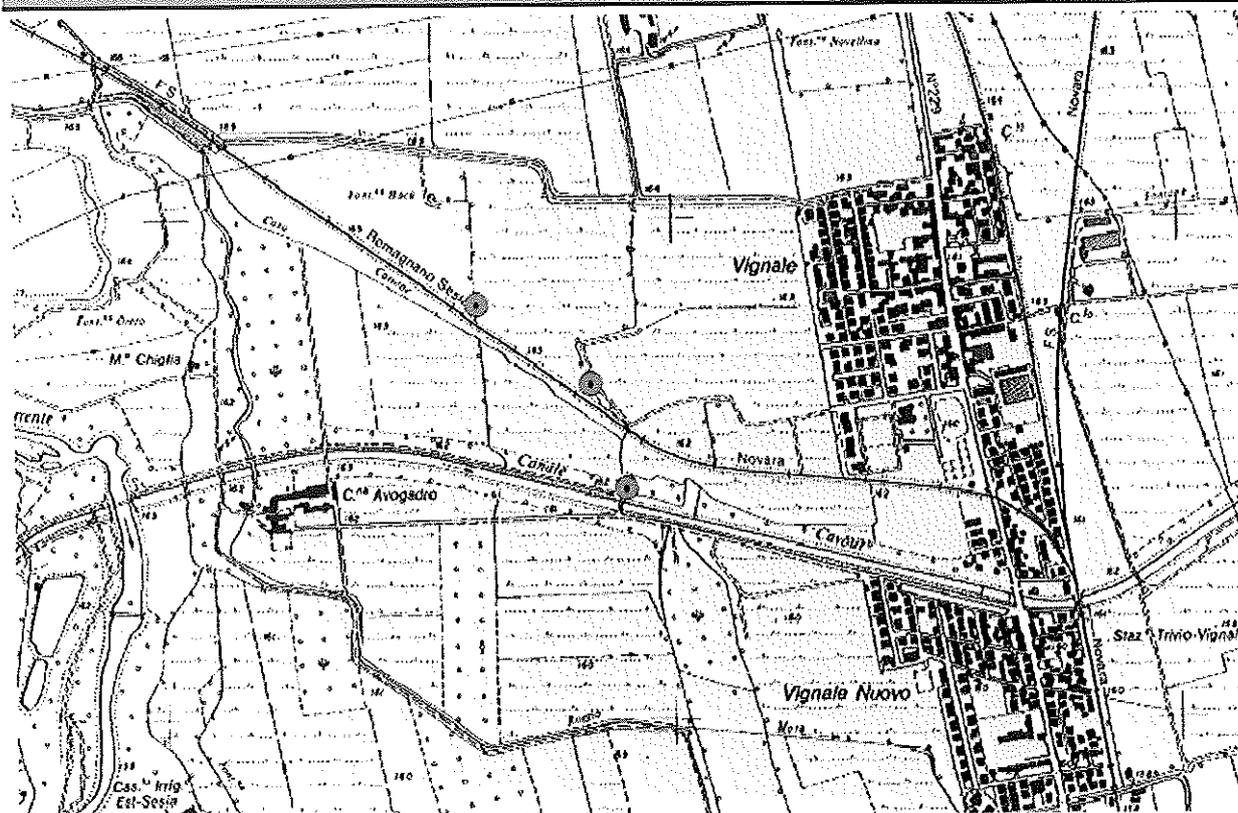
INQUADRAMENTO

Provincia	Novara
Comune	Novara (Vignale)
Località	Fontanile che intercetta il Canale Cavour, tra C.na Avogadro e Vignale
Quota	162 m
Coordinate GPS (ED50)	5036850 N; 468894 E
Sito Natura 2000	-
Consistenza popolazione	Molto scarsa, 7 individui. Anche la copertura di altre macrofite risulta quasi nulla
Caratteristiche del sito	Roggia particolarmente incassata con scarpate dominate da fasce a <i>Robinia pseudoacacia</i> , accompagnata principalmente da <i>Sambucus nigra</i>
Gestione	Esterno al comprensorio consortile, non si hanno informazioni; testimonianze orali riferiscono che da circa 20 non sono stati svolti tagli della vegetazione sulle scarpate

Stato di
conservazione

Insufficiente, stazione a rischio di estinzione

APPENDICE I – Estratto cartografico



In carta sono evidenziate le 3 stazioni puntiformi note in provincia di Novara, delle quali 2 nel fontanile che intercetta il Canale Cavour e 1 lungo Fontana Bacù.

APPENDICE II – Dati substrato e acque

Parametri strutturali della popolazione	LUNGHEZZA foglie (cm)			DENSITA' (n. piante/m ²)			COPERTURA (%)			COPERTURA altre macrofite (%)		
	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
	8,7	8,5	8,9	7,0	2	12	1,6	0,5	2	1	0	2

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA
T (°C)	10	10	10	13	14	18	17	17	17	16	13	12	14
pH	6,8	6,7	6,5	6,5	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,6	6,5	6,6	6,5
CE (µS/cm)	170	190	215	160	160	130	160	160	160	160	165	170	167
Profondità (cm)	18	14	8,3	19	18	24	17	15	14	16	19,5	21	17
Velocità (m/s)	0,1	0,2	0,1	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3
Durezza (mg/l CaCO ₃)			27,0				27,0			10,2			21,4
NO ₃ ⁻ (mg/l)			8,27				12,18			6,00			8,82
PO ₄ ³⁻ (mg/l)			0,36				0,09			0,16			0,20
BOD ₅ (mg/l)			1,13				3,33			1,64			2,03
Cl _{tot} (mg/l)			0,06				0,11			0,15			0,11

Caratteristiche chimico-fisiche del substrato	SABBIA	LIMO	ARGILLA	pH	C/N	C _{org}	S.O.	N _{tot}	P _{ass}	K _{sc}
	%					(g/kg)	(g/kg)	%	mg/kg	mg/kg
	82	16	2	6,12	12,80	18,37	31,68	0,15	11,26	187,50

Novara (stazione su cui non sono state condotte le analisi e indagini del progetto, i cui dati vengono comunque riportati, considerata l'importanza della segnalazione a livello provinciale e regionale)



INQUADRAMENTO

Provincia	Novara
Comune	Novara (Vignale)
Località	Fontana Bacù, a nord C.na Avogadro
Quota	163 m
Coordinate GPS (ED50)	5037008 N; 468670 E

Sito Natura 2000 -

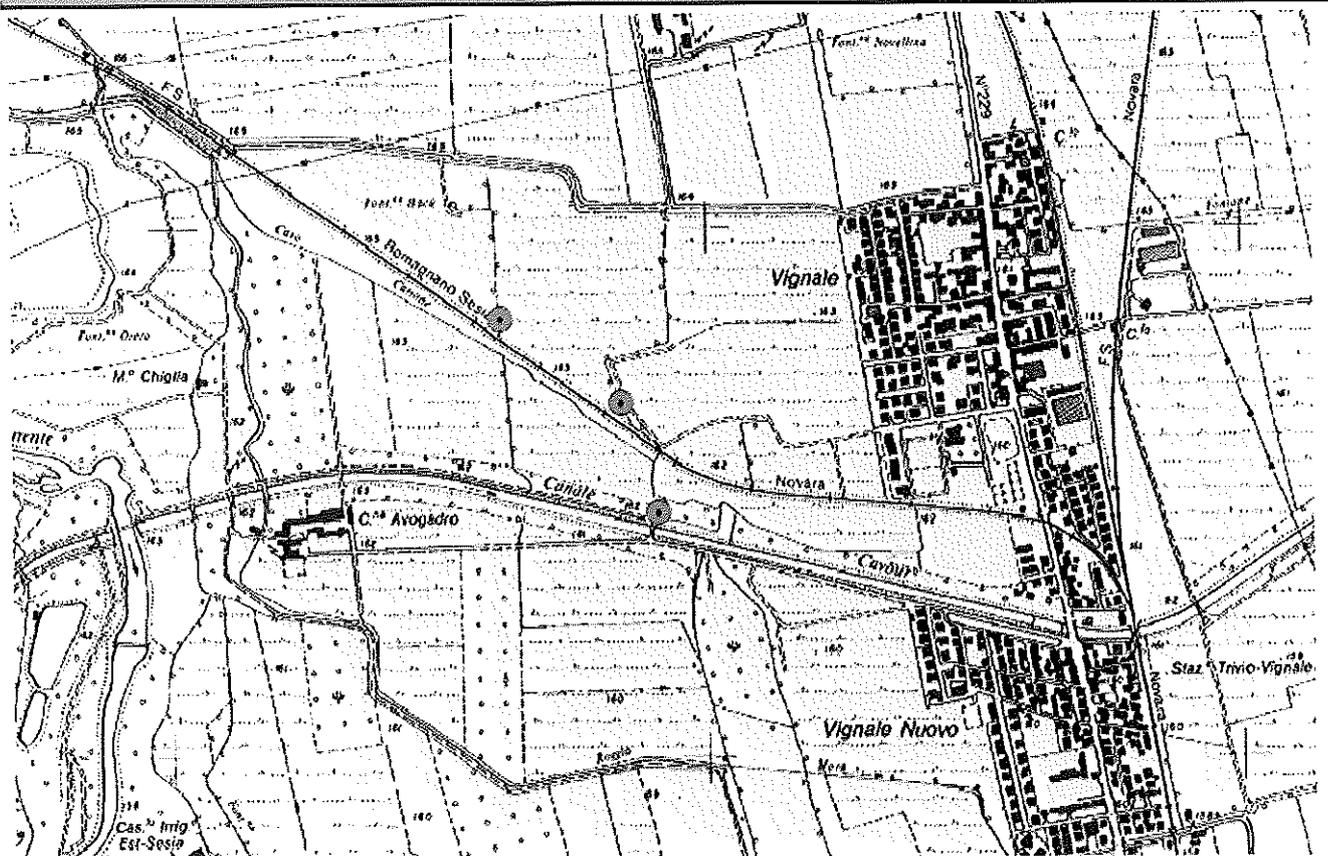
Consistenza popolazione Media, circa 50-60 individui

Caratteristiche del sito Roggia incassata con scarpate dominate da *Robinia pseudoacacia* e *Sambucus nigra*

Gestione Non si hanno informazioni

Stato di conservazione Scarso

APPENDICE I – Estratto cartografico



In carta sono evidenziate le 3 stazioni puntiformi note in provincia di Novara, delle quali 2 nel fontanile che intercetta il Canale Cavot e 1 lungo Fontana Bacù.

4. STRATEGIE PER LA CONSERVAZIONE e prime valutazioni per il ripristino di alcune stazioni scomparse:

Conservazione *in situ* (leggi e indicazioni di gestione, PSR 2007-2013)

Prime valutazioni sulle possibilità di reintroduzione/rinforzamento delle popolazioni

Isoëtes malinverniana è fortemente minacciata di estinzione (Critically Endangered, CR) secondo i criteri internazionali proposti da IUCN (Barni et al., 2010).

Dal punto di vista normativo la specie è elencata in Direttiva Habitat ed è quindi necessario, per la sua conservazione, includere le stazioni di presenza all'interno della perimetrazione di un sito appartenente alla Rete Natura 2000; questo potrebbe realizzarsi attraverso:

- L'ampliamento di un Sito di Interesse Comunitario già esistente per la Provincia di Vercelli e limitrofo alle stazioni note della specie (per es. SIC "Baraggia di Rovasenda");
- L'ampliamento del SIC IT 1150001 "Valle del Ticino", limitrofo alla zona di Vignale e Isarno, tramite la creazione di un'area satellite che includa le stazioni attualmente note per la Provincia di Novara.

Inoltre, in accordo con la Direttiva acque, è necessario che almeno nei tratti di canale dove la specie è presente si adottino misure per la sua conservazione, che siano in accordo con quanto evidenziato nel presente lavoro di ricerca.

Per quanto riguarda le informazioni sinora note sulla distribuzione della specie in Provincia di Vercelli e Novara, è emerso che le aree evidenziate in giallo (aree di tutela) nelle cartografie riportate nelle figure 5 e 8 presentano ancora una certa vocazionalità per la conservazione di *Isoëtes malinverniana* poiché le acque e i suoli sono in gran parte ancora compatibili con la presenza della specie.

Per garantire pertanto la sopravvivenza delle popolazioni di *Isoetes malinverniana*, nella gestione dei canali interessati dalla presenza della specie e di alcuni altri tratti a valle e a monte delle stazioni di presenza, sarà necessario adottare le seguenti misure:

1. mantenere canali di ridotta larghezza,
2. mantenere una profondità media dell'acqua di 20-30 cm,
3. evitare improvvise forti variazioni della profondità dell'acqua nel periodo primaverile-estivo, poiché le variazioni del livello e la forte velocità della corrente che possono essere dannosi per la radicazione delle plantule di nuova formazione.

In relazione alla gestione della vegetazione acquatica, il taglio manuale risulta compatibile con la presenza della specie, anche se effettuato due-tre volte all'anno, come anche lo spurgo manuale limitato a piccoli tratti di canale. Ciò che risulta assolutamente incompatibile è lo spurgo meccanico intenso e ripetuto su ampi tratti, con asportazione delle piante presenti e delle spore. Tale spurgo meccanico intenso con ri-profilatura dei canali è da evitare anche a valle delle stazioni di presenza, almeno per circa 500-600 metri di lunghezza del canale.

Tali prescrizioni risultano utili non solo per la conservazione di *Isoetes malinverniana* ma anche per la salvaguardia di altre specie acquatiche oggi in forte riduzione e per la conservazione della funzionalità dell'ecosistema dei canali, oggi fortemente alterato almeno in gran parte dell'area risicola a valle delle aree evidenziate in cartografia. Le misure previste non richiedono un cambiamento delle tecniche di gestione rispetto al passato ma solo il

mantenimento di alcune tecniche tradizionali che hanno sempre permesso la sopravvivenza di *Isoëtes malinverniana* e di altre specie tipiche di acque correnti.

Le attività da prevedere sono:

1. attività di informazione e sensibilizzazione degli Enti gestori e dei proprietari dei canali nelle aree interessate;
2. erogazione di indennizzi, anche attraverso la redazione di progetti ad hoc o l'adesione a specifiche misure del PSR, agli Enti gestori o ai soggetti privati ai quali verrà richiesta una maggiore attenzione nella gestione sostenibile di alcuni canali.

Si è inoltre dimostrato che è possibile ottenere nuove plantule di *Isoëtes malinverniana* a partire da spore e che quindi è possibile ipotizzare interventi di reintroduzione e/o rafforzamento delle popolazioni esistenti. E' noto che, attraverso il progetto Life "Ecorice", è stato possibile iniziare a ripristinare alcuni fontanili e canali con acque di fontanile nella provincia di Vercelli. In corrispondenza di questi interventi sarebbe auspicabile, analizzando acque e suoli per verificarne la idoneità, reintrodurre plantule di *Isoëtes malinverniana* e monitorarne la permanenza. Qualora tali aree non siano idonee sarebbe possibile cercare altri canali prossimi a quelli in cui la specie è presente per la reintroduzione.

Tutti gli interventi di reintroduzione e rafforzamento andranno necessariamente effettuati in accordo con gli Enti gestori dei canali e con i proprietari dei terreni per poter avere una buona possibilità di successo.

Suggerimenti indispensabili per la gestione:

Con riferimento alle cartografie riportate nelle figure 7 e 8 (stazioni di presenza allo stato attuale note in Provincia di Novara), in Figura 5 (stazioni di presenza allo stato attuale note in Provincia di Vercelli) e Figura 6 (transetti e stazioni puntiformi allo stato attuale note in Provincia di Vercelli), si suggerisce che gli Enti competenti in materia vietino nelle rogge, rii o canali con presenza accertata di *Isoetes malinverniana* di:

- effettuare qualsiasi intervento di artificializzazione delle sponde o del fondo di rogge e canali, con particolare riferimento a interventi di cementificazione, che comporterebbero la distruzione delle stazioni di *Isoetes malinverniana*, relativo habitat e banca spore;
- effettuare interventi di manutenzione del reticolo idrografico tramite dragaggi meccanici, particolarmente impattanti sulla specie;
- mantenere in secca permanente (per uno o più anni) le rogge e i canali, alterandone il naturale regime idrico; pur non essendo ancora noto quale dovrebbe essere l'idroperiodo sufficiente alla sopravvivenza e al mantenimento di popolazioni vitali della specie in relazione all'attività risicola (e quindi all'alternanza di periodi di asciutta e sommersione), va da sé che trattandosi di idrofita tipica di acque di fontanile, in condizioni naturali sarebbe sommersa per tutto il periodo dell'anno. Alla luce delle considerazioni sopra riportate, nonostante pare la specie si sia parzialmente adattata al periodo di secca, tale periodo dovrebbe cautelativamente limitarsi a qualche mese (3-4 massimo) nel periodo invernale.

In tutta l'area potenzialmente idonea alla presenza della specie (aree delimitate in giallo in Figura 5 e Figura 8), inclusi ovviamente i siti in cui la specie è presente, **si suggerisce inoltre di vietare di:**

- alterare, derivare, captare le acque degli ambienti di risorgiva, che alimentano i fontanili e le rogge, ambienti elettivi per la specie;
- immettere direttamente o indirettamente sostanze inquinanti (fertilizzanti, scarichi fognari, pesticidi, etc.) nelle acque o rifiuti di qualsiasi natura.

Buone pratiche:

E' inoltre auspicabile, al fine di incrementare la naturalità dei corsi d'acqua e di contribuire alla tutela della specie, che vengano eseguite le seguenti pratiche:

- mantenimento o ripristino di filari o formazioni arboree lineari lungo i bordi dei corsi d'acqua e dei canali che ospitano la specie; essendo la pianta tendenzialmente eliofila, tale pratica andrebbe prevista solo su sponde orientate prevalentemente a sud (ovvero le sponde prevalentemente a nord rispetto al corpo idrico), in modo tale da garantire un adeguato apporto luminoso e nello stesso tempo buoni livelli di naturalità e funzionalità ecosistemica;
- incentivazione di tecniche di agricoltura biologica;
- incentivazione di tecniche di sfalcio manuale nei siti in cui la specie è segnalata (Figure 5, 6, 7 e 8).

Proposte per la Valutazione d'Incidenza

Si suggerisce che la Valutazione d'Incidenza venga applicata a tutti gli interventi, i progetti e agli strumenti di programmazione e di pianificazione suscettibili di determinare conseguenze significative sulle popolazioni di *Isoetes malinverniana*, sia all'interno del SIC IT 1120004 "Baraggia di Rovasenda", sia in aree esterne. L'ambito d'applicazione della VI si potrebbe individuare pertanto nelle aree di tutela (delimitate in giallo rispettivamente nelle Figure 5 e 8) allegate al presente studio, in quanto di fatto la maggior parte delle popolazioni note non è compresa nel SIC "Baraggia di Rovasenda" ma ricade nell'area di tutela esterna, in cui sussistono le medesime condizioni di idoneità ecologica che potrebbero consentire il raggiungimento dell'obiettivo minimo di "*stato di conservazione soddisfacente*" indicato dalla Direttiva Habitat. Alcune stazioni esterne possono infatti contribuire, con spore portate attraverso i canali, alla sopravvivenza della stazione all'interno del SIC. Questa popolazione oggi nota interna al SIC IT 1120004 "Baraggia di Rovasenda" (Roggia dell'Avvocato 1_POP 8) inoltre, di fatto non è in grado di assicurare da sola una sopravvivenza durevole alla specie, senza il contributo fondamentale di tutti i nuclei presenti all'esterno (compresi quelli che si presumono esistere ma che ad oggi non risultano ancora individuati per difetto di campionamento), in stretta e dipendente continuità idrologica ed ecologica con le popolazioni note.

Per quanto riguarda il territorio vercellese, l'area di tutela (Figura 5), definita sulla base delle conoscenze pregresse e di quanto osservato in questi ultimi anni, rappresenta il territorio in cui si reputa (altamente) probabile la presenza di *Isoetes malinverniana* all'interno dell'articolato reticolo idrografico che caratterizza il sistema delle risaie vercellesi. Tale ipotesi risulta supportata dall'esistenza a nord delle stazioni più importanti attualmente note, site rispettivamente nella roggia Molinara di Lenta, nel cavo Gorreto e nel

Riale, che più a valle confluisce nella roggia dell'Avvocato. Sono queste le stazioni che, insieme al tratto di cavo Bonino prossimo alla Cascina Monache di Ghislarengo, conservano i nuclei più consistenti numericamente e meglio conservati di tutto il Piemonte e le ultime ormai esistenti a livello globale; come è possibile osservare dalla carta, a sud di questi corpi idrici si snoda un complesso reticolo di rii minori, rogge e canali artificiali, con andamento prevalentemente nord-sud, all'interno del quale si reputa appunto probabile la presenza, da accertare, di *Isoetes malinverniana*. Essendo infatti il sistema in continuità idrologica, si reputa verosimile il trasporto di materiale quali frammenti di individui o spore, rispettivamente in grado di attecchire o germinare nel caso si verificassero condizioni ambientali favorevoli. Questo discorso va esteso anche alla porzione di territorio immediatamente a ovest del Sesia, compreso tra il fiume e gli abitati di Lenta, Ghislarengo ed Arborio, nel quale scorre verso sud la roggia Molinara di Lenta, attraversando ambienti ben conservati e nuclei boscati di una certa estensione. A conferma della potenziale idoneità di questo settore per la presenza di *Isoetes* si cita il rinvenimento della specie all'interno di tale roggia in prossimità dell'abitato di Arborio (Soldano e Minuzzo, oss. pers.), andata in seguito persa (2007) a causa della circonvallazione recentemente realizzata.

Per quanto riguarda invece il Novarese (Figura 8), si individua quale ambito ragionevole di applicazione della VI l'area delimitata in giallo, prossima alle località storiche di rinvenimento della specie (Isarno e Vignale, appunto), all'interno della quale ricadono le uniche stazioni ad oggi note per la Provincia di Novara.

La VI all'interno delle aree di tutela risulta estremamente importante poiché, presupponendo delle indagini con rilievi di campo ed in assenza di preesistenti ricerche esaustive sull'area di presenza probabile, rappresenta l'unico strumento in grado di tutelare ed eventualmente portare alla luce nuovi nuclei demografici ancora non noti e risultanti della fluitazione delle spore a valle dalle popolazioni relitte localizzate più a nord.

Si ricorda in proposito che *Isoetes malinverniana* essendo inclusa anche nell'allegato IV della Direttiva Habitat, necessita di una protezione rigorosa e non può essere in alcun modo alterata all'interno di tutto il territorio comunitario e le sue stazioni devono essere tutelate. La Direttiva Habitat all'art. 13 comma 1 riporta: "Gli Stati membri adottano i necessari provvedimenti atti ad istituire un regime di rigorosa tutela delle specie vegetali di cui all'allegato IV, lettera b) [....]"; pertanto nelle attuali condizioni, l'estensione della VI a tutto il territorio incluso nell'area di tutela per il Vercellese e ai due siti di presenza per il Novarese, costituisce un'essenziale misura a protezione della specie.

A tal riguardo si sottolinea ancora come la specie endemica padana, con status Critically Endangered (CR) e trend demografico in diminuzione, secondo IUCN Red List, conservi le ultime relitte stazioni nel Vercellese e Novarese, danneggiate o perse le quali andrà incontro all'estinzione.

La conservazione della specie inoltre ha come ricaduta la gestione sostenibile di alcuni canali nei quali non solo questa specie ma anche altre specie rare, tipiche dei canali ad acque fluenti verranno mantenute. Nelle zone tutelate si potrà anche conservare quindi l'ecosistema considerato, in accordo con la Direttiva Acque.

Gruppo di lavoro

Il progetto viene presentato dal Gruppo di Ecologia vegetale del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università degli Studi di Torino, nell'ambito del quale hanno lavorato:

Dott. Elena Barni e Prof. Consolata Siniscalco: responsabili scientifici

Dott. Daniela Bouvet: tecnico del Dipartimento di Biologia Vegetale

Dott. Chiara Minuzzo: collaboratore esterno

Sig. Adriano Soldano: consulenza per le indagini floristiche in campo

Dott. Francesca Gatto per la Tesi di Laurea Magistrale in "Analisi e Gestione dell'Ambiente"

Dott. Cristina Baldon per la Tesi di Laurea triennale in Scienze Naturali

Dott. Elisa Giaccone per la tesi di Laurea triennale in Scienze Naturali

Bibliografia

Formulari standard siti Rete Natura 2000 (<http://www.minambiente.it>)

- AA. VV., 2002 - Atlante della biodiversità nel Parco Ticino. Volume 1, Elenchi sistematici. Parco Ticino, Pontevecchio di Magenta.
- Arts G.H.P., 2002 – Deterioration of atlantic soft water macrophyte communities by acidification, eutrophication and alkalisation. *Aquatic Botany*, 73: 373-393.
- Barni E., Minuzzo C., Siniscalco C., Gatto F., Abeli T., Amosso C., Rossi G., Gentili R., Pistoja F. e Soldano A., 2010 - *Isoëtes malinverniana* Cesati et De Notaris. *Informatore Botanico Italiano* 42: 640-642.
- Bacchetta G., Fenu G., Mattana E., Piotto B., Virevaire M. (eds.), 2006 – Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione ex situ del germoplasma. Manuali e Linee Guida APAT 37/2006, Roma.
- Baillie J.E.M., Hilton-Taylor C., Stuart S.N. (eds.), 2004. A global species assessment. IUCN, pp.191.
- Becherer A., 1969 – Uber die Flora der Reisfelder von Novara und Vercelli (Piemont). *Bauhinia*, 4(1): 117-124.
- Cellinese N., Jarvis C.E., Pichi Sermolli R.E.G., Press J.R., Short M.J., Vicini D., 1996 – Threatened plants of Italy Pteridophytes. *Memorie dell'Accademia Lunigianese di Scienze "Giovanni Capellini"*, Vol. 66: pp.117- 145.
- Conti F., Manzi A., Pedrotti F., 1992, Libro rosso delle piante d'Italia. WWF Associazione Italiana per il World Wildlife Fund – Società Botanica Italiana, Roma.
- Conti F., Abbate G., Alessandrini A., Blasi C., 2005, An Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora. Palombi Editori, Roma.
- Cook C.D.K., 1973 – New and noteworthy plants from the northern Italian ricefields. *Ber. Schw. Bot. Ges.*, 83: 54-65.
- Corbetta F., 1965 – Osservazioni relative ad una nuova stazione di *Isoëtes malinverniana*. *Natura e Montagna*, 5 (2): 57-61.
- Corbetta F., 1968 – Nuovi dati sulla distribuzione di *Isoëtes malinvernianum* in Lomellina. *Giorn. Bot. Ital.*, 102: 107-112.
- Environment Agency of Japan. 2000. Threatened Wildlife of Japan – Red Data Book, 2nd edn, Vol. 8, Vascular Plants.] Japan Wildlife Research Center, Tokyo.
- Filipello S. e Gardini-Peccenini S., 1985 – The Italian peninsular and alpine regions. In Gomez-Campo C. (Edit.). *Plant conservation in the Mediterranean area*: pp. 71-88. Dordrecht.
- Fu L.K., Jin J.M., 1992- *China plant Red Data Book- rare and endangered plants*. Beijing: Science Press, 538-539.
- Koch W., 1952 – Zur Flora der oberitalienischen Reisfelder. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.*, 62: 628-663.
- IUCN, (1998) – Guidelines for Re-introductions. IUCN Survival Commission Re-introduction Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland a Cambridge, UK.
- IUCN. (2003) -Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 26 pp.
- Liu X., Wang J.Y. J.W. & Wang Q.F., 2005 – Current status and conservation strategies for *Isoëtes* in China: a case study for the conservation of threatened aquatic plants. *Oryx*, 39: 335-338.
- Marchetti D. (2004) -Le pteridofite d'Italia. *Ann. Mus. Civ. Rovereto*, 19: 71-231.

- Marconi G., 2007. Piante minacciate di estinzione in Italia - Il "Libro rosso" fotografico. Oasi Alberto Peridsa, Bologna: 463 pp.
- Mattirolo O., 1912 – Sull'endemismo dell'*Isoëtes Malinvernianum* di Cesati e De Notaris. Ann. Bot., 10: 129-146.
- Miki A., Kazuyuki I., Hiroaki I., Naokuni H., Yasuo I. e Kenji U., 2004 – Susceptibilities of some aquatic ferns to paddy herbicide bensulfuron methyl. Weed Biology and Management, 4: 127-135.
- Minuzzo C., Soldano A., Martinetto E., 2011- Nota floristica piemontese n. 355. *Isoëtes malinverniana* Ces. & DN. (*Isoëtaceae*) in Selvaggi A., Soldano A., Pascale M. (eds.) - Note floristiche piemontesi n. 309-392. Rivista piemontese di Storia naturale, 32: 394.
- Pignatti, 1983 – Flora d'Italia. Edagricole, Bologna.
- Pistoja F., 2007 – *Isoëtes malinverniana* Ces. & De Not.: nuove stazioni in Lombardia e revisione del suo areale di distribuzione. Arch. Geobot. 10 (1-2) 2007 (2004): pp. 93-96 (in stampa).
- Radhika K.P. e Rodrigues B.F., 2007 – Arbuscular Mycorrhizae in association with aquatic and marshy plant species in Goa, India. Aquatic Botany, 86, pp. 291-294.
- Rydin C. & Wikström N., 2002. Phylogeny of *Isoëtes* (Lycopsidea): Resolving Basal Relationships Using rbcL Sequences. Taxon, 51: pp. 83-89.
- Sharma B.D., 1998 – Fungal Associations with *Isoëtes* species. American Fern Journal, Vol. 88, N.o 3, pp. 138-142.
- Schneller J.J., 1982 – Cytological investigations on *Isoëtes malinverniana*. Webbia, 35 (2): pp. 307-309.
- Scoppola A., Magrini S., Spampinato G., 2005 - Atlante multimediale. In: Scoppola A. e Blasi C., (Eds.), Stato delle conoscenze sulla flora vascolare d'Italia. Palombi Editori, Roma.
- Sindaco R., Mondino G.P., Selvaggi A., Ebone A., Della Beffa G., 2003 – Guida al riconoscimento di Ambienti e Specie della Direttiva Habitat in Piemonte. Regione Piemonte.
- Smolders A.J.P., Lucassen E.C. e Roelofs J.G., 2002 – The isoetid environment: biogeochemistry and threats. Aquatic Botany, 73: 325-350.
- Soldano A. e Badino A., 1990 – Nuove stazioni di *Isoëtes malinverniana* Cesati e De Notaris nel Vercellese. Tipificazione (Pteridophyta, Isoëtaceae).
- Soldano A. e Sella A., 2000 – Flora spontanea della Provincia di Biella, Edizioni dell'Orso.
- Taylor W. Carl e Luebke Neil T., 1986 – Germinating Spores and Growing Sporelings of Aquatic *Isoëtes*. American Fern Journal, Vol. 76, N.o 1, pp. 21-24.
- Soldano A., Minuzzo C., Fonio G., 2009- Nota floristica piemontese n. 198. *Isoëtes malinverniana* Ces. & DN. (*Isoëtaceae*) in Selvaggi A., Soldano A., Pascale M., Pascal R. (eds.) - Note floristiche piemontesi n. 176-245. Rivista piemontese di Storia naturale, 30: 323. Tosco U. e Rosenkrantz D., - Le stazioni di *Isoëtes malinverniana* Cesati et De Not. del Basso Canavese (Piemonte). Allionia 23, 155.
- Vöge M., 2004 -Non-destructive assessing and monitoring of populations of *Isoëtes lacustris* L. Limnologica, 34: 147-153.
- Wen M.Z., Pang X.A., Wang Q.F. e Taylor W.C., 2003 – Relationship between water chemistry and distribution of the endangered aquatic quillwort *Isoëtes sinensis* Palmer in China. Journal of Freshwater Ecology, 18: 361-367.