



Regione Lazio



Agenzia Regionale Parchi



RNR "Lago di Posta Fibreno"

ATTI DELLA PRIMA GIORNATA DI STUDIO
"Tutela e conservazione dell'ecosistema acquatico
Lago di Posta Fibreno area SIC/ZPS IT6050015"



26 GENNAIO 2008

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

ORTO BOTANICO di Roma



*“la soluzione ai problemi
dipende dalla conoscenza
che solo la ricerca può fornire”*

H. Kalmbach

Editore:

Regione Lazio
Agenzia Regionale Parchi - RNR “Lago di Posta Fibreno”

Evento promosso e realizzato con il contributo di:

Regione Lazio Assessorato all’Ambiente
Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli

Coordinamento:

Regione Lazio - Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli

- Arch. Giovanna Bargagna
- Dott.ssa Nunzia Rossi
- Dott. Claudio Cattena

Riserva Naturale Regionale “Lago di Posta Fibreno”

- Presidente Dott. Sante Mele
- Direttore Dott. Francesco Viola

Associazione HydranGea

- Prof. Francesco Spada
- Dott. Emiliano Agrillo
- Dott.ssa Laura Casella

Citazione consigliata per il volume:

AA.VV. (2008). **ATTI DELLA PRIMA GIORNATA DI STUDIO “Tutela e conservazione dell’ecosistema acquatico Lago di Posta Fibreno area SIC/ZPS IT6050015”**, Roma, 26 gennaio 2008. Ed. Regione Lazio, R.N.R. Lago di Posta Fibreno, ARP e Associazione HydranGea, Roma.

COD. ISBN -978-88-95213-17-0

La responsabilità dei singoli contributi è di esclusiva pertinenza degli Autori.
Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta senza l’autorizzazione degli Autori.

INTRODUZIONE

L'Assessorato all'Ambiente e alla Cooperazione tra i Popoli della Regione Lazio, nell'ambito dell'attuazione delle politiche ambientali per la valorizzazione del patrimonio naturale regionale, ha predisposto una serie di azioni di tutela ed interventi di conservazione degli habitat e delle specie di interesse comunitario.

Le Aree Naturali Protette Regionali, punti nodali della Rete Ecologica Natura 2000, sono le principali strutture amministrative deputate alla gestione ed al controllo dei valori naturalistici del nostro territorio.

La R.N.R. "Lago di Posta Fibreno", per le sue straordinarie valenze ambientali e storico-culturali, è stata individuata come Centro Tematico degli ecosistemi acquatici all'interno della Rete Regionale di monitoraggio dello stato di conservazione degli Habitat e delle specie della flora e fauna definita con DGR n.497 del 3 luglio 2007 e ai sensi delle Direttive Habitat e Uccelli (Rete Natura 2000) e della L.R. 29/97.

L'organizzazione di questa prima giornata di studio sul tema della conservazione degli ecosistemi acquatici della Regione Lazio, è stata pensata per avviare un confronto con gli Enti di ricerca che hanno svolto in passato e continuano a svolgere indagini e studi sul sito, dalle quali far scaturire un piano di azioni programmate, condivise con la popolazione locale, che tutelino e conservino le caratteristiche naturali che rendono così peculiare il Lago di Posta Fibreno.

On. Filiberto Zaratti

Assessore all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli della Regione Lazio

Per la tutela delle risorse idriche, sono state avviate politiche europee e nazionali, con l'obiettivo principale di prevenire, per quanto possibile, il deterioramento delle risorse idriche a lungo termine, garantendo la loro disponibilità per la corretta alimentazione del ciclo naturale delle acque e la loro quantità e qualità.

All'interno delle Aree Naturali Protette, la politica di tutela delle acque si può considerare una politica indiretta in quanto effettuata in modo funzionale alla conservazione degli habitat e delle specie naturali presenti e allo sviluppo delle attività agricole tradizionali.

Il Piano dell'Area Naturale Protetta ed i regolamenti da esso discendenti sono gli strumenti di attuazione attraverso i quali vengono definite le misure di tutela dei corpi idrici superficiali, profondi e delle sorgenti, delle specie animali e vegetali e degli habitat a questi connessi.

L'Ente Gestore della Riserva Naturale può quindi attuare tutti quei programmi atti a regolamentare le attività che sviluppano un impatto o che comunque interagiscono sui bacini idrografici locali attuando le idonee misure di protezione dei corpi idrici, il monitoraggio dello stato dell'ecosistema acquatico al fine di garantire il mantenimento della capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Nell'ambito delle politiche attuate dall'Ente gestore della Riserva Naturale, al fine di realizzare un piano di azioni programmate per la tutela e la salvaguardia dell'ecosistema "Lago di Posta Fibreno", si inserisce la realizzazione di un Piano di Azione Locale, che prende avvio dalla raccolta di dati scientifici prodotti.

A tal fine è stata realizzata questa prima giornata di studio sul tema della conservazione degli ecosistemi acquatici della Regione Lazio, che ha permesso il confronto degli Enti di Ricerca, regionali e nazionali competenti in materia, che svolgono ed hanno svolto in passato studi scientifici sul sito, che hanno certificato lo stato dell'ecosistema lacustre ed indicato ognuno per propria competenza le azioni da intraprendere per una gestione sostenibile delle risorse idriche in modo funzionale alla conservazione degli ecosistemi presenti nell'area naturale protetta ed all'aumento della qualità della vita delle popolazioni residenti nell'area.

Arch. Giovanna Bargagna

Direttore Direzione Ambiente della Regione Lazio

Rivestire il ruolo di direttore di una Riserva Naturale, comporta il perseguimento continuo della tutela dell'ambiente e la conservazione della natura. Essere tra i promotori del convegno del 26 gennaio 2008, mi procura viva soddisfazione poiché dai risultati degli studi effettuati nei precedenti anni è stato ottenuto finalmente un quadro chiaro dello stato di salute e conservazione del sistema ecologico del Fibreno.

Tutto ciò permetterà di individuare le criticità, delineare gli indirizzi da seguire al fine di proteggere e conservare l'ecosistema in modo tale che le tipologie di analisi ambientali effettuate dai diversi enti di ricerca non restino dei semplici strumenti conoscitivi, ma acquistino la funzione di veri e propri strumenti gestionali.

Pertanto la giornata di studio dovrà essere il punto di partenza per redigere un piano di azione che potrà essere attuato elaborando un piano finanziario con l'obiettivo di reperire fondi strutturali per agire nell'immediato con azioni di gestione e monitoraggio.

In attesa della pubblicazione del documento comune e condiviso, si ringraziano tutti coloro che hanno partecipato alla sua stesura ed un plauso al personale della Riserva per la collaborazione offerta.

*Dott. Francesco Viola
Direttore della Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno"*

Il territorio della nostra Regione, così diversificato per geni e condizioni ambientali succedutesi nelle varie epoche, ha consentito non solo lo sviluppo di una grande varietà di ecosistemi, comprendenti habitat oltre che un elevato numero di specie, ma anche il permanere di endemismi locali, di grande valore naturalistico, tra cui lembi del manto vegetale sopravvissuto al succedersi dei grandi cambiamenti climatici. Questo ricco patrimonio ambientale è stato ben riconosciuto e tutelato con vincoli nazionali ed europei afferenti all'intero sistema delle aree protette ed al sistema di connessioni fra queste, rappresentate anche dal sistema delle acque interne e costiere.

In particolare, negli ultimi decenni le variazioni ambientali, climatiche e antropiche hanno provocato alterazioni dei parametri quantitativi e qualitativi delle acque in tutti gli acquiferi europei, italiani, coinvolgendo anche il sistema idrografico superficiale e profondo della nostra regione e gli ecosistemi ad esso collegati. La crisi che investe l'intero sistema idrogeologico ha la sua maggiore evidenza nelle problematiche inerenti gli ambienti lacustri, ancor più preoccupante se si considera che questa regione è caratterizzata dalla presenza delle varie tipologie di laghi vulcanici, carsici, glaciali ed artificiali, i cui bacini sono spesso oggetto di intensa e storica urbanizzazione.

Il Lago di Posta Fibreno, nella provincia di Frosinone, è ubicato alla base dei Monti della Marsica, in una delle maggiori riserve idriche della nostra regione, originato da un complesso sorgentizio che crea un'ansa nel Fiume Fibreno, affluente del Fiume Liri. Sul lago e su parte del suo bacino idrogeologico è stata istituita una Riserva Naturale Regionale, in cui ricade anche parte del S.I.C./Z.P.S. IT 60650015 Lago di Posta Fibreno, che si estende sui territori dei Comuni di Posta Fibreno, Broccostella e Fontechiari. L'area protetta ben rappresenta la singolarità di taluni ecosistemi regionali, realtà unica quanto preziosa con i suoi endemismi, testimonianze di ere antiche, che vi hanno trovato rifugio a dispetto del passare del tempo, e che oggi a causa di queste trasformazioni sono in pericolo. Gli strumenti di tutela fin qui attuati hanno prodotto dei buoni risultati, ma è necessario andare oltre e scendere ad un maggior livello di definizione delle azioni di conservazione e di monitoraggio locali da mettere in atto. Questo ecosistema, per le sue caratteristiche, è stato oggetto di puntuali e numerosi studi ambientali di grande valore scientifico, in questa sede relazionati, i quali rappresentano la premessa per ulteriori approcci di studio scientifico e per puntuali azioni conclusive.

Questa raccolta di dati scientifici permetterà di redigere i programmi territoriali che individuino le specifiche misure di tutela e gli interventi necessari al raggiungimento delle stesse. La consapevolezza del grande valore ambientale, storico e culturale dell'ecosistema "Lago di Posta Fibreno" ci rende ancora più consapevoli della responsabilità che abbiamo nell'attuare tutte le misure necessarie per permetterne l'evoluzione naturale, affinché continui a sorprendere noi, come le future generazioni, con i suoi misteri ancora da svelare che ben si addicono all'incanto dei luoghi.

*Dott.ssa Nunzia Rossi
Dirigente - Direzione Ambiente Regione Lazio*

LE ZONE UMIDE NEL CONTESTO DELLA DIRETTIVA QUADRO SULLE ACQUE 2000/60/CEE (WATER FRAMEWORK DIRECTIVE)

V. DELLA BELLA^o & L. MANCINI^o

Riassunto

La Direttiva Quadro sulle Acque (*Water Framework Directive 2000/60/EC*) rappresenta il più importante e recente atto legislativo comunitario sulla tutela degli ambienti acquatici. La strategia fondamentale della Direttiva si basa sull'identificazione di quegli elementi del reticolo idrografico, definiti come "corpi idrici significativi" e sulla stesura di un programma di misure a scala di bacino per raggiungere l'obiettivo ambientale del "buono stato ecologico" per tutti i corpi idrici individuati. Sebbene nella Direttiva non siano state direttamente comprese tra i corpi idrici significativi, le zone umide, e la loro gestione, sono profondamente coinvolte nel processo di implementazione della Direttiva stessa. Esse fanno parte del *continuum* idrologico e rivestono un'importante funzione per la protezione delle risorse acquatiche. Per questo motivo, nell'ambito della Strategia Comune di Implementazione della Direttiva Quadro sulle Acque (*Common Implementation Strategy*), un gruppo di esperti guidato dall'Italia, ha sviluppato un documento guida per definire le zone umide (*Horizontal Guidance Document on the Role of Wetland in the WFD*), comprendenti potenzialmente diverse tipologie di acque lentiche non contemplate dalla Direttiva, e il loro ruolo nell'ambito della Direttiva stessa. Nel Testo Comune inserito nella Linea Guida le zone umide sono riconosciute quali ecosistemi ecologicamente e funzionalmente significativi facenti parte dell'ambiente acquatico, i quali potenzialmente giocano un ruolo importante nel raggiungimento dell'obiettivo di una gestione sostenibile dei bacini idrografici. Nel contesto della Direttiva esse rappresentano ecosistemi con obiettivi ambientali propri, se identificate come corpi idrici o aree protette, e importanti strumenti di gestione per il raggiungimento del buono stato ecologico nei corpi idrici funzionalmente connessi.

Introduzione

o Normativa internazionale a tutela delle Zone Umide

A livello internazionale, tra gli strumenti che più direttamente tutelano le zone umide vi è la "Convenzione di Ramsar" (*The Ramsar Convention on Wetlands, Ramsar, Iran, 1971*), un trattato intergovernativo che fornisce un quadro per un'azione a livello nazionale e per la cooperazione a livello internazionale finalizzate alla conservazione e all'uso delle zone umide e delle loro risorse. Rappresenta l'unico trattato ambientale a livello globale incentrato su un particolare ecosistema. Nello specifico, la convenzione è relativa alle zone umide di importanza internazionale soprattutto come habitat degli uccelli acquatici. Il trattato firmato in Iran nel 1971 sancisce una cooperazione internazionale per la conservazione delle zone umide alla quale partecipano attualmente 158 Paesi contraenti con una lista di 1720 siti, per un totale di 159 milioni di ettari, designate per l'inclusione nella Lista di Zone Ramsar, Zone Umide di Importanza Internazionale, in quanto rappresentative di un tipo di zona umida rara, o unica, di una regione biogeografica e di importanza per conservazione della biodiversità biologica.

A livello europeo, tra le norme a tutela delle Zone Umide rivestono un ruolo fondamentale la Direttiva "Uccelli Selvatici" (Dir 79/409/CEE) e la Direttiva "Habitat" (Dir 92/43/CEE), quest'ultima relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. Tra gli habitat naturali, ad esempio, designa per la prima volta le acque temporanee mediterranee come habitat di importanza prioritaria per la conservazione. Questa Direttiva ha avuto senz'altro il merito di alimentare l'interesse per questo tipo di habitat anche al di fuori del mondo scientifico. Nella Direttiva Quadro sulle Acque (*Water Framework Directive 2000/60/EC*), che rappresenta il più importante e recente atto legislativo comunitario sulla tutela degli ambienti acquatici, le zone umide non sono state direttamente comprese tra i "corpi idrici significativi" ai quali si applicano i suoi obiettivi ambientali. Nonostante ciò, le zone

^o Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena 299, 00161 Roma, email: valentina.dellabella@iss.it

umide, e in particolare la loro gestione, sono profondamente coinvolte nel processo di implementazione della Direttiva stessa.

Il Ruolo delle Zone Umide nella Direttiva Quadro sulle Acque

o Direttiva Quadro e obiettivi ambientali

La Direttiva Quadro sulle Acque istituisce un quadro di riferimento comunitario per la protezione di tutte le tipologie di acque, al fine di (Articolo 4 della Direttiva):

- impedire il deterioramento e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici;
- garantire un utilizzo idrico sostenibile basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche;
- assicurare una protezione rafforzata e il miglioramento dell'ambiente acquatico attraverso la progressiva riduzione di scarichi e emissioni di sostanze prioritarie e cessazione delle emissioni di sostanze pericolose prioritarie;
- assicurare la riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e prevenire il loro ulteriore inquinamento;
- mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

La strategia fondamentale della Direttiva si basa sull'identificazione di quegli elementi del reticolo idrografico, definiti come "corpi idrici significativi" e sulla stesura di un programma di misure a scala di bacino per raggiungere l'obiettivo ambientale del "buono stato ecologico" per tutti i corpi idrici individuati (laghi, fiumi, acque costiere, acque di transizione e acque sotterranee) entro il 2015.

Per quanto riguarda le acque superficiali l'obiettivo dello stato di qualità "buono" si applica alla qualità chimica e alla qualità ecologica (Mancini, 2005), mentre per le acque sotterranee, alla qualità chimica e la quantità. Per le acque sotterranee esiste inoltre una specifica e recente normativa per la loro protezione dall'inquinamento e dal deterioramento (CEC, 2006).

La gestione integrata delle acque a scala di bacino proposta dalla Direttiva Quadro richiede, prima di tutto, l'individuazione dei bacini idrografici, successivamente l'organizzazione per distretti idrografici e, infine, la predisposizione di un Piano di Gestione (*River Basin Management Plan*) per ciascun distretto idrografico.

o Le Zone Umide nella Direttiva

Le zone umide non sono state comprese, almeno non direttamente, tra quegli elementi del reticolo superficiale, definiti nella Direttiva come "corpi idrici significativi", ai quali si applicano gli obiettivi ambientali stabiliti dalla stessa Direttiva. Sono considerati, infatti, come "corpi idrici" soltanto i laghi, i fiumi, le acque costiere, le acque di transizione. Sebbene non siano state direttamente comprese tra i corpi idrici significativi, nello scopo stesso della Direttiva esse sono esplicitamente citate tra gli ecosistemi ai quali si applica il suo obiettivo fondamentale. L'obiettivo è quello di stabilire un quadro per la protezione delle acque superficiali interne [...] che impedisca un ulteriore deterioramento, protegga e migliori lo stato degli ecosistemi acquatici e degli ecosistemi terrestri e delle Zone Umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici sotto il profilo del fabbisogno idrico;[...] (Articolo 1 "Scopo", paragrafo a).

La Direttiva Quadro, quindi, seppur citando le zone umide nelle proprie finalità, mostra sicuramente dei limiti non considerandole tra i "corpi idrici significativi", non dandone una definizione e non proponendo valori massimi di dimensione. La Direttiva non stabilisce neanche obblighi o raccomandazioni per le Zone Umide o gli ecosistemi terrestri in quanto tali. Nonostante ciò, nel testo della Direttiva si trovano altri riferimenti alle Zone Umide in molti punti, come ad esempio, nel paragrafo 8 dove è riconosciuta l'importante funzione che le zone umide rivestono per la protezione delle risorse acquatiche (comunicazione del 1995 al Parlamento Europeo sulla conservazione delle Zone Umide). Nel paragrafo 23 si evidenzia come siano necessari principi comuni al fine di [...], proteggere gli ecosistemi acquatici, zone umide ed

ecosistemi terrestri dipendenti da essi [...]. Nell' Allegato VI parte B la creazione e recupero di zone umide sono elencate tra le misure supplementari.

Pur mostrando dei limiti la Direttiva offre sicuramente notevoli opportunità per la tutela delle Zone Umide e la loro gestione. Per questo motivo, nell'ambito della Strategia Comune di Implementazione della Direttiva Quadro sulle Acque (*Common Implementation Strategy (CIS) for the Water Framework Directive*), è stato sviluppato un documento guida per definire le zone umide e il loro ruolo nell'ambito della Direttiva stessa.

Il Documento guida sulle Zone Umide: Obiettivi e Struttura

L'Italia è stato il Paese Membro *leader* del Gruppo di lavoro di redazione del Documento e lo ha guidato sotto il coordinamento del Gruppo di Lavoro WG 2B (*Integrated River Basin Management*) della CIS. Il "Gruppo Wetland" ha prodotto il Documento Guida sulle Zone Umide (*Guidance Document N° 12 Horizontal Guidance Document on the Role of Wetland in the WFD*), finito di preparare il 17 Dicembre 2003 e pubblicato nel 2005 (CEC, 2005).

I principali obiettivi del Documento Guida approvati alla riunione dei Direttori delle Acque europee, avvenuta a Copenaghen, nel novembre 2002, sono stati quelli di:

- Elaborare una visione comune sui requisiti della Direttiva riguardo alle Zone Umide;
- Identificare il ruolo delle Zone Umide nella Direttiva, in particolare in relazione al programma di misure;
- Identificare il ruolo delle Zone Umide nella gestione dei Bacini Idrografici, partendo dai Bacini Pilota.

La linea guida è strutturata, quindi, in modo da fornire innanzitutto una descrizione funzionale delle zone umide e dei loro principali attributi e il loro ruolo nel raggiungimento degli obiettivi ambientali della Direttiva a livello di bacino idrografico .

Nel documento sono affrontati anche le relazioni tra le zone umide e i corpi d'acqua artificiali o pesantemente modificati, le aree protette, gli impatti e le pressioni, e il monitoraggio. In particolare è chiarito il ruolo delle zone umide nell'ambito del Programma di Misure, sia quelle definite come misure di base sia quelle definite supplementari (come il recupero e la creazione di zone umide).

Definizione di Zona Umida

Come accordato alla riunione dei Direttori delle Acque nel Novembre 2002, è stato inserito nella Linea Guida un Testo Comune sulle Zone Umide in cui esse vengono riconosciute quali ecosistemi ecologicamente e funzionalmente significativi facenti parte dell'ambiente acquatico, i quali potenzialmente giocano un ruolo importante nel raggiungimento dell'obiettivo di una gestione sostenibile del bacino idrografico.

La Direttiva, come accennato in precedenza, non fissa degli obiettivi ambientali specifici per le Zone Umide. Nonostante ciò, le Zone Umide che dipendono da acque sotterranee, fanno parte di corpi idrici superficiali, o sono parte di Aree Protette potranno beneficiare degli obblighi di protezione e recupero dello stato delle acque stabili dalla Direttiva.

Nel Documento Guida viene data una definizione delle zone umide molto ampia e non restrittiva di proposito. Nel termine "zona umida" sono inclusi, infatti, molti ecosistemi eterogenei, come ad esempio, le lanche dei fiumi, le paludi costiere, le zone umide negli altipiani, le raccolte d'acqua temporanee, gli stagni naturali e artificiali ecc. Tra le molte definizioni esistenti di zona umida quella più ampiamente accettata a livello globale è senz'altro quella della Convenzione di Ramsar che definisce come zona umida molte tipologie di acque interne, marine e artificiali. Anche la definizione di Ramsar è ampia sebbene ponga dei limiti dimensionali relativi alla profondità. Nel senso più ampio del termine, la convenzione di Ramsar include tra le zone umide le aree palustri, acquitrinose o torbose o comunque specchi d'acqua, naturali o artificiali, lentici o lotici, sia permanenti che temporanei, con acqua dolce, salmastra o salata, compresi i tratti di mare la cui profondità non ecceda i 6 metri con la bassa marea. Mentre nel senso più restrittivo del termine, definisce zona umida tutti gli Ecotoni (zone

di passaggio da zone terrestri a quelle acquatiche) rappresentati da biotopi d'acqua dolce (lenticia e lotica), d'acqua salmastre, marini, naturali o artificiali, con profondità inferiore ai 3 metri.

Ai sensi della Direttiva Europea sulle Acque, come riportato nel già citato Documento Guida, le Zone Umide sono ecosistemi eterogenei ma con caratteristiche distintive (es. comunità animali e vegetali tipiche), dipendenti da inondazioni da acqua dolce, salmastra o salata a bassa profondità, costanti o ricorrenti, o da saturazione a livello del substrato o in sua prossimità. Le caratteristiche comuni riconosciute delle zone umide comprendono suoli idromorfi, fauna e vegetazione idrofila adattata ai processi chimici e biologici che rispecchiano condizioni di inondazione e/o saturazione.

Esse fanno parte del *continuum* idrologico e rivestono un'importante funzione per la protezione delle risorse acquatiche.

Gli Ecosistemi rilevanti per il raggiungimento degli Obiettivi della Direttiva 2000/60

Nella linea guida sono state individuate cinque categorie di Zone Umide che possono essere presenti in un bacino idrografico e che possono essere rilevanti, in modi diversi, al raggiungimento degli obiettivi individuati dalla Direttiva:

- 1) Zone umide identificate esse stesse come corpi d'acqua superficiali (fiumi, laghi, acque di transizione e costiere), significativi ai sensi della Direttiva;
- 2) Zone riparie, di sponda e interditali, individuate quali elementi qualitativi delle acque superficiali;
- 3) Ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dalle acque sotterranee;
- 4) Piccoli elementi del reticolo superficiale non identificati come corpi idrici ma ad essi connessi;
- 5) Ecosistemi che influenzano in modo significativo i corpi idrici.

La Figura 1 rappresenta questi differenti ecosistemi. La dimensione relativa e le sovrapposizioni dei cerchi dipendono dalla tipologia di ecosistemi presenti in ciascun distretto idrografico. Nella figura è evidenziato come in realtà il complesso "universo" delle zone umide si sovrapponga includendo le diverse tipologie di ecosistemi individuati.

La Figura 2 fornisce una schematica sintesi delle tipologie di ambienti acquatici individuati che possono includere quegli ecosistemi chiamati "zone umide", e la loro possibile collocazione all'interno di un bacino idrografico. La linea guida descrive il ruolo di questi differenti ecosistemi nella pianificazione della gestione a livello di bacino idrografico. Per queste categorie di Zone Umide così descritte e individuate valgono gli stessi obblighi dei corpi idrici significativi funzionalmente connessi. In dettaglio questi obblighi gestionali riguardano:

- gli obblighi a prevenire la benché minima perturbazione alla condizione idromorfologica dei corpi idrici superficiali a Stato Ecologico Elevato;
- gli obblighi di protezione, valorizzazione e ricostituzione delle Zone Umide quando necessario (buono stato ecologico, potenziale ecologico buono, buono stato chimico);
- gli obblighi di raggiungimento di un buono stato delle acque sotterranee.

E' stata già effettuata una prima applicazione della Linea Guida sulle zone umide nel contesto dell'implementazione della Direttiva Quadro sulle Acque per la caratterizzazione dei bacini idrografici, come richiesto nell'Articolo 5 della WFD, per l'identificazione delle zone umide all'interno del Bacino Pilota del Tevere (AA.VV., 2005).

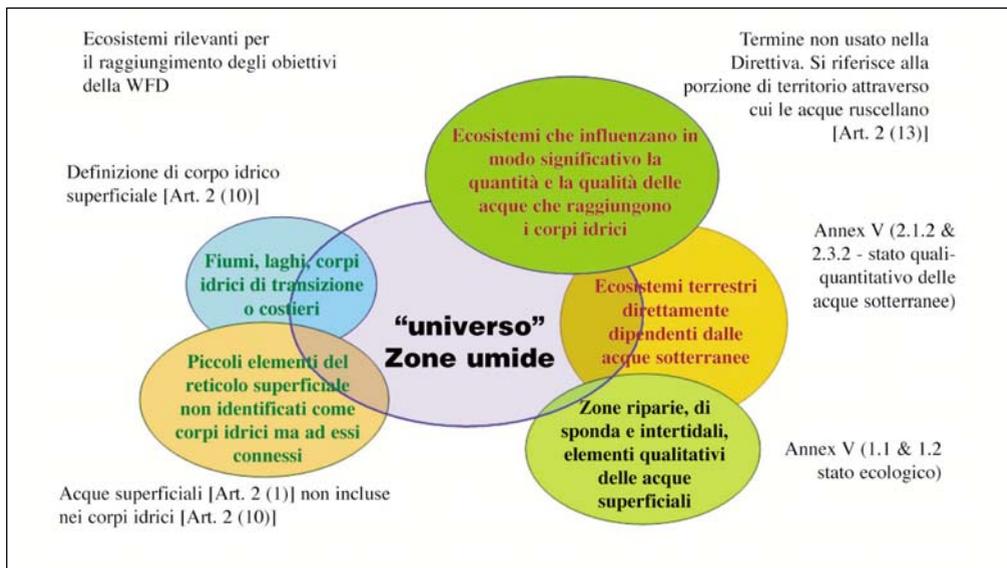


Figura 1 - Identificazione delle Zone Umide nel contesto della Direttiva (modificato da Wetland Horizontal Guidance).

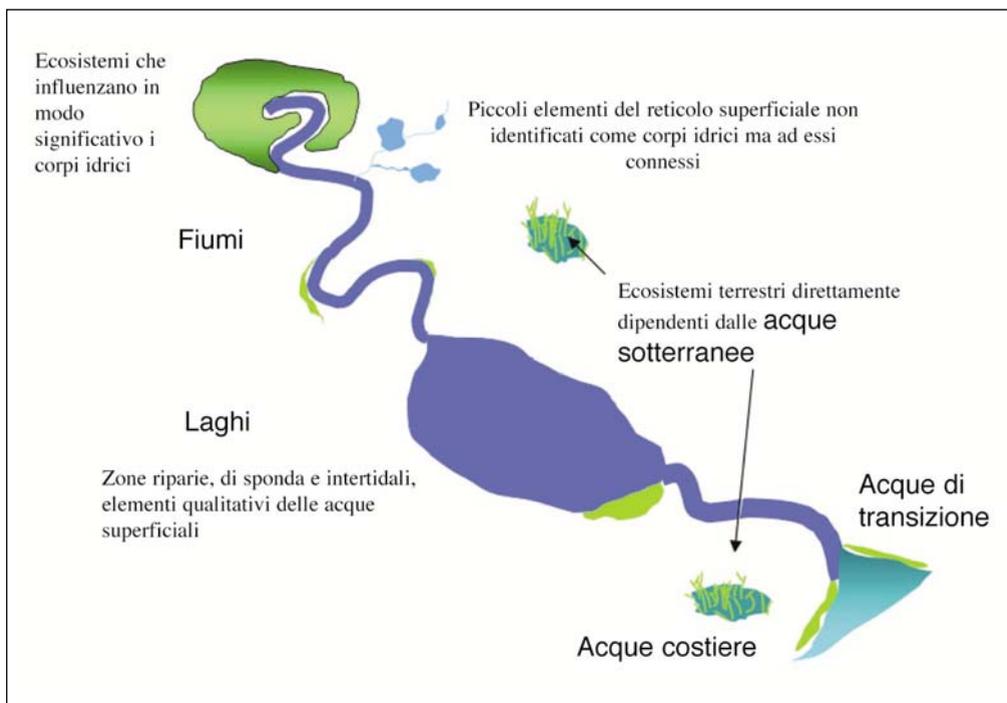


Figura 2 - Ecosistemi rilevanti per il raggiungimento degli obiettivi della Direttiva (modificato da Wetland Horizontal Guidance).

Le Zone Umide come Aree Protette

Secondo l'Articolo 6 della Direttiva Europea, ogni Stato Membro deve predisporre un Registro di tutte le Aree Protette all'interno di ciascun distretto idrografico designate per la protezione speciale come richiesto dalla legislazione comunitaria per la tutela delle acque superficiali e sotterranee o per la conservazione degli habitat e le specie direttamente dipendenti da esse. Tutti gli Stati Membri avrebbero dovuto completare il Registro entro il 2004.

Tale Registro deve includere tutti i corpi d'acqua identificati nell'articolo 7(1) e nell'Allegato IV che sono stati designati Aree Protette per la:

- Protezione e ripristino di aree designate per l'estrazione delle acque destinate al consumo umano;
- Protezione e ripristino di aree designate per la protezione delle specie acquatiche significative dal punto di vista economico;
- Protezione e ripristino di corpi idrici intesi a scopo ricreativo;
- Protezione e ripristino di "aree sensibili" rispetto ai nutrienti;
- Protezione di habitat o di specie inclusi i Siti Natura 2000 (Direttiva 92/43/EEC e 7/409/EEC).

Le zone umide designate come Aree Protette incluse nel Registro devono essere considerate con particolare attenzione durante la pianificazione della gestione a livello di bacino idrografico.

Le Zone Umide e il Programma di Misure

Ogni Stato Membro della Comunità Europea deve predisporre per ogni distretto di bacino idrografico un programma di misure (Articolo 11 della Direttiva 2000/60/CEE), tenendo in considerazione i risultati delle analisi richieste per la caratterizzazione del bacino idrografico (Articolo 5) e al fine di raggiungere gli obiettivi ambientali stabiliti (Articolo 4).

Tale Programma di Misure può includere quelle che vengono definite nella Direttiva "Misure di base", e quando necessario, quelle definite "Misure Supplementari".

Le Misure di base rappresentano quegli interventi minimi indispensabili per il raggiungimento degli obiettivi ambientali descritti all'Articolo 4 e consistono in una estrema sintesi in interventi per la protezione delle acque secondo la normativa comunitaria (Art. 11.3 a); interventi di ripristino dei "servizi" e di un uso efficiente dell'acqua (Art. 11.3 b,c); e interventi per risolvere problemi ambientali e fonti specifiche di inquinamento (Art. 11.3 d-l).

Sebbene le Zone Umide non siano direttamente citate tra le "misure di base", potenzialmente possono assumere un ruolo fondamentale nel raggiungimento degli obiettivi della Direttiva. Le zone umide, infatti, comprese quelle di piccole dimensioni come stagni e pozze temporanee, svolgono note e importanti funzioni nei diversi processi idrologici, biogeochimici, come ad es., la concentrazione dei nutrienti ed inquinanti e l'elevata fissazione del carbonio; nel sostenimento della biodiversità, ad es. come corridoi ecologici e come rifugio per numerose specie animali e vegetali, molte anche rare e minacciate, (Della Bella et al., 2005, 2007; Nicolet et al., 2004; Williams et al., 2004), e per il loro valore economico, dovuto alla loro elevata produttività naturale, al mantenimento delle acque per il consumo umano, e alla possibilità di poter svolgere attività sportive, turistiche, educative e scientifiche (Pacini, 2005, Pacini et al., 2006).

Le Misure Supplementari sono rappresentate invece da quei provvedimenti studiati e messi in atto a complemento delle misure di base, con l'intento di realizzare gli obiettivi fissati a norma dell'Art. 4 della Direttiva (Articolo 11.4). Le misure supplementari vanno implementate a discrezione degli Stati Membri ma quando gli obiettivi della Direttiva non possono essere raggiunti solo mediante l'attuazione di Misure di Base, le Misure Supplementari possono diventare obbligatorie.

Le Zone Umide sono incluse direttamente nelle Misure Supplementari previste nella pianificazione del Programma di misure. Infatti, l'elenco non tassativo delle eventuali misure

supplementari cita proprio la ricostituzione ed il ripristino delle zone umide come riportato nell'Allegato VI (Parte B).

Conclusioni

Nel contesto della Direttiva Quadro sulle Acque appare evidente come le Zone Umide rappresentino ecosistemi con obiettivi ambientali propri, qualora identificate come corpi idrici significativi o Aree Protette, e importantissimi strumenti di gestione per il raggiungimento del buono stato ecologico nei corpi idrici funzionalmente connessi.

Occorre però sottolineare che le Zone Umide designate Aree protette per normative non-comunitarie, come ad esempio le Zone Ramsar di importanza internazionale, non sono automaticamente tutelate dalla Direttiva. In alcuni casi, infatti, zone umide non facenti parte di un corpo idrico significativo, oppure non designate ad essere protette a norma di nessuna delle Direttive Europee citate nell'Allegato IV, non sono attualmente tutelate ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque. Inoltre, le piccole raccolte d'acqua temporanee, o "astatiche", il cui invaso è alimentato soltanto da acqua piovana, non connesse né direttamente né indirettamente con corpi idrici significativi non sono attualmente incluse nelle categorie individuate dalla Linea Guida. Esse sono tutelate in parte dalla Direttiva Habitat, che però con la sua definizione piuttosto restrittiva ha lasciato molti corpi d'acqua privi di tutela sebbene di notevole valore per la conservazione.

Ringraziamenti

Ringraziamo Nunzia Rossi, il Gruppo di Lavoro che ha lavorato alla stesura del Documento Guida sulle Zone Umide, e in particolare, Nicola Pacini e Giorgio Pineschi.

Bibliografia di Riferimento

- A.A.V.V., 2005. Tevere Pilot River Basin Article 5 report, pursuant to the water framework directive. Autorità del Bacino del Tevere, Gangemi editore.
- CEC, 1979. Council of European Communities Directive 79/409/EEC on the conservation of wild birds. *Official Journal of European Communities*, C103.
- CEC, 1992. Council of European Communities Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal of European Communities*, L206.
- CEC, 2000. Council of European Communities Directive 2000/60/EEC of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of European Communities*, L327/1.
- CEC, 2005. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document N12. The Role of Wetlands in the Water Framework Directive, 17th December 2003. *Official Journal of European Communities*, Luxembourg.
- CEC, 2006. Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. *Official Journal of European Communities*, L372/19.
- Convenzione di Ramsar, 1971. Convenzione relativa alle zone umide di importanza internazionale soprattutto come habitat degli uccelli acquatici. *Gazzetta Ufficiale Serie generale* n. 111 del 15 maggio 1987.
- Della Bella V, Bazzanti M, Chiarotti F., 2005. Macroinvertebrate diversity and conservation status of Mediterranean ponds in Italy: water permanence and mesohabitat influence. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 583-600.
- Della Bella V, Bazzanti M, Dowgiallo MG, Iberite M, 2008. Macrophyte diversity and physico-chemical characteristics of Tyrrhenian coast ponds in central Italy: implications for conservation. *Hydrobiologia*, 597:85-95.
- Mancini, 2005. Organization of Biological Monitoring in the EU. In: Biological Monitoring of Rivers. Ziglio G., Siligardi M. & Flaim G. (eds). John Wiley & Sons, Ltd, London, 469p.

- Nicolet P., Biggs J., Fox G., Hodson M. J., Reynolds C., Withfield M. & Williams P., 2004. The wetland plant and macroinvertebrate assemblages of temporary ponds in England and Wales. *Biological Conservation*, 120: 265-282.
- Pacini N., 2005. La gestione delle zone umide secondo la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60. In: Le acque superficiali, i sedimenti e il biota. Mancini L., Ferrari C. e Caroli S. (a cura di). *Ann. Ist. Super. Sanità* 41(3): 305-316.
- Pacini N., Pineschi G., Bindless R., 2006. Salvare le zone umide con la Direttiva Quadro 2000/60? Atti del Convegno Scientifico Internazionale "Geografie dell'acqua. La gestione di una risorsa fondamentale per la costruzione del territorio, Rieti 5-7 dicembre 2003.
- Williams P., Whitfield M., Jeremy B., Bray S., Fox G., Nicolet P. & Sear D., 2004. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation*, 115: 329-341.

ASPETTI DEL PAESAGGIO VEGETALE NEL BACINO DEL FIBRENO

L. CASELLA*°, F. SPADA° & E. AGRILLO**

Generalità

Il comprensorio del bacino del Fibreno presenta una elevata eterogeneità topografica che ha prodotto un mosaico vegetale molto diversificato e l'incidenza di una ricca flora locale.

Le pendici dei rilievi che circoscrivono l'area del bacino lacustre sono occupate da popolamenti di foresta decidua submediterranea a roverella (querceti misti dominati da *Quercus pubescens*, cui si accompagnano *Fraxinus ornus*, *Cercis siliquastrum*, *Celtis australis*). Su alti topografici e scosciamenti rupestri, alle quote più basse, si realizzano addensamenti di specie sempreverdi mediterranee (*Quercus ilex*, *Phyllirea latifolia*, *Buxus sempervirens*, *Laurus nobilis*) legati alla maggior termicità o alla bassa capienza idrica e bassa fertilità del substrato.

L'intera Piana del Fibreno è solcata da numerosi canali scavati in tempi storici nel tentativo di bonificare l'area e renderla disponibile per le coltivazioni. All'interno dei canali e lungo il bordo del lago sono accantonati individui di *Carex paniculata* di dimensioni considerevoli. Tali "patriarchi" conferiscono, a porzioni di sponde, aspetto di "palmizi" nani e rappresentano, in tal senso, l'elemento biotico più caratterizzante il paesaggio del lago di Posta Fibreno. I popolamenti più cospicui di queste carici costituiscono inoltre i principali edificatori dell'isolotto chiamato Pantano Papiro, localizzato lungo il margine settentrionale del lago, nelle vicinanze della zona detta "Le Codigliane" e dell'orlo dell'Isola Galleggiante.

In tale contesto, elemento di clamorosa rilevanza, è infatti la presenza di un'isola di circa 650 mq costituita da un nucleo di torba di sfagni ed elofite, a morfologia tabulare, galleggiante in una porzione distaccata del lago, all'interno di una dolina sommersa situata all'estremità sudorientale della Piana del Fibreno.



Figura 3 - Panorama del Lago Fibreno. Lungo la riva destra si trova il fronte di emersione della falda, con numerose manifestazioni sorgentizie sia subaeree che sublacuali. Sulla riva sinistra si estende il canneto, all'interno del quale si apre la dolina allagata che ospita l'IsolaGalleggiante (visibile in basso a sinistra).

* Associazione HydranGea, email: l.casella@associazionehydrangea.org

° Dip. Biologia Vegetale -Orto Botanico, Università "La Sapienza" di Roma, email: francesco.spada@uniroma1.it

** Università della Tuscia, Viterbo - email: emiliano.agrillo@unitus.it

La Vegetazione Arborea

La vegetazione arborea ripariale del Lago Fibreno è costituita perlopiù da lembi residui, spesso ridotti a singoli individui, di *Populus alba* e *Populus nigra* e diverse specie di salici (*Salix alba*, *S. alba vitellina*, *S. cinerea*, *S. purpurea*), sia spontanei che coltivati.



Figura 4 - Sponda del Lago Fibreno con individui di *Salix alba vitellina* sottoposti a capitozzatura culturale.

Tracce di un'antica foresta planiziale di ambienti paludosi sopravvivono negli individui di farnia (*Quercus robur*) censiti alla base dei contrafforti che orlano i territori a sud del lago. Altro vestigio di un ambiente di foresta planiziale è rintracciabile nella presenza di individui di *Viburnum opulus* sopravvissuti in due siti sulla Piana del Carpello a nord del lago.



Figura 5 - Aprile 2007: Infiorescenza di *Viburnum opulus* fotografata presso le sponde del Carpello in località Mulino. L'individuo è stato sottoposto più volte a drastico taglio con mezzi meccanici a seguito degli interventi di "ripulitura" delle sponde del Carpello. Si tratta nel complesso di una popolazione di pochi individui piuttosto isolata in contesto centro appenninico che andrebbe tutelata in modo rigoroso.

La Vegetazione Elofitica

A sud del lago la vegetazione è costituita, su terreni torbosi, da un canneto a *Phragmites australis*. Questa formazione si estende su un'area di circa 50 ettari, orlando il margine del lago opposto a quello da cui scaturiscono le sorgenti. Un canneto di piccole dimensioni si rinvia a nord del lago, nella piana del Carpello. In corrispondenza della sorgente denominata "Canneto" questa vegetazione raggiunge il suo limite naturale, legato al dinamismo di una sorgente perenne.

Il canneto è una tipica cenosi d'interramento, il cui sviluppo veniva controllato, fino agli anni '80, tramite la pratica dei tagli e degli incendi periodici; attualmente, non essendo sottoposto ad alcun tipo di gestione, si suppone sia in progressiva e naturale evoluzione.

Le aree occupate da comunità del magnocariceto e del canneto tendono infatti, se non disturbate, a evolvere gradatamente verso condizioni più asciutte con una copertura a legnose riparie. Negli stadi successivi della successione tenderebbero a venire progressivamente colonizzati da salici e ontani.

Al margine del canneto, lungo le ripe dei fossi e della sponda del lago si accantonano popolamenti di carici di grandi dimensioni (*Carex paniculata*, *C. pseudocyperus*, *C. riparia*, *C. elata* - cfr. l'Habitat Natura 2000, ancora non riconosciuto al momento in cui si scrive, ma in fase di proposizione: I050 "*Magnocaricion elatae* stands"). Il carattere "cespitoso" di queste carici conferisce loro capacità di estrema tolleranza nei confronti di periodi di emersione indotti da variazioni del livello idrico. Solo in tali ambienti la loro strategia competitiva le rende vincenti nei riguardi di *Phragmites* e danno vita pertanto a formazioni indipendenti.

Il carice falso-cipero (*Carex pseudocyperus*) si trova in colonie estremamente frammentarie apparentemente legate a fasi persistenti (durevoli) del dinamismo di sutura dei vuoti della formazione a grandi carici, al pari di altre carici che occasionalmente vi si associano. I cespi dei singoli individui tendono a svolgere ruolo di substrato per la colonizzazione da parte di alte erbe (*Lythrum salicaria*, *Cirsium creticum*, *Cirsium palustre*, *Valeriana officinalis*, *Scrophularia umbrosa*) che vivono al margine del canneto e trovano su *Carex pseudocyperus* un sito di ancoraggio sufficientemente stabile per occupare nuovi spazi aperti verso il chiaro del lago.

Come già evidenziato, di estremo interesse è la vegetazione ad alti carici dominata da cespi di *Carex paniculata*. Tale specie presenta un'estrema versatilità ecologica che le permette di sopravvivere negli ambienti più diversi. In condizioni "allagate", tra i cespi c'è acqua stagnante o torba esposta e limo. La vegetazione è in modo caratteristico rada e paucispecifica, alla base sono spesso presenti *Myosotis scorpioides*, *Caltha palustris* (specie di biomi a carattere boreale), *Galium palustre*, *Epilobium palustre*, *Mentha acquatica*, *Iris pseudacorus*, *Valeriana officinalis* e *Lycopus europaeus*. I cespi stessi a volte supportano alcune elofite come *Phragmites australis*, *Eupatorium cannabinum*, *Scrophularia umbrosa*, *Cirsium palustre*, *Peucedanum palustre*; più raramente, ma con grande significato nella successione, *Salix cinerea*. I cespi di dimensioni più grandi si trovano lungo i canali di drenaggio della piana, e lungo i bordi del canneto, sopravanzando lo stesso verso lo specchio del lago. Un esempio di cariceto "allagato" è rappresentato dal Pantano Papiro, l'isola prospiciente la riva nord orientale del lago in prossimità della zona del lago denominata "Le Codigliane".



Figura 6 - Immagine del Pantano Papiro, un isolotto torboso popolato da *Carex paniculata* e *Salix cinerea*. Qui è anche presente un cospicuo popolamento di *Bidens cernua*.



Figura 7 - Maggio 2004: Accantonamento di *Caltha palustris* e *Carex paniculata* lungo le sponde del Lago Fibreno.

Lungo i margini di sponda si trovano erbai costituiti da specie annuali estive a carattere nitrofilo perlopiù a ridosso di sponde basse soggette a periodica emersione e inondamento.

Si tratta di popolamenti dominati da *Bidens cernua* (specie divenuta molto rara nel Lazio, segnalata da G. Montelucci nel 1954) e specie diverse di *Polygonum*, tra cui *P. mite* e *P. hydroperis*, che si insediano sulle sponde lasciate scoperte dal ritiro delle acque nei periodi di abbassamento del livello del lago. Queste comunità pioniere dei suoli fangosi e ricchi di nitrati, che hanno distribuzione frammentaria e incostante, individuano frammenti dell'Habitat Natura 2000: 3270 "Fiumi con argini melmosi con vegetazione del *Chenopodium rubri p.p* e *Bidention p.p.*". Gli unici siti di una certa estensione identificati nell'area di studio per questa comunità sono quelli presenti al ciglio del canneto sulla sponda occidentale del lago, dirimpetto alla località Carpello, e sull'isolotto di Pantano Papiro. Qui essa ha carattere frammentario in quanto intercalato da lembi di praterie ad alti carici. Altrove si tratta di addensamenti della sola specie *Bidens cernua* su emersioni di torba.

È presumibile che gli erbai a *Bidens* siano oggi molto più rari di quanto non fossero in epoca in cui lo sfalcio era praticato su tutta la Piana del Fibreno oggi occupata dal canneto. Lo sfalcio, deprimendo la capacità competitiva del cariceto, favoriva sui margini delle basse sponde fangose la diffusione di queste praterie annuali che tendono a condividere la stessa nicchia del cariceto. Un ulteriore fattore di pressione sullo stato di conservazione della specie e dell'Habitat si rintraccia nell'irregimentazione delle sponde sorgentifere con massicciate di blocchi di calcare, sistemazione che sottrae spazio utile all'accantonamento di specie di sponde impaludate e di ambienti periodicamente inondati, come *Bidens* e altre entità di rilievo per il loro carattere di rarità o di relictivi biogeografici.



Figura 8 - Aspetto del fondale del lago a ridosso delle sorgenti in assenza (figura a sinistra) e in presenza (figura a destra) di irregimentazione con massi calcarei.

La Vegetazione Acquatica

La presenza sulla riva orientale del lago di un allineamento di sorgenti, che erogano senza interruzione durante tutto l'anno acque fresche e ricche in basi raggiungendo anche portate eccezionali (più di 9 metri cubi d'acqua al secondo come media degli ultimi 50 anni), ha conferito alla compagine della vegetazione locale e in particolar modo alla vegetazione a idrofite del lago e del fiume Fibreno, un evidente carattere di anomalia in quanto determina una coesistenza fra specie e forme di vegetazione di ambiente fluviale e di ambiente lacustre. Oltre a ciò tale caratteristica idrogeologica determina una marcata asimmetria nella zonazione della vegetazione nel suo insieme sulle opposte rive.

Per quel che concerne il corpo d'acqua del lago, la localizzazione delle sorgenti determina una marcata suddivisione idrodinamica secondo bande longitudinali a differente velocità di flusso, secondo un gradiente che va dalla fascia delle sorgenti che borda il margine nordorientale del lago, verso il margine opposto, idrologicamente passivo. Si distinguono nel lago pertanto due grandi zone a scenario ambientale diversificato, delle quali una in posizione centrale con acque a flusso debole, e una più periferica rispetto al corpo d'acqua, a ridosso del margine lacustre influenzato dalla presenza delle sorgenti, nella quale si accantonano specie a più spiccato *habitus* reofitico e praterie sommerse di elofite a comportamento idrofítico.

Verso il centro del lago, dove si raggiungono le maggiori profondità (di circa 2 metri), predominano vere e proprie "foreste sommerse" di varie specie di *Potamogetonaceae* (*Potamogeton sp.pl.* e *Groenlandia densa*), cui spesso si ancorano cuscini di alghe filamentose, che in tal modo resistono all'effetto di trascinamento operato dalla corrente, sempre costantemente presente nel corso dell'anno. Durante i periodi di magra (Agosto e Settembre) la diminuzione degli afflussi dalle sorgenti unitamente all'aumento di temperatura, favorisce la proliferazione di tali alghe a discapito della vegetazione macrofítica, con conseguente affioramento sulla superficie del lago di considerevoli quantità di materia organica. In condizioni di crescita ottimale tali specie tendono a formare coperture dense e continue sul fondo, con fronde molto sviluppate che emergendo in superficie possono dar luogo, rallentando il deflusso delle acque, a corpi di acqua stagnante in grado di ospitare popolamenti di idrofite galleggianti (pleustofite), idrofite altrimenti relegate nel lago a pochi siti ad acque ferme, in posizione marginale al corpo d'acqua principale. È il caso degli zatteroni di callitriche che si formavano stagionalmente, almeno fino a pochi anni fa, in prossimità del punto di confluenza della Dova nelle acque del lago. Tale prateria, la cui estensione è estremamente variabile nel tempo, raggiungendo anche dimensioni eccezionali per poi regredire, come negli ultimi anni, è verosimilmente determinata dalle condizioni di insolazione e dalle caratteristiche idrodinamiche puntuali del corpo d'acqua. Tali "isolotti" rappresentano stazioni di rifugio estremamente specializzate per lo sviluppo di popolamenti micro-pleustofitici a *Lemna minor* e *Lemna trisulca* e *Riccia fluitans* (cfr. Habitat Natura 2000: 3150 Laghi eutrofici naturali con vegetazione del *Magnopotamion* o *Hydrocharition*), che trovano nelle acque ferme interstiziali della massa

vegetale galleggiante condizioni idrodinamiche idonee alla loro crescita, altrimenti ostacolate dalla velocità del flusso.

Negli anni passati la copertura densa determinata dalla crescita rigogliosa delle specie acquatiche, che arrivavano a ricoprire l'intera superficie libera del corpo d'acqua, ha rappresentato anche un fattore di disagio per la viabilità acquatica, che doveva aprirsi delle vie fendendo la densa copertura macrofitica. In occasione di una di queste fasi di espansione delle idrofite, a metà degli anni '80, l'ente Gestore della Riserva commissionò addirittura uno studio, a una società specializzata, che indagasse sulle cause alla base dell'esplosione in termini di biomassa, in particolar modo dei potamogeti e delle callitriche. Lo studio non evidenziò alterazioni chimico-fisiche rilevanti o tali da poter giustificare azioni gestionali urgenti.

Si trattava verosimilmente di una naturale manifestazione delle fasi di oscillazione, in termini di produzione di biomassa, da parte di un ecosistema estremamente produttivo, come dimostra l'estensione del canneto e delle megaforie, e il generale carattere di competitive che connota gran parte della flora locale.

A documentazione di ciò si consideri il fatto che lo sfalcio delle erbe palustri nel lago (effettuato direttamente in acqua, dalla tipica imbarcazione locale: la "naue") ha sempre rappresentato una risorsa nelle economie locali, che utilizzavano l'enorme produzione della vegetazione acquatica anche per l'alimentazione del bestiame. Oltre ciò, nel Regolamento approvato dall'Ente Gestore, elaborato nella prima metà degli anni '90, venivano date indicazioni chiare sulle modalità del taglio da effettuare per il controllo della vegetazione acquatica, al punto che annualmente veniva stanziato dalla Regione Lazio un fondo da dedicare a tale attività, cui si provvedeva con mezzi meccanici. Purtroppo questa forma di "governo" della vegetazione acquatica è proseguita con regolarità anche quando il declino in termini di produttività era già iniziato ed evidente (fine degli anni '90).

Negli ultimi anni è proprio questa forma di vegetazione che ha conosciuto il fenomeno di riduzione più drammatico. Sono scomparse progressivamente a partire dalla metà degli anni '90 le praterie sommerse di potamogeti, riduzione che si è manifestata attraverso una frammentazione progressiva: sulla base di osservazioni personali si registra come nel 1998 erano ancora presenti zatteroni sommersi di potamogeti (*Potamogeton* cfr. *polygonifolius* e *P. cfr. nodosus*) in diversi punti del fondale lacustre, mentre attualmente il fondale si presenta completamente denudato ad esclusione delle zone a ridosso delle sorgenti e in corrispondenza di venute a giorno d'acqua sublacuali.

Agli aggruppamenti a *Potamogeton* dei fondali più profondi seguono, verso le rive orientali ove vengono a giorno le sorgenti, praterie discontinue di idrofite radicate adattate a flusso più accelerato del corpo d'acqua, fra le quali dominano *Callitriche stagnalis*, *C. cfr. obtusangula* e *Hippuris vulgaris* (cfr. Natura 2000: 3260 "Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del *Ranunculus fluitantis* e *Callitriche-Batrachion*"). I siti in cui tali addensamenti sono più cospicui si trovano alla confluenza dei canali che portano nel lago le acque di sorgenti pedemontane e sui fondali in prossimità delle sorgenti sublacuali (ad esempio sul bordo delle doline "Le Codigliane" e "La Rota", sotto l'isola galleggiante).

Hippuris vulgaris è specie a carattere microtermo estremamente rara nel Lazio (le uniche stazioni note sono a Posta Fibreno, in alcuni corpi lacustri della provincia di Rieti e in alcune aree della Piana Pontina). Si ritrova di norma nelle forme di vegetazione acquatica a *Potamogeton* (cfr. *Potamogetonalia*) o nei canneti (cfr. *Phragmitetalia*), in acque ferme o lentamente fluenti, ricche di nutrienti e di calcio, chiare e fresco-temperate, a profondità variabili da 0,2 a 5 metri su fondali umosi e fangosi. Si insedia nelle lacune del canneto qualora si verificano ampie oscillazioni del livello delle acque.

In corrispondenza dei fondali sprofondati delle doline la gamberaia maggiore, *Callitriche stagnalis*, idrofite radicante flottante, edifica "cuscini" e colonne che si elevano dal fondo nei pressi delle principali polle di sorgenti sublacuali, sviluppandosi per altezze anche di 4 metri; raggiunta la superficie, in assenza di disturbo, se dispone del tempo utile a sviluppare il corno prima della naturale dissoluzione invernale, da vita a estese praterie (zatteroni galleggianti) di grandissimo valore ecosistemico, in quanto edifica habitat addizionali che creano condizioni

favorevolissime per la locale ittiofauna e supporto fisico e nutrizionale per una ricca ornitofauna migratoria e stanziale.

Il lago di Posta Fibreno, come già sottolineato, è caratterizzato quasi per l'intera estensione da acque con flusso da medio a veloce. Tali condizioni fisiche risultano essere particolarmente favorevoli alla crescita di una vegetazione acquatica caratterizzata da più o meno spiccata reofilia, mentre non favorisce o consente solo in minima parte lo sviluppo di popolamenti pleustofitici galleggianti o sommersi. Le porzioni dei canali che tagliano il grande canneto del settore della piana a sud del lago, presentano invece condizioni idrodinamiche e caratteristiche idrochimiche favorevoli allo sviluppo di idrofite radicate e galleggianti tipiche di acque calme eutrofiche. È infatti solo in questi limitatissimi settori del corpo d'acqua che è possibile rinvenire specie caratteristiche delle acque stagnanti meso-eutrofiche (*Ceratophyllum demersum*, *Utricularia australis*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Callitriche brutia*), in consociazione con pleustofite di piccole dimensioni (*Lemna minor*, *L. trisulca*, *Riccia fluitans*).



Figura 9 - Agosto 2006: popolamento a *Hydrocharis morsus-ranae* nella porzione terminale di un canale del canneto presso Colle Iaruscio. In un'altra porzione dello stesso canale si trovano cospicue popolazioni di *Utricularia australis*.

I fondali poco profondi in corrispondenza delle sorgenti tendono a essere colonizzati da comunità di reobionti che si formano in ambiente di acque a scorrimento veloce ricche in calcio. Qui aggruppamenti a *Berula erecta* si formano come popolamenti fontinali monofitici della forma sommersa di questa specie (*B. erecta* f. *submersa*), ombrellifera elofitica che forma tappeti clonali da getti del rizoma sui fondali dei corsi d'acqua. *B. erecta* compare in aggruppamenti di norma associata a *Apium nodiflorum*, *Nasturtium officinale*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Veronica beccabunga* e *Ranunculus trycophyllus* smistati lungo i gradienti topografico, di velocità di corrente e di luminosità (cfr. Natura 2000: 3260 "Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del *Ranunculion fluitantis* e *Callitriche-Batrachion*").

Nei corsi d'acqua a flusso sostenuto con acque fresche e ricche in calcare del fiume Carpello e Rio Dova - Raio) si trova una formazione a ranuncoli galleggianti e ombrellifere elofitiche a comportamento idrofitico (cfr. Natura 2000: 3260 "Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del *Ranunculion fluitantis* e *Callitriche-Batrachion*") con le idrofite *Hippuris vulgaris*, *Fontinalis antipyretica* (briofita acquatica), *Ranunculus trichophyllus*, *Callitriche stagnalis*, *C. obtusangula* e *C. cfr. hamulata* (entità estremamente rara nel Lazio), nonché le forme sommerse delle elofite *Sparganium emersum*, *Agrostis stolonifera* e *Veronica anagallis-aquatica* che tendono a costituire addensamenti feltrosi nucleari a carattere mono- o paucispecifico. Queste vere e proprie "isole vegetali" sono separate tra loro da tratti di fondo privi di vegetazione, dove il flusso della corrente raggiunge velocità più elevata.



Figura 10 - Vegetazione a *Hippuris vulgaris*, *Berula erecta*, *Callitriche sp.pl.*, *Fontinalis antipyretica* lungo il corso del Carpello, in prossimità della confluenza con il Fibreno.

Queste forme di vegetazione, a ridosso delle sorgenti, costituiscono l'aspetto più resistente ai cambiamenti fra tutte le cenosi acquatiche del Fibreno. Capaci di attestarsi su piccole superfici e di resistere alle correnti si rifugiano, durante il periodo avverso alla crescita, nei canali sorgentiferi e in pochi metri quadrati di fondale direttamente a ridosso delle venute a giorno d'acqua, sottraendosi così agli eventuali effetti deleteri della concentrazione di inquinanti nel corpo d'acqua principale a lento scorrimento e agli effetti del disseccamento lungo le sponde.



Figura 11 - Giugno 2003: vegetazione acquatica rifugiata nell'ambiente indisturbato del fondo di una "Naue" ancorata a riva; all'esterno il fondale si presenta denudato. Nell'imbarcazione si riconoscono, smistati lungo un gradiente progressivamente affrancato dall'acqua: *Callitriche sp.pl.*, *Lemna sp.pl.*, *Hippuris vulgaris*, *Berula erecta*, *Veronica analgallis-aquatica*, *Scrophularia umbrosa*.

La presenza di doline sommerse, con profondità che variano da 2 a 15 metri a pareti verticali e spesso con sorgenti subacquee che assicurano ossigeno e buona luminosità anche sul fondo (in particolare quelle denominate "Le Codigliane" e "La Rota"), amplia la varietà di ambienti a disposizione della vegetazione acquatica consentendo l'attestazione di tappeti di alghe *Characeae* (cfr. Habitat Natura 2000: 3140 "Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di *Chara* spp."). Questi tappeti di *Characeae* formano sul fondo dell'acqua, su substrati generalmente minerali di sabbie e ciottoli, una copertura continua feltrosa a struttura monospecifica, estremamente sensibile ai fenomeni di eutrofizzazione di fronte ai quali tende a recedere. Un altro sito di accantonamento per queste importantissime comunità estremamente sensibili all'inquinamento, soprattutto a carico di componenti fosforiche, sono i campi agricoli abbandonati al margine del corpo d'acqua lungo la sponda meridionale del lago in prossimità dell'isola galleggiante.



Figura 12 - In occasioni di piena delle sorgenti, che si verifica perlopiù nel periodo tra marzo ed agosto, i campi al margine del lago vengono inondatai.

Questi terreni, in condizioni di elevato livello idrico delle acque di sorgente vengono completamente inondatai nel periodo tra aprile e agosto, coprendosi di un velo d'acqua stabile che viene presto saturato dalla crescita repentina di materassi di alghe *Characeae* spessi anche qualche decimetro (in occasione delle piene eccezionali registrate al Fibreno nel 2004 in tali tappeti sono state misurate profondità maggiori di 50 cm), dal carattere prettamente effimero ma importanti stazioni umide di accantonamento per altre specie igrofile.

L'isola Galleggiante

L'elemento più clamoroso del paesaggio vegetale del lago di Posta Fibreno è sicuramente rappresentato dall'isola galleggiante. L'isola, costituita da una zolla torbosa ricoperta di vegetazione, ha contorno subcircolare, con diametro maggiore di 38 metri. Il profilo è tabulare con uno spessore medio di circa 3 metri. La porzione sommersa ha diametro minore (28 metri) e presenta una barra ispessita, che emerge dal profilo, di dimensioni 1 x 1,5 x 10 metri. Si muove all'interno di un lago di forma ovale i cui diametri maggiori sono 88 x 51 metri.



Figura 13 - Panorama dell'Isola galleggiante durante la stagione tardo-estiva (foto a sinistra) e aspetto del nucleo a *Sphagnum palustre* presente al centro dell'isolotto.

L'isola attualmente è ricoperta da una vegetazione legnosa a *Salix x cinerea* e *Populus tremula*, ed è circondata da una sorta di palizzata esterna di contenimento di cespi di *Carex paniculata*. Al centro è presente un nucleo costituito da cupole di sfagno (*Sphagnum palustre*) che si elevano fino a oltre 50 cm rispetto al livello della torba emersa. Alcune specie vegetali trovano qui la loro stazione esclusiva nell'area di studio: *Sphagnum palustre*, *Thelypteris palustris*, *Equisetum palustre* si rinvencono infatti attualmente nel territorio fibrenate esclusivamente sul disco di torba dell'isola.

Le elofite dominanti sono *Phragmites australis* e *Carex paniculata*. A queste si mescolano: *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Eupatorium cannabinum*, *Peucedanum palustre*, *Iris pseudacorus* e, sebbene più rare, *Cirsium palustre* ed *Epilobium hirsutum*. Nello strato che comprende le piante alte 60 - 80 cm si trova *Thelypteris palustris*. Le piccole specie erbacee comprendono invece *Scutellaria galericulata*, *Galium palustre* e *Mentha aquatica*.



Figura 14 - Aspetto frontale dell'Isola Galleggiante. È evidente la zonazione concentrica che vede succedersi, procedendo dall'esterno verso l'interno, la fascia esterna a *Carex paniculata*, quella più interna a *Salix cinerea* e al centro il nucleo di *Sphagnum palustre*, al cui margine crescono individui arborei di *Populus tremula*.

Conclusioni

Il lago di Posta Fibreno è un sito dove numerose evidenti anomalie per la flora e la vegetazione delle aree umide dell'Italia peninsulare sono concentrati. Qui si trovano le popolazioni tra le più meridionali di *Sphagnum palustre*, insieme alle più meridionali grandi estensioni lacustri di *Carex paniculata*.

L'ecosistema locale ha svolto un ruolo di conservatore per una flora a carattere relictivo offrendo siti rifugiali per entità a gravitazione boreale, in fase di ritiro a partire dalle aree di massima diffusione raggiunte durante gli interstadiali delle ultime fasi glaciali.

Il paesaggio vegetale locale attuale rappresenta però anche la risultante dell'impatto secolare delle attività umane. La vegetazione elofitica di sponda è infatti oggi caratterizzata da un mosaico indotto principalmente da disturbo antropico, determinato dall'affermarsi della tradizione degli orti di ripa e dello sfalcio per l'approvvigionamento di materiale da costruzione e di foraggio, come processo plasmatorio delle trasformazioni del paesaggio dell'area fin da tempi protostorici.

La variazione del regime d'uso tradizionale dei terreni impaludati e in particolar modo l'abbandono della tradizionale pratica dello sfalcio per la produzione di lettiera hanno ridotto drasticamente l'estensione di siti ecologicamente favorevoli allo sviluppo di alcuni elementi di valore del paesaggio vegetale locale, come le praterie annuali di sponde torbo-limose a *Bidens cernua* e gli erbai elofitici cespitosi a grandi carici.

Queste specie hanno trovato nei canali scavati nel canneto siti secondari di accantonamento. Questi costituiscono infatti stazioni di rifugio che seppur di origine artificiale, sono in grado di vicariare dal punto di vista ecologico le stazioni originarie, consentendo nel corso di decenni la sopravvivenza di preziose specie nella zona ecotonale di transizione al corpo d'acqua (in cui l'avanzata della cannuccia veniva limitata).

La pianificazione di progetti di conservazione è estremamente urgente, data la vulnerabilità di questi isolati nuclei di piante boreali.

Ad esempio, pochi anni fa l'esplosione demografica di nutria (*Myocastor coypus*) colpì, con conseguenze drammatiche, la vegetazione spondale ad elofite. I cespi di *C. paniculata* subirono escavazione degli stipiti per la costruzione delle tane e danneggiamento evidente delle chiome frondose che venivano utilizzate sia come cibo che come riparo.



Figura 15 - Aspetto del cariceto a *Carex paniculata* nel periodo di magra delle sorgenti, quando il livello idrico è fortemente depresso. Nell' Agosto del 2002 (foto a destra) al periodo di crisi idrica si sono sovrapposti gli effetti di una forte espansione demografica della nutria, con conseguenze devastanti sullo stato di conservazione dei carici.

L'impatto della nutria si sommò agli effetti della crisi idrica annientando quasi completamente in alcuni tratti la vegetazione spondale ed acquatica. Solo in seguito alla scomparsa dell'animale (che subì una riduzione demografica repentina intorno al 2004) gli stipiti di carice riacquisirono l'aspetto maestoso della crescita indisturbata.



Figura 16 - Aspetto del prato inondato a Carex paniculata durante il periodo di piena, in cui il livello idrico è elevato.

Un altro fattore di degrado che si è osservato nel comprensorio riguarda il riverso di materiale detritico nelle acque del Lago e del Fiume Fibreno. Tali episodi, se pur non frequenti, rappresentano un elemento di rischio in un contesto di equilibri alterati come quelli che sembrano realizzarsi, negli anni recenti, nell'ecosistema del Fibreno.

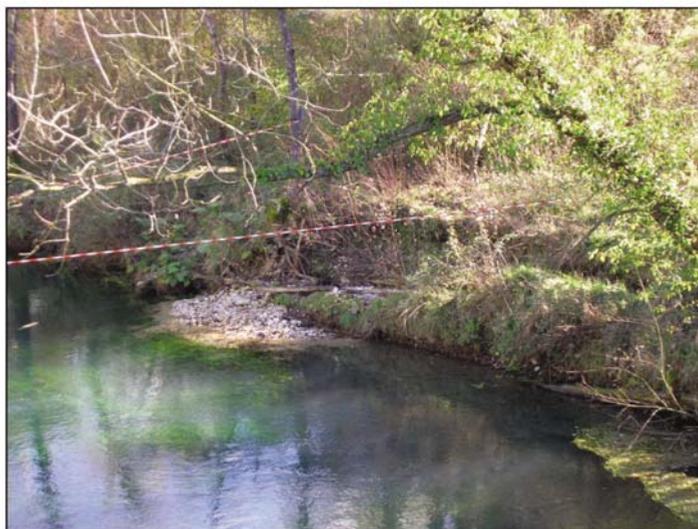


Figura 17 - Novembre 2005 - Versamento abusivo di materiale detritico lungo le sponde del Fiume Fibreno, presso Ponte Tapino.

Gli erbai a grandi carichi, così come il canneto, oltre a rappresentare un importante valore documentario, svolgono un ruolo ecosistemico di grande importanza: contribuiscono alla depurazione delle acque attraverso il fissaggio di alcuni elementi e composti organici e inorganici, eventualmente riversati nelle acque sotto forma di fertilizzanti e pesticidi durante operazioni delle pratiche agricole. Ad amplificare tale azione, l'esistenza di aree aperte esistenti all'interno del canneto (in origine canalizzazione per il drenaggio) aumenta la superficie totale di contatto tra specie vegetali (fitodepuranti) e corpi idrici, ottimizzando lo scambio e l'efficacia del processo fitodepurativo.

La rarità e l'estrema specializzazione della flora accantonata nel comprensorio necessita azioni urgenti d'intervento e una pianificazione accorta delle attività locali.

Criticità Evidenziate e Proposte di Gestione

Le azioni di tutela volte alla conservazione del paesaggio vegetale del comprensorio coincidono con le attività di gestione dell'intero idrosistema. Azione preliminare irrinunciabile ed urgente è la preservazione della qualità e della quantità delle acque attraverso soprattutto l'attento monitoraggio delle sorgenti che alimentano il lago.

Solo attraverso la conoscenza integrata delle varie componenti dell'ecosistema si potrà provvedere alla redazione di piani e progetti coerenti, che non entrino in conflitto con provvedimenti dedicati, elaborati da singole discipline, e consentano di gestire il patrimonio naturale locale con competenza.

Di seguito si riportano alcuni esempi di alterazione derivanti da manomissione che sono considerati particolarmente nocivi per lo stato di salute di habitat e specie vegetali di interesse.

La vegetazione bentica a *Chara* (Habitat Natura 2000: 3140), accantonata nel lago in siti in cui siano presenti venute a giorno di acqua di falda, risulta particolarmente minacciata da processi di eutrofizzazione indotti dalle attività antropiche. Il rischio maggiore per queste comunità è rappresentato dall'arricchimento in ortofosfati (la maggior parte delle specie di *Chara* tollera con difficoltà concentrazioni di fosfato superiori a 20 µg/l), che provoca una regressione delle specie oligotrofe o mesotrofe e la sostituzione di queste con specie più tolleranti, spesso meno significative dal punto di vista floristico e fitogeografico. Tali comunità risultano inoltre particolarmente sensibili ai fenomeni di intorbidimento dovuto all'aumento di materiale in sospensione. Uno dei fattori determinanti per la sopravvivenza delle *Characeae* nei siti a profondità maggiore (doline "Le Codigliane" e "La Rota") è infatti la condizione di luminosità legata alla trasparenza dell'acqua. Le attività sportivo-ricreative di immersione effettuate ad esempio nella zona delle Codigliane, dove è presente un cospicuo popolamento di *Chara* a profondità elevate (oltre i 10 metri), hanno come effetto un intorbidimento delle acque e la rideposizione di sedimento sulla vegetazione di fondale, con conseguenze negative sulla conservazione dell'Habitat.

A tal fine vanno rigidamente regolamentate e vigilate le attività legate alle immersioni di subacquei, non consentendo ad esempio pinneggiamenti in prossimità del fondale e attraversamento di tratti con vegetazione per la discesa in acqua.

Per la vegetazione a ranuncoli acquatici (Habitat Natura 2000: 3260) che si attesta nel comprensorio nelle acque dei corsi d'acqua a flusso veloce (Rio Dova, Rio Carpello, Fiume Fibreno, sponde sorgentizie), le condizioni di conservazione ottimali sono indicate dalla presenza di ranuncoli nello strato dominante, briofite (*Fontinalis*) nel dominato e dalla presenza in popolamenti monofitici poco estesi di *Apium nodiflorum/Berula erecta* (non distinguibili tra loro allo stato vegetativo).

L'abbondanza dei ranuncoli acquatici è legata alle condizioni idrodinamiche: con la diminuzione del flusso tendono infatti a regredire. Questo fenomeno è in particolar modo evidente nella zona del lago prospiciente l'abitato di S. Venditto dove le acque del torrente Dova e quelle delle abbondanti sorgenti che trovano qui il loro punto di emergenza si uniscono in uno stretto passaggio che porta le acque verso il lago. Qui la velocità del flusso è ancor più strettamente dipendente dal regime delle sorgenti, per tale ragione la dinamica di comparsa e scomparsa di ranuncoli acquatici (*Ranunculus trichophyllus* in modo particolare) nelle cenosi idrofittiche è particolarmente veloce e significativa.

Attualmente il disturbo indotto ad esempio dall'azione di sfalcio della vegetazione dei bassi fondali a ridosso delle sorgenti è evidenziato dall'espansione sottoforma di estesi popolamenti monofitici perlopiù clonali di *Apium nodiflorum/Berula erecta* nelle zone meno profonde e di transizione verso la terraferma.

Si ricorda che lo sfalcio della vegetazione acquatica e spondicola, non è di per sé attività nociva; va precisato però che l'entità e i tempi di taglio, nonché le aree da sottoporre a tale

attività, andrebbero valutati da operatori di riconosciuta autorità nel campo delle materie botaniche (esponenti di Università o Enti di Ricerca), onde evitare interventi che per tempi e modi possano provocare danni irreparabili al delicato equilibrio caratterizzante questi habitat.

E' auspicabile che qualora si rendesse necessario il taglio della vegetazione per la pulizia dei canali anche per fini conservazionistici di altre specie (fauna ittica, ornitica o anfibi), ciò venga effettuato senza tagli a raso e con la tecnica e le attrezzature che producano un impatto di entità paragonabile a quello moderato derivante dall'uso di mezzi manuali.

Gran parte delle specie di rilievo si trovano sull'Isola Galleggiante e molte di esse trovano il loro sito esclusivo per il territorio proprio su questo disco di torba (è il caso di *Thelypteris palustris*, *Sphagnum palustre* ed *Equisetum palustre*). È evidente l'estrema importanza di questo sito sia per le specie presenti che per le dinamiche di avvicendamento in atto nei consorzi vegetali. È altrettanto evidente la necessità a tal riguardo di sviluppare programmi di conservazione idonei al suo mantenimento e naturale sviluppo, programmi che andranno coordinati coerentemente ai risultati di attività costanti di monitoraggio sulla vegetazione da condurre sotto le indicazioni di personale di riconosciuta autorità scientifica nel campo delle scienze botaniche ed ecologiche.

Al fine di conservare l'ecosistema in un buono stato di conservazione, sono da evitare fenomeni di eutrofizzazione dovuti ad arricchimento soprattutto in ortofosfati e ammonio (derivanti principalmente da agricoltura intensiva e scarichi domestici). Negli stadi in via di eutrofizzazione in questa vegetazione si osserva la proliferazione algale e una alterazione delle componenti floristiche della cenosi, fino alla regressione completa delle macrofite acquatiche. Altrettanto nocive sono le opere di sistemazione fisica del letto degli alvei, con movimento di terra e asportazione della fascia riparia elofitica. Tali attività sono da evitare perché rimuovono l'importante interfaccia vegetale e pedologico che permette l'immobilizzazione dei sedimenti, che andrebbero altrimenti in sospensione, e la depurazione delle acque. L'opportunità di eseguire, sulle sponde e negli alvei, operazioni che comportano il rimaneggiamento della vegetazione acquatica e di sponda, sottoforma di tagli e sfalci, va valutata comunque di volta in volta a seconda dei risultati di studi e monitoraggi, effettuati da esperti di materie botaniche ed ecologiche di riconosciuta esperienza, che evidenzino il contingente e generale stato di salute degli ecosistemi interessati.

In sintesi, il monitoraggio della qualità delle acque (eliminazione di fonti d'inquinamento e disturbo anche meccanico), la salvaguardia dal consumo di superficie disponibile per la vegetazione (tutela dei siti d'accantonamento per le specie in ritrazione verso i rifugi fontinali o comunque ripari, che devono essere preservati da manipolazioni a fini turistico-ricreativi), un'accurata gestione delle operazioni di taglio della vegetazione acquatica e spondale (attività di per se non nocive, ma da sottoporre a rigido controllo nelle modalità d'esecuzione) rappresentano punti irrinunciabili in una politica di tutela che sia rivolta alla reale necessità di salvaguardare questo lembo di prezioso ecosistema umido da manomissioni ulteriori.

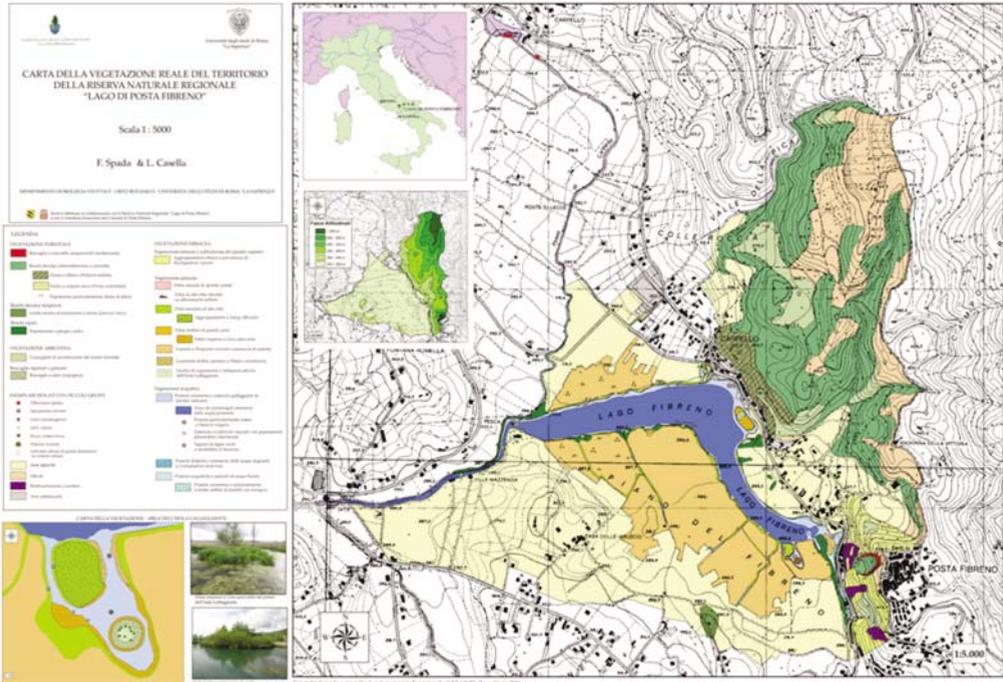


Figura 18 - Immagine della Carta della Vegetazione del comprensorio della Riserva Regionale, elaborata e redatta dagli scriventi con finanziamento dell'Ente Gestore. La carta è corredata con la relativa memoria illustrativa.

Ringraziamenti

Si coglie l'occasione per ringraziare sentitamente l'Ente Gestore della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno e la Regione Lazio - Assessorato all'Ambiente, per il supporto logistico e finanziario offerto, che ha consentito sia la realizzazione del convegno che l'esplorazione e il completamento degli studi botanici negli anni precedenti.

Bibliografia di Riferimento

- AA.VV., 1996. Ambienti di particolare interesse naturalistico del Lazio, Reg. Lazio, Dip. Biol. Veg. Univ. "La Sapienza", Roma.
- Angelini M., Lenzi M., 1985. Relazione sul sopralluogo e sulle analisi dei campioni effettuati in data 30 Aprile 1985. Indagine ecologica finalizzata alla determinazione del livello trofico delle acque del Lago Fibreno. Comune di Posta Fibreno (Delibera Commissariale n. 67 del 28 Marzo 1985). Rapporto interno.
- Buchwald R., 1992. Il *Veronico-apietum submersi*, una nuova associazione dell'Italia centrale. Documents phytosociologiques . Ns , 14. Camerino
- Carbone A. 1965. Vicalvi, Posta Fibreno, il Fibreno. Tipografia dell' Abbazia di Casamari.
- Casella L., 2003. Rapporti causali tra la vegetazione e il sistema sorgentizio della Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno". Tesi di Laurea. Università La Sapienza di Roma. Anno Accademico 2001-2002.
- Cortini Pedrotti C., 1992 . Check list of the mosses of italy . Fl. Med. 2: 119/221,
- Den Hartog G. e Segal S. 1964. A new classification of the water plant communities. Acta Bot. Neerl., 13 367-393
- Montelucci G. 1976. Lineamenti della vegetazione del Lazio. Annali di Botanica. 35

- Montelucci, G., 1979 (1976). Aspetti botanici del lago della Posta - Fibreno (Lazio). Boll. Soc. Ital. Biog.
- Pignatti S., 1982. Flora d'Italia. 3 voll. Edagricole. Bologna.
- Spada F., Casella L., 2004. Carta della vegetazione della Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno" e relativa Memoria Illustrativa.
- Tassi, F., 1979. Lago di Posta-Fibreno. In "AA.VV. Censimento dei biotopi di rilevante interesse vegetazionale meritevoli di conservazione in Italia". S.B.I. Gruppo di Lavoro per La Conservazione della Natura. Vol li: 391-392.

ECOLOGIA E STRATEGIE DI CONSERVAZIONE DI *BIDENS CERNUA* L., STATUS CR PER IL LAZIO

L. GRATANI*, M.F. CRESCENTE, L. VARONE, A. BONITO, G. FABRINI & M. MARCOCCIA

Riassunto

E' stata analizzata l'efficienza di crescita di *Bidens cernua* L., specie rara nel Lazio e inclusa nelle Liste Rosse regionali della Flora Italiana (*status* CR). Le ricerche sono state condotte *in situ* (Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno) e su individui coltivati presso l'Orto Botanico di Roma. I risultati hanno messo in evidenza l'influenza della temperatura sulla lunghezza delle fenofasi, con una riduzione significativa del periodo di attività vegetativa negli individui coltivati *ex situ*, in risposta alla temperatura. Il ciclo fenologico si completa in 205 ± 3 giorni e la massima altezza viene raggiunta rispettivamente dopo 131 ± 3 e 96 ± 2 giorni dall'inizio della germinazione rispettivamente *in situ* ed *ex situ*. La riduzione del periodo di attività vegetativa per le piante coltivate *ex situ* determina una riduzione dell'altezza finale, con implicazioni sulla loro capacità produttiva. I tassi fotosintetici (P_N , $13.8 \pm 0.8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ed i valori del contenuto in clorofilla (Chl, 33.1 ± 1.8 unità SPAD) più elevati sono stati monitorati durante il periodo di attività vegetativa (Maggio-Agosto); un decremento del 50% è stato registrato durante il periodo di fioritura (Agosto-Settembre) e all'inizio del periodo di fruttificazione (Settembre-Novembre). La fase di senescenza (Ottobre-Novembre) è stata caratterizzata da decrementi del 79%, 58% e 18% rispettivamente della fotosintesi, del contenuto in clorofilla e della superficie fogliare (LA). Alla fine del periodo di crescita la biomassa totale per individuo (TPB) è risultata di 1.58 ± 0.05 g, di cui l'81% rappresentata dalla porzione epigea. Il tasso relativo medio di crescita in biomassa (RGR_{tot}) è risultato di $0.0804 \pm 0.0002 \text{ g g}^{-1} \text{ giorno}^{-1}$ ed il tasso medio relativo di crescita in altezza di $0.063 \pm 0.001 \text{ cm cm}^{-1} \text{ giorno}^{-1}$.

Parole Chiave: *Bidens cernua* L., Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno, fenologia, analisi della crescita, scambi gassosi, contenuto in clorofilla.

Introduzione

La produttività di una specie vegetale dipende dall'efficienza di utilizzazione delle risorse disponibili e dalla capacità di adattamento alla variazione dei fattori ambientali (de Jong, 2005; Baquedano & Castillo, 2007; Gratani *et al.*, 2008); una maggiore adattabilità migliora la crescita e la riproduzione, in particolare in tutti gli ambienti caratterizzati da un'elevata variabilità spaziale e temporale delle risorse (Crescente *et al.*, 2002; Gratani & Varone, 2004; Baquedano & Castillo, 2007). La crescita è il risultato della capacità di accumulo della biomassa, in risposta alla disponibilità delle risorse ambientali (McKenna & Shipley, 1999; Galmés *et al.* 2005) e nelle specie erbacee le foglie costituiscono il 97% della biomassa totale (Groeneveld, 1998). Di conseguenza la superficie fogliare totale e la fotosintesi netta sono parametri importanti nella valutazione dell'efficienza di crescita (Gratani & Varone, 2004). Il tasso relativo di crescita (RGR) è un indice della capacità produttiva, poiché misura il tasso proporzionale di crescita per unità di tempo (Montgomery, 2004; Jach & Ceulemans, 2006).

Le specie caratterizzate da un alto tasso di crescita predominano negli ambienti ricchi di nutrienti (Almeida-Cortez *et al.*, 1999), in particolare le specie annuali hanno elevati valori di RGR ed investono una elevata porzione di fotosintesi nella produzione dei semi, strategia che fornisce un vantaggio in ambienti sia favorevoli che disturbati (Salisbury, 1942; Harper, 1961; Grime & Hunt, 1975). Un alto RGR durante i mesi di massima potenzialità produttiva contribuisce a determinare una elevata copertura fogliare (Greulich & Bornette, 2003) e facilita il rapido completamento del ciclo vitale (Poorter & Remkes, 1990).

In tale ottica, il presente lavoro rientra in uno studio più ampio, che stiamo conducendo da alcuni anni sullo stato di conservazione di specie *wild* rare o a rischio di estinzione nella regione Lazio. In questa occasione vengono presentati i risultati relativi allo studio sull'efficienza di

* Dipartimento di Biologia Vegetale, "Sapienza" Università di Roma, P.le Aldo Moro 5, 00185 Roma, email: loretta.gratani@uniroma1.it

crescita di *Bidens cernua* L., specie nitrofila, distribuita in Europa, Asia e Nord America (Almeida - Cortez, 1999; Brändel, 2004; Wisskirchen, 2006), segnalata in Italia nelle regioni del centro-nord e inclusa nelle Liste Rosse regionali della Flora Italiana per il Lazio (*status* CR) (Conti *et al.*, 1997) e per la quale sono in corso di elaborazione i risultati relativi alla reintroduzione. I risultati delle ricerche potranno fornire indicazioni sulla soglia di tolleranza della specie rare o a rischio di estinzione ai fattori di stress e sulle strategie di conservazione, finalizzate anche ad eventuali operazioni di reintroduzione e/o rafforzamento delle popolazioni nei siti di origine perturbati. I tratti chiave individuati potranno essere utilizzati per il monitoraggio.

Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto *in situ* (Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno, 41° 42' N, 13° 41' E; 290 m s.l.m. nell'area "Pantano Papiro") ed *ex situ*, su individui coltivati presso l'Orto Botanico di Roma (41° 53' N, 12° 28' E; 53 m s.l.m.).

In situ sono stati condotti rilievi fenologici mentre *ex situ*, oltre all'analisi fenologica, sono stati effettuati lo studio fisiologico e l'analisi della crescita.

La Riserva (codice IT6050015, SIC e ZPS) è situata alla base ovest del Parco Nazionale d'Abruzzo, nel territorio della provincia di Frosinone. Il lago, originato da un sistema di sorgenti disposte su un fronte di circa un chilometro, conserva inalterate le caratteristiche ambientali e floristico-vegetazionali.

B. cernua è localizzata in alcuni punti costieri del lago, su suoli torbosi poco evoluti, caratterizzati da un pH acido e frequentemente inondati, a causa delle variazioni del livello dell'acqua.

Nel corso del 2006 il clima di Posta Fibreno è stato caratterizzato da una temperatura media annua di 14.7°C, da una temperatura media minima del mese più freddo (Gennaio) di 2.5°C, da una media massima del mese più caldo (Luglio) di 30.9°C e da una piovosità totale annua di 1072 mm (dati forniti dall'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio e relativi alla Stazione Meteorologica di Arpino, Frosinone).

Il clima di Roma, nel corso del periodo di studio, è stato caratterizzato da una temperatura media annua di 16.5 °C e da una piovosità totale di 480 mm; le temperature più basse si sono registrate nel mese di Gennaio (3.2 °C) e quelle più elevate (30.8 °C) nel periodo Luglio-Agosto (dati forniti dalla Stazione Meteorologica del Collegio Romano).

• Raccolta e Coltivazione

Nel mese di Novembre 2005 sono stati raccolti semi maturi di *B. cernua* da individui appartenenti alla popolazione naturale presente a Posta Fibreno. I semi sono stati trasportati presso l'Orto Botanico di Roma, sottoposti a stratificazione in camera fredda, in accordo a Brändel (2004), e successivamente fatti germinare in serra non riscaldata.

Le semine sono state mantenute costantemente umide, ponendo i vasi in contenitori di plastica alti 4 cm e colmi d'acqua. Successivamente i vasi, contenenti le plantule, sono stati collocati in vasche di 1 m di diametro e 0.30 m di profondità, riempite con acqua, posti all'aperto e sollevati dal fondo per porre i bordi superiori allo stesso livello della superficie dell'acqua nelle vasche (Baskin *et al.*, 1999).

• Analisi Fenologica

Le osservazioni fenologiche sono state condotte, a cadenza settimanale, nel periodo Maggio - Dicembre 2006, su 30 individui rappresentativi ed hanno riguardato: il periodo di emergenza delle plantule, la fase di attività vegetativa, la fase di fioritura, la fruttificazione e la senescenza.

• Analisi della Crescita

I parametri analizzati includono: l'altezza della pianta (h, cm); la superficie fogliare media (LA, cm²); il peso secco della porzione epigea ed ipogea per individuo (TPB, g).

H è stata misurata periodicamente durante il periodo di attività vegetativa ed il tasso relativo di crescita in altezza (RGR_H , $\text{cm cm}^{-1} \text{giorno}^{-1}$) è stato calcolato, in accordo a Bazzaz & Harper (1977) e a Crescente *et al.* (2002).

LA è stata misurata periodicamente durante il periodo di espansione fogliare, mediante il sistema *Image Analysis System (Delta-T Devices, UK)*; in particolare, in occasione di ogni campionamento, sono state utilizzate le foglie poste nella porzione media del fusto di cinque piante. La superficie fogliare totale per pianta (TLA, cm^2) è stata calcolata moltiplicando il numero totale di foglie per la superficie fogliare media.

Alla fine del periodo di attività vegetativa, sono state utilizzate 10 piante per la determinazione del peso secco della porzione epigea e di quella ipogea, ottenuto dopo permanenza in stufa ad 80°C fino al raggiungimento del peso costante. Il tasso relativo medio di crescita in peso secco (RGR_{tot} , $\text{g g}^{-1} \text{giorno}^{-1}$) è stato calcolato in accordo a Galmés *et al.* (2005).

- **Scambi Gassosi e contenuto in Clorofilla Totale**

La misura degli scambi gassosi è stata condotta dagli inizi di Maggio alla fine di Ottobre. La fotosintesi netta (P_N , $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), la conduttanza stomatica (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e la radiazione fotosinteticamente attiva (PAR, $\mu\text{mol fotoni m}^{-2} \text{s}^{-1}$) sono state misurate mediante un analizzatore di gas all'infrarosso (*ADC LCA4, UK*), munito di una camera fogliare (*PLC, ADC, UK*).

Le misure sono state effettuate con condizioni di cielo sereno ($\text{PAR} > 1000 \mu\text{mol fotoni m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fra le 9.30 e le 12.30, allo scopo di monitorare i tassi massimi giornalieri di fotosintesi, in accordo a Reich *et al.* (1995). In ogni occasione di campionamento sono state utilizzate foglie a massima espansione di cinque individui (tre foglie per ogni individuo).

Il contenuto in clorofilla (Chl, unità SPAD) è stato misurato settimanalmente mediante lo *SPAD-502 meter Minolta, J* su foglie a massima espansione di cinque piante (tre foglie per pianta), in accordo a Sadras *et al.* (2000).

- **Analisi Statistica**

Le differenze nelle variabili considerate sono state determinate mediante l'analisi della varianza (ANOVA), utilizzando il software *Statistica (Statsoft, USA)*. L'analisi di regressione è stata utilizzata per esaminare le correlazioni fra temperatura media dell'aria (T_{med}) e H, fra T_{med} e P_N , fra Chl e P_N e fra P_N e g_s .

Risultati:

- **Ciclo Fenologico in situ**

Il ciclo fenologico degli individui presenti a Posta Fibreno è iniziato nella prima decade di Maggio, con la comparsa delle plantule, quando la temperatura media minima dell'aria si era stabilizzata su 10.1°C . L'attività vegetativa è continuata fino alla metà di Settembre e si è svolta in un intervallo di temperature medie comprese fra 17.6 e 27.4°C . La fioritura è iniziata alla fine di Agosto ed è terminata in Ottobre, seguita dalla fase di fruttificazione; i semi maturi sono stati osservati a Novembre. La fase di senescenza è iniziata alla fine del mese di Ottobre e a metà Dicembre le piante si presentavano completamente secche. La lunghezza del ciclo fenologico, dalla comparsa delle plantule alla fine della fruttificazione è risultata di 207 ± 3 giorni.

- **Ciclo fenologico ex situ**

L'inizio dell'attività vegetativa per gli individui coltivati presso l'Orto Botanico di Roma è stato registrato i primi giorni di Maggio, quando la temperatura media minima dell'aria si era stabilizzata intorno a 12.5°C . L'allungamento del fusto e la produzione delle foglie sono stati osservati fino agli inizi di Agosto, con temperature medie comprese fra 19.3 e 27.9°C . La fioritura è iniziata i primi giorni di Agosto, seguita dalla fruttificazione, che si è protratta fino alla metà di Novembre; i semi maturi sono stati osservati alla fine di Ottobre. La fase di senescenza è iniziata nei primi giorni di Ottobre e all'inizio di Dicembre la pianta si presentava completamente secca.

La lunghezza del ciclo fenologico, dall'inizio dell'attività vegetativa alla fine della fruttificazione è risultata di 202 ± 2 giorni.

• **Analisi della crescita**

L'altezza massima degli individui (47.7 ± 1.8 e 45.3 ± 2.0 cm rispettivamente *in situ* ed *ex situ*) nelle due località è stata raggiunta 131 ± 3 e 96 ± 2 giorni dopo l'inizio dell'attività vegetativa (Fig. 19).

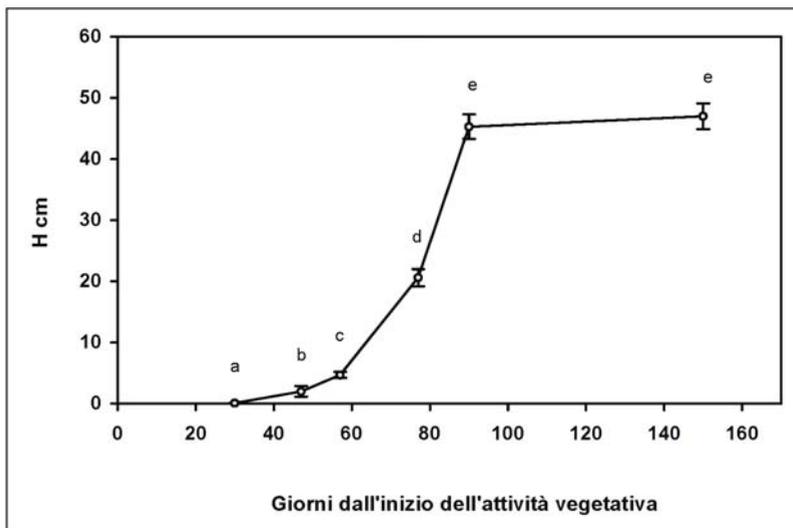


Figura 19 - Andamento dell'altezza (H) degli individui coltivati *ex situ* nel corso del ciclo fenologico.

Esiste una correlazione positiva ($p < 0.01$) fra la temperatura media e l'altezza della pianta (Tab. 1).

Tabella 1 - Analisi di regressione fra la temperatura media dell'aria (Tmed) e l'altezza degli individui (H), la temperatura media dell'aria e la fotosintesi netta (P_N), il contenuto in clorofilla (Chl) e la fotosintesi netta, la fotosintesi netta e la conduttanza stomatica (g_s).

VARIABILI	EQUAZIONE	R	p
Tmed - H	$y = -0.5994x^2 + 29.489x - 332.35$	0.58	< 0.01
Tmed - P_N	$y = 0.1226x^2 - 4.6635x + 48.633$	0.81	< 0.01
Chl - P_N	$y = 1.7958x + 7.7248$	0.92	< 0.001
$P_N - g_s$	$y = 67.171x + 1.8531$	0.85	< 0.01

Il valore medio di RGR_H durante il periodo di attività vegetativa è risultato di 0.063 ± 0.001 cm cm^{-1} giorno $^{-1}$.

Il processo di espansione fogliare è iniziato a metà Maggio e la massima superficie (8.4 ± 1.1 cm 2) è stata raggiunta dopo 15 giorni (Fig. 20). Alla fine del periodo di attività vegetativa la superficie fogliare totale per pianta è risultata di 277 ± 13 cm 2 . Durante la fase di senescenza la superficie fogliare è diminuita del 18% rispetto al massimo.

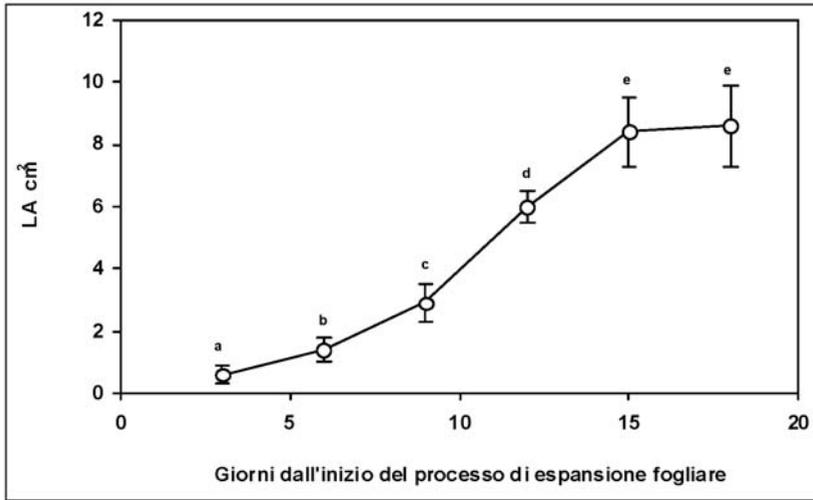


Figura 20 - Andamento della superficie fogliare (LA) degli individui coltivati ex situ durante il periodo di espansione fogliare.

TPB è risultata di 1.58 ± 0.05 g ed il rapporto peso secco epigeo/peso secco ipogeo di 4.3. RGR_{tot} è risultato di 0.0804 ± 0.0002 g g⁻¹ giorno.

- **Scambi gassosi e contenuto in clorofilla totale**

I valori più elevati di P_N (13.8 ± 0.8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) sono stati misurati in Luglio (Fig. 21), 75 giorni dopo l'emergenza delle plantule, con temperature comprese fra 23.4 e 27.8 °C. Agli inizi di Agosto, 96 giorni dopo l'emergenza delle plantule, con una temperatura media massima di 29.8 °C, si è osservato un decremento della fotosintesi del 43%, seguito da una ulteriore diminuzione (61%) dopo 136 giorni (temperatura media dell'aria 20.3 °C).

La conduttanza stomatica (g_s) ha mostrato lo stesso andamento di P_N (Fig. 21), con un massimo (0.16 ± 0.05 mol H₂O m⁻² s⁻¹) in Luglio e un decremento (73%) in Agosto.

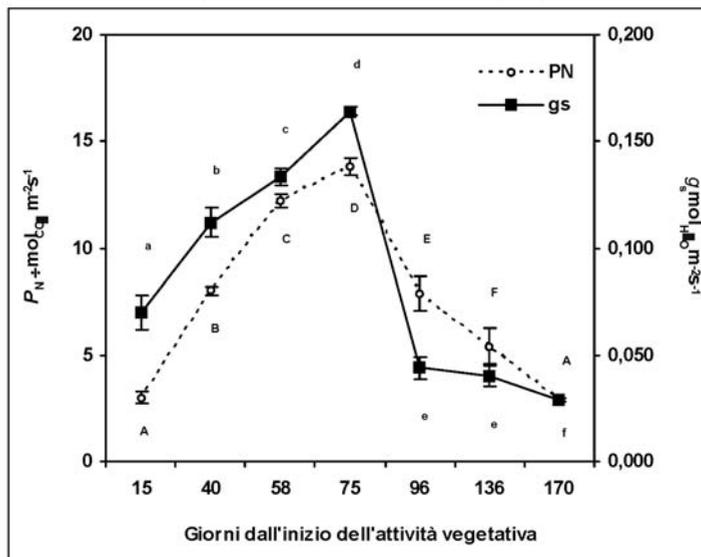


Figura 21 - Andamento della fotosintesi netta (PN) e della conduttanza stomatica (g_s) nel corso del ciclo fenologico degli individui coltivati ex situ.

I valori più elevati di Chl (33.1 ± 1.8 unità SPAD) sono stati misurati in Luglio (Fig. 22), mentre un significativo ($p < 0.05$) decremento è stato osservato in Agosto (16%), durante la fase riproduttiva. I valori più bassi di Chl (13.8 ± 1.0 unità SPAD) sono stati osservati in Ottobre, all'inizio della fase di senescenza.

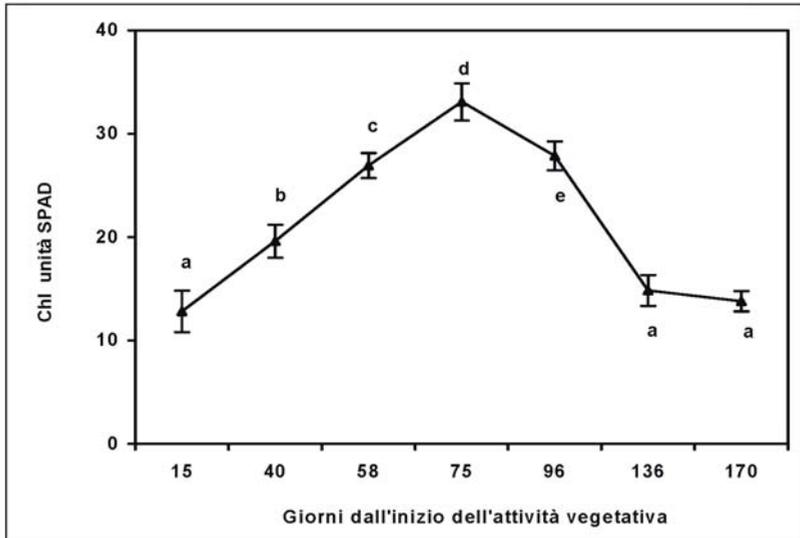


Figura 22 - Andamento del contenuto in clorofilla (Chl) nel corso del ciclo fenologico degli individui coltivati ex situ.

Sono state evidenziate correlazioni significative fra P_N e T_{med} ($p < 0.01$), fra Chl and P_N ($p < 0.001$) e tra P_N e g_s ($p < 0.01$) (Tab. 1).

Discussione

La maggior parte delle previsioni che riguardano i cambiamenti globali include un'alterazione dei parametri climatici, con variazioni dell'intensità e delle interazioni degli stress ambientali sulle specie vegetali (Gratani *et al.*, 2000; Gratani & Varone, 2004) e ripercussioni sulla struttura, sulla competizione inter e intraspecifica e sulla capacità produttiva e riproduttiva (Guliás *et al.*, 2002). Nei climi temperati la capacità produttiva è fortemente limitata dalla lunghezza della stagione di crescita (Kikuzawa, 1995; Seiwa, 1999) e la temperatura è uno dei fattori maggiormente incidenti (Gratani & Crescente, 1997; Fenner, 1998; Crescente *et al.*, 2002; Parmesan, 2007), poiché influenza i tassi di fotosintesi (Gratani *et al.*, 2008). In tale ottica l'analisi della capacità di crescita di specie rare o minacciate consente di valutare la loro soglia di tolleranza alle perturbazioni, al fine di attuare strategie di conservazione mirate. La conservazione della biodiversità in generale e delle specie rare o minacciate in particolare, è infatti uno degli obiettivi prioritari della Comunità Scientifica Europea, in accordo con le raccomandazioni della Convenzione sulla Biodiversità (CBD), dell'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) e dell'Important Plant Areas (IPA), per l'identificazione delle aree geograficamente più importanti per il mantenimento della biodiversità.

Fenner (1998) sottolinea che il periodo e la durata dell'attività fenologica è determinante per la fitness della specie e Westoby *et al.* (2002) e Seiwa *et al.* (2006) evidenziano che la fenologia fogliare è finalizzata a massimizzare l'assimilazione del carbonio. I risultati del presente studio hanno messo in evidenza l'efficienza di crescita di *B. cernua*. L'inizio dell'attività vegetativa è strettamente legato allo stabilizzarsi della temperatura, e si verifica nei primi giorni di Maggio, quando la temperatura media minima si stabilizza su valori $\geq 10.1 \pm 0.3$ °C. Gli elevati valori di RGR_H (0.199 ± 0.001 cm cm⁻¹ giorno⁻¹) nelle prime fasi di sviluppo, consentono il raggiungimento della massima biomassa prima che le temperature siano limitanti, in accordo a Fenner (1998) per specie che si sviluppano in ambienti con disponibilità di risorse. L'espansione della superficie fogliare dura in media 15 giorni e l'attività vegetativa si completa quando la

temperatura media massima si stabilizza su 29.4 ± 0.3 °C, con il raggiungimento della superficie fogliare totale (277 ± 13 cm²) agli inizi di Agosto.

Le specie caratterizzate da una efficiente capacità di crescita posseggono strutture capaci di utilizzare al meglio le risorse disponibili, come ad esempio una elevata superficie fogliare per unità di massa fogliare ed una elevata capacità fotosintetica (Cornelissen *et al.*, 1998); le specie ad elevata competitività mostrano un picco dell'attività vegetativa nella stagione favorevole (Grime, 1979; Greulich & Bornette, 2003). La strategia adattativa di *B. cernua* è messa in evidenza dall'elevato investimento in superficie fogliare, che favorisce una elevata capacità di acquisizione delle risorse, con tassi di fotosintesi e contenuto in clorofilla elevati durante il periodo favorevole (13.8 ± 0.8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e 33.1 ± 1.8 unità SPAD) e la ripartizione della maggior parte dei fotosintati nella porzione epigea (81% del totale).

Per quanto riguarda l'attività riproduttiva, la fioritura inizia quando la pianta raggiunge la taglia massima e mostra un picco a fine estate - inizio autunno, con tassi fotosintetici ridotti del 50% rispetto al massimo. La senescenza inizia i primi di Ottobre, documentata da una riduzione rispettivamente del 79%, 58% e 18% rispettivamente della fotosintesi, del contenuto in clorofilla e della superficie fogliare.

I risultati evidenziano inoltre l'influenza della temperatura sulla lunghezza del ciclo fenologico di *B. cernua*, che si svolge in 205 ± 3 . Una temperatura media più elevata a Roma rispetto a Posta Fibreno anticipa di un mese la fine dell'attività vegetativa, determinando una riduzione del 5% nella taglia degli individui coltivati.

La taglia e la capacità di crescita sono determinanti per la sopravvivenza e la riproduzione delle specie nel loro ambiente di crescita (Montgomery, 2004; Jach & Ceulemans, 2006); considerando che il cambiamento climatico in atto implica un aumento della temperatura e che il suo effetto è particolarmente significativo nelle aree caratterizzate da marcata stagionalità (Kramer *et al.*, 2000), è importante approfondire le conoscenze sulla capacità di risposta delle specie a rischio alla variazione dei fattori ambientali, poiché una riduzione critica dell'accumulo di biomassa può incidere negativamente anche sulla capacità riproduttiva, compromettendone la presenza nell'areale. Si evidenzia quindi come la conoscenza della capacità potenziale di crescita delle specie *wild* e la loro efficienza nell'uso delle risorse costituiscano la base della conservazione delle popolazioni naturali di specie a rischio, sostenuta dalla conservazione *ex situ* finalizzata anche a progetti di reintroduzione negli ambienti perturbati.

Bibliografia di Riferimento

- Almeida-Cortez J.S., Shipley B. & Arnason J.T., 1999. Do plant species with high relative growth rates have poorer chemical defences? *Funct. Ecol.* 13: 819-827.
- Baquedano F.J. & Castillo F.J., 2007. Drought tolerance in the Mediterranean species *Quercus coccifera*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, and *Juniperus phoenicea*. *Photosynthetica* 45: 229-238.
- Baskin C.C., Baskin J.M. & Chester E.W., 1999. Seed germination ecology of the annual grass *Leptochloa panicea* ssp. *mucronata* and comparison with *L. panicoides* and *L. fusca*. *Acta Oecol.* 20: 571-577.
- Bazzaz F.A. & Harper J.L., 1977. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. *New Phytol.* 78: 193-208.
- Brändel M., 2004. The role of temperature in the regulation of dormancy and germination of two related summer-annual mudflat species. *Aquat. Bot.* 79: 15-32.
- Conti F., Manzi A. & Pedrotti F., 1997. Liste Rosse Regionali delle Piante d'Italia. TIPAR, Roma.
- Cornelissen J.H.C., Castro-Díez P. & Carnelli A.L., 1998. Variation in relative growth rate among woody species. In: Lambers, H., Poorter, H. & Van Vuuren, M.M.I. (ed.): *Inherent Variation in Plant Growth. Physiological Mechanism and Ecological Consequences*. Pp. 363-392. Backhuys Publishers, Leiden.

- Crescente M.F., Gratani L. & Larcher W., 2002. Shoot growth efficiency and production of *Quercus ilex* L. in different climates. *Flora* 197: 2-9.
- de Jong G., 2005. Evolution of phenotypic plasticity: patterns of plasticity and the emergence of ecotypes. *New Phytol.* 166: 101-118.
- Fenner M., 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspect. Plant Ecol. Evol. S.* 1: 78-91.
- Galmés J., Cifre J., Medrano H. & Flexas J., 2005. Modulation of relative growth rate and its components by water stress in Mediterranean species with different growth forms. *Oecologia* 145: 21-31.
- Gratani L. & Crescente, M.F., 1997. Phenology and leaf adaptive strategies of Mediterranean maquis plants. *Ecol. Mediterr.* 23: 11-19, 1997.
- Gratani L. & Varone L., 2004. Adaptive photosynthetic strategies of the Mediterranean maquis species according to their origin. *Photosynthetica*, 42: 551-558.
- Gratani L., Pesoli P., Crescente M.F., Aichner K. & Larcher W., 2000. Photosynthesis as a temperature indicator in *Quercus ilex* L. *Glob. Planetary Chang.* 24: 153-163.
- Gratani L., Fabrini G., Crescente M.F., Varone L., Bonito A. & Marcoccia M., 2008. Efficienza di crescita di *Bidens cernua* L. *Fitosociologia* 44 (in stampa).
- Greulich S. & Bornette G., 2003. Being evergreen in an aquatic habitat with attenuated seasonal contrast - a major competitive advantage? *Plant Ecol.* 167: 9-18.
- Grime J.L., 1979. *Plant Strategies and Regeneration Processes.* John Wiley & Sons, Chichester.
- Grime J.P. & Hunt R., 1975. Relative growth rate: its range and adaptive significance in a local flora. *J. Ecol.* 63: 393-422.
- Groeneveld, H.W., 1998. Measuring the RGR of individual grass plant. *Ann. Bot.* 82: 803-808.
- Gulías, J., Flexas, J., Abadía, A. & Medrano, H., 2002. Photosynthetic responses to water deficit in six Mediterranean sclerophyll species: possible factors explaining the declining distribution of *Rhamnus ludovici-salvatoris*, an endemic Balearic species. *Tree Physiol.* 22: 687-697.
- Harper J.L., 1961. Approaches to the study of plant competition. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 15: 1-39.
- Jach M.E. & Ceulemans R., 2006. Effects of elevated atmospheric CO₂ on phenology, growth and crown structure of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings after two years of exposure in the field. *Tree Physiol.* 19: 289-300.
- Kikuzawa K., 1995. The basis for variation in leaf longevity of plants. *Vegetatio* 121: 89-100.
- Kramer K., Leinonen I. & Loustau D., 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. *Int. J. Biometeorol.* 44: 67-75.
- McKenna M.F. & Shipley B., 1999. Interacting determinants of interspecific relative growth: empirical patterns and a theoretical explanation. *Ecoscience* 6: 286-296.
- Montgomery R., 2004. Relative importance of photosynthetic physiology and biomass allocation for tree seedling growth across a broad light gradient. *Tree Physiol.* 24: 155-167.
- Parmesan C., 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change. Biol.* 13: 1860-1872, 2007.
- Poorter H. & Remkes C., 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia* 83: 553-559.
- Reich, P.B., Kloeppel, B.D., Ellsworth, D.S. & Walters, M.B., 1995. Different photosynthesis-nitrogen relations in deciduous hardwood and evergreen coniferous tree species. *Oecologia* 104: 24-30.

- Sadras V.O., Echarte L. & Andrade F.H., 2000. Profiles of leaf senescence during reproductive growth of sunflower and maize. *Ann. Bot.* 85: 187-195.
- Salisbury E.J., 1942. *The Reproductive Capacity of Plants*. Bell, London.
- Seiwa K., 1999. Changes in leaf phenology are dependent on tree height in *Acer mono*, a deciduous broad-leaved tree. *Ann. Bot.* 83: 355-361.
- Seiwa, K., Kikuzawa, K., Kadowaki, T., Akasaka, S. & Ueno, N, 2006. Shoot life span in relation to successional status in deciduous broad-leaved tree species in a temperate forest. *New Phytol.* 169: 537-548.
- Westoby M., Falster D.S., Moles A.T., Vesk P.A. & Wight I.J., 2002. Plant ecology strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33: 125-159.
- Wisskirchen R., 2006. An experimental study on the growth and flowering of riparian pioneer plants under long - and short-day conditions. *Flora* 201: 3-23.

LA FAUNA BENTONICA ASSOCIATA ALLA VEGETAZIONE SOMMERSA DEL LAGO DI POSTA FIBRENO (LAZIO)

L. MASTRANTUONO* & V. DI VITO

Introduzione

L'importanza ecologica degli ecosistemi d'acqua dolce ha assunto grande importanza a causa del loro progressivo deterioramento dovuto a varie attività antropiche, fra le maggiori lo sviluppo delle pratiche agricole e l'inarrestabile urbanizzazione e industrializzazione, cui, in anni recenti, si è aggiunta l'influenza negativa dei cambiamenti climatici globali. Processi di eutrofizzazione, acidificazione, modificazioni morfologiche e variazioni di livello rappresentano dunque i più significativi processi di compromissione delle risorse d'acqua dolce. Questi fenomeni diventano così una delle cause primarie di inevitabile perdita di biodiversità. Le specie vegetali sono le prime ad accusare questi cambiamenti e, poiché la vegetazione acquatica gioca un ruolo chiave in questi ecosistemi, il deterioramento del substrato vegetale conduce con sé l'inesorabile dissesto della componente animale ad esso associata. Poiché la composizione e la ricchezza specifica degli invertebrati dipende dall'estensione dell'area colonizzata dalle macrofite sommerse (Vestergaard e Sand-Jensen, 2000) la biomassa, la composizione specifica e la stagionalità della vegetazione acquatica sono determinanti per il grado di biodiversità degli invertebrati. E' quindi sempre più importante, anche alla luce delle nuove direttive comunitarie (*Water Framework Directive*, CEC, 2000), continuare a sviluppare progetti di monitoraggio della qualità delle acque lacustri e fluviali per il perseguimento di un'azione di controllo e salvaguardia di questi ecosistemi.

E' in questa tematica che si inquadra lo studio che ha riguardato la comunità ad invertebrati associata alla vegetazione acquatica del lago di Posta Fibreno (Lazio). L'interesse dell'indagine si fonda sia sul fatto che si tratta del primo studio analitico qualitativo che quantitativo sugli invertebrati micro-macro-bentonici associati a questo substrato, sia sull'interesse naturalistico di questo ambiente, situato in una riserva regionale (Regione Lazio, 1983), e che rappresenta un importante esempio di sistema lotico-lentico, vale a dire composto sia di acque correnti che stagnanti. Esso infatti si origina come lago di sorgente del fiume Fibreno da un cospicuo sistema di sorgenti di notevole portata, si estende in un vasto canneto percorso da numerosi canali e comprende l'unico esempio di isola galleggiante del sud Europa.

Lo studio della fauna associata alle vegetazione acquatica riveste un peculiare rilievo per il ruolo fondamentale di questo substrato nel preservare la salute degli ecosistemi acquatici. Le piante infatti costituiscono la base produttiva di un lago e un'importante fonte diretta di ossigeno nell'acqua, forniscono inoltre l'habitat e il rifugio per molte specie animali e costituiscono il cibo per invertebrati e vertebrati erbivori che sono a loro volta cibo per i livelli più alti della catena trofica (James *et al.*, 2000). Per tutte queste caratteristiche le piante acquatiche rappresentano il substrato che ospita il maggior numero di specie nell'ambito delle diverse comunità lacustri. Appare dunque di basilare importanza l'acquisizione del maggior numero di conoscenze possibili sulla biodiversità delle biocenosi animali associate a questo substrato.

Oltre alla finalità di ottenere una conoscenza analitica della fauna del lago di Posta Fibreno, questo studio si inserisce in un contesto di ricerche più ampio che ha interessato, a partire dagli anni '80, vari laghi del Lazio, come Nemi, Albano, Bracciano, Vico, Martignano e Monterosi (Mastrantuono, 1986, 1990, 1991, 1993, 1995; Mastrantuono e Mancinelli, 1999, 2003, 2005) con lo scopo di acquisire una conoscenza approfondita della fauna e su questa base di identificare parametri strutturali (bioindicatori e bioindici) utili ad ottenere una valutazione della qualità ambientale di questi ecosistemi. Per quanto riguarda il lago di Posta Fibreno, l'interesse maggiore è stato quello di poter studiare un sistema lotico-lentico con un metodo che finora ha interessato ambienti esclusivamente lentic, al fine di poter verificare quanto l'applicazione dei

* Dipartimento di Biologia Animale e Dell'Uomo, Università "La Sapienza" di Roma, Viale dell'Università 32, 00185, Roma, Italia. email: luciana.mastrantuono@uniroma1.it; Valentina Di Vito: valedivito@libero.it

parametri comunitari finora testati per questi laghi siano validi, appropriati e funzionali a definire lo stato di qualità anche in questo ecosistema acquatico "a carattere duplice".

Area di Studio, Materiali e Metodi

Il lago di Posta Fibreno è situato nel territorio della Valle del Comino, parte della quale si trova nel versante laziale del Parco Nazionale d'Abruzzo (Regione Lazio). Il lago è in continuità con il sistema lotico Fosso di Carpello-Fiume Fibreno. Quest'ultimo costituisce l'unico emissario, che dopo un percorso di 12 km sfocia nel sistema idrografico Liri-Garigliano. Per quanto riguarda la portata media del fiume Fibreno, i dati disponibili (Carbone, 1965) riportano un valore di 10,9 mc/sec.

Il lago è situato a 286,5m s.l.m., ha una superficie di circa 27 ha, perimetro di 4850 m, lunghezza di circa 1800 m, larghezza di 100-300 m. Nella gran parte del lago la profondità è compresa tra 2 e 2,5 m, mentre la profondità massima (15m) si trova in località Fosso le Codigliane. A riguardo Carbone (1965) riportava per questa località una profondità di 25m. La discrepanza di questi dati è da attribuire al parziale interrimento avvenuto per cause antropiche, poiché negli ultimi 20-25 anni questo punto del lago è stato usato come discarica di materiali edilizi e pietrame. Il bacino presenta una morfologia stretta ed allungata con una caratteristica forma a "L". Lungo le sponde laterali del lago si dipartono numerosi canali, che si estendono in una vasta zona paludosa dominata da canneto a *Phragmites australis*, che in alcuni tratti si inoltra anche per 300-400m. (Figura a seguire sotto). Di grande interesse naturalistico è l'isola galleggiante, che ha un diametro di circa 30m e si trova all'interno di una porzione di lago avente assetto circolare che comunica con il lago principale attraverso un breve canale bordato di canneto. Questa zona ha una profondità di 12m, acque pressochè stagnanti e il fondale è scarsamente visibile a causa del facile intorbidimento delle acque dovuto alla presenza di radici e resti vegetali in decomposizione.

I prelievi per l'indagine biologica sono stati effettuati in 6 stazioni di campionamento (Figura esplicativa) dislocate in modo da esaminare le diverse zone lacustri: sorgenti (stazioni 1 e 2), isola galleggiante (stazione 3), tratto mediano (stazione 4), canale (stazione 5), fiume (stazione 6).

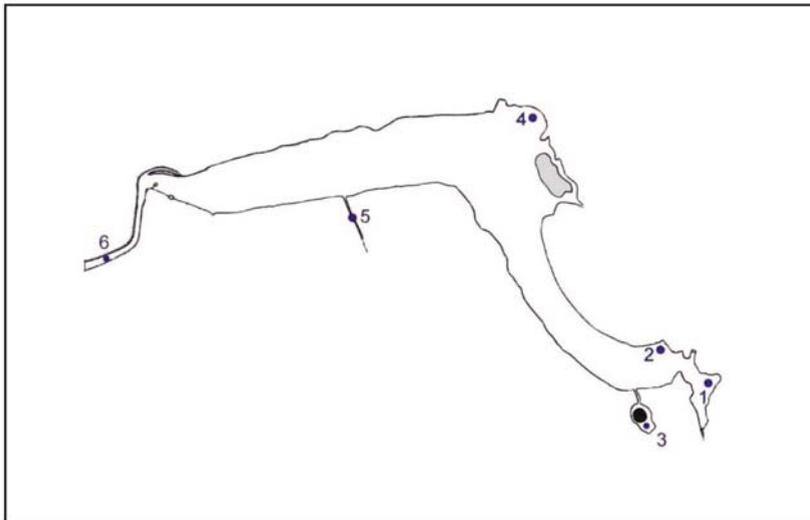


Figura esplicativa - Cartina del lago di Posta Fibreno e posizione delle stazioni di raccolta per la fauna ad invertebrati associati alla vegetazione acquatica.

I campionamenti sono stati effettuati da febbraio del 2004 a novembre 2004, con cadenza bimestrale. Per i prelievi, raccolti in due fasce di profondità (0-4m in tutte le stazioni, 0-4m e 8-15m nelle stazioni 3 e 4) è stata utilizzata una draga a trascinamento (imboccatura: 35cm x

20cm, apertura delle maglie della rete di filtraggio: 180 μ m) trainata mediante una sagola metrata con l'ausilio di un natante.

L'operazione di dragaggio è stata effettuata trascinando la draga per circa 15-20m su transetti paralleli alla linea di costa, facendo compiere alla draga un percorso sinusoidale fra 0 e 4m o fra 8 e 15m, in modo da coprire l'intervallo prescelto. Il materiale raccolto, una volta portato in laboratorio, è stato fissato in formalina al 10%, successivamente si è proceduto al lavaggio del campione per separare le macrofite, identificate poi fin dove possibile, a livello specifico. Il materiale faunistico è stato smistato usando apposite vaschette bianche. Gli organismi macrobentonici sono stati tutti smistati a vista, quelli meiobentonici su appositi subcampioni, esaminati ad uno stereomicroscopio a basso ingrandimento. Tutti gli individui isolati sono stati conteggiati e identificati al massimo livello tassonomico possibile (per lo più a livello specifico) previo montaggio su vetrini, ove necessario.

Per analizzare la struttura della comunità è stato utilizzato l'indice di diversità di Shannon (Margalef, 1957).

I valori di trasparenza sono stati misurati mediante il disco di Secchi. Per quanto riguarda il rilevamento della temperatura e dei dati chimici, ci siamo avvalsi della preziosa collaborazione del dott. Emiliano Agrillo che ha poi effettuato anche le misurazioni nel laboratorio del Prof. P. Bono (Dip. Di Scienze della Terra, Univ. "La Sapienza" di Roma).

Caratteristiche Fisico-Chimiche del Lago

In generale, per le acque interne lacustri, gli aspetti fisico-chimici di maggior rilievo sono quelli relativi alla temperatura, all'ossigeno disciolto, alla trasparenza, ai composti del fosforo e dell'azoto, all'alcalinità e al pH.

Per quanto riguarda sia l'azoto che il fosforo, essi sono tra i più importanti componenti della materia vivente. Poiché la loro concentrazione negli organismi e nelle loro spoglie è molto più grande rispetto a quella presente nel mondo inorganico, spesso sono considerati fattori limitanti. Il ruolo trofico svolto dai sali nutritivi comporta che la quantità presente in acqua ne determina il grado di produttività, essendo utilizzati da alghe e piante acquatiche nei processi fotosintetici per la produzione di materia organica, che sarà fonte di cibo per i successivi livelli della catena trofica. L'alterazione e soprattutto l'eccessiva immissione di questi composti nelle acque ne altera la trofia portandola a livelli elevati, tali da determinare pesanti squilibri fra le varie componenti biotiche dell'ecosistema. Esistono vari sistemi per valutare lo stato trofico di un lago e fra questi l'osservazione di parametri quali la trasparenza, la clorofilla "a" e il fosforo totale sono fra i più significativi. Su questi parametri si basano alcune delle classificazioni più accreditate: quella americana dell'EPA (Environmental Protection Agency, 1974) e quella dell'OECD (Organization for Economic Cooperation and Development, 1982).

La trasparenza del lago di Posta Fibreno è stata misurata nelle due stazioni (3 e 4) dove si registrano le massime profondità. I valori sono risultati piuttosto elevati, maggiori nella stazione 4 (range: 10m-15m, valore medio annuo: 12,3m) e minori nella stazione 3 (range: 4,8m-12m, valore medio annuo: 9m). Sulla base di questi dati il lago potrebbe essere classificato come ultraoligotrofo secondo la classificazione OECD e oligotrofo secondo la classificazione EPA.

L'esame riguardante la tabella di alcuni dati fisico-chimici significativi (Tab. 2) mostra come la temperatura rimane costante durante tutto l'anno attorno al valore pressoché costante di 10-11°C e l'ossigeno disciolto presenta ovunque valori elevati e andamento pressoché uniforme. Ciò è da attribuire al flusso costante di acqua fresca e ossigenata proveniente dalle sorgenti. La durezza delle acque è cospicua con elevati valori di calcio e bicarbonato dovuti alla natura litologica dell'imbrifero, dunque il pH è moderatamente basico. Un dato molto significativo è l'alto contenuto di ortofosfati nell'acqua (PO_4^{3-} compreso tra 82-148 μ g/l) che suggerisce un elevato livello trofico delle acque. Poiché le classificazioni EPA ed OECD si basano in realtà sulla misura del fosforo totale (calcolato come media sulla colonna d'acqua) non si può effettuare una comparazione di tipo diretto, ma trarre da quel dato soltanto una indicazione di massima.

Tabella 2 - Lago di Posta Fibreno, 2004, valori medi annui di alcuni parametri fisico-chimici misurati nelle stazioni di campionamento (Agrillo E., dati inediti).

Stazioni	PH	T	O ₂	Durezza	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
		°C	mg/l	(°F)	mg/l	µg/l
1	7,06	10,2	10,1	37	2,4	107
2	7,07	10,4	10,5	40	2,5	117
3	7,14	10,4	10,6	35	2,2	82
4	7,1	10,5	11,4	41	1,7	127
5	7,28	11,3	11,5	37	1,8	148
6	7,16	10,5	12,4	40	2,1	90

T: temperatura a 0,5 m di profondità; CE: conducibilità elettrica;

Da questi risultati si deduce come ci sia una totale diversità di valutazione fra quanto risulta dalla trasparenza (valutazione di ultra-oligotrofia) e quanto ci indicano gli ortofosfati (notevole grado trofico) e ciò testimonia come in questo tipo di lago la trasparenza assuma rilievo limitato come elemento diagnostico in quanto il carattere lotico del sistema e il continuo apporto di acqua di sorgente rappresentano fattori determinanti a mantenere elevata la trasparenza. La valutazione derivante dal contenuto di ortofosfati va d'altro canto attentamente vagliata in quanto il parametro non rappresenta la misura richiesta dalle classificazioni internazionali e inoltre valori così inaspettatamente elevati potrebbero rappresentare un fenomeno eccezionale e transitorio, che per essere indagato a fondo richiederebbe ulteriori e necessarie campagne di monitoraggio.

Un elemento utile da segnalare è la presenza sui fondi del solfobatterio *Thiopedia rosea*, che ha coperto larghe porzioni del lago nel periodo primaverile-estivo, risultando più esteso nei pressi della stazione 4 in località Fosso le Codigliane. Si tratta di un batterio anaerobio che può colonizzare i sedimenti lacustri anossici e che per questo è ritenuto indicatore di condizioni di elevata trofia e comunque di cattiva qualità ambientale.

Discussione e Conclusioni

Fino a qualche decennio fa si dava poca rilevanza agli aspetti biologici di un ecosistema lacustre nelle pratiche di monitoraggio della qualità ambientale, affidata prevalentemente alla misura di parametri fisico-chimici, di più rapida e semplice acquisizione. La sempre maggiore attenzione e sensibilità sviluppatasi progressivamente verso la conservazione delle acque dolci ha contribuito ad incanalare il monitoraggio di questi ambienti verso un'ottica che sempre di più sfrutta parametri metodologici di tipo biotico, senza comunque prescindere da quelli di tipo abiotico. Solo così si ottiene un quadro completo ed esaustivo nella definizione di qualità di un ambiente.

L'analisi sintetica dei dati raccolti nel corso di questa indagine ha evidenziato che nei campioni raccolti nel lago di Posta Fibreno sono stati rinvenuti un totale di 10 taxa complessivi di piante acquatiche (Tab. 3).

Tabella 3 - Lago di Posta Fibreno 2004, distribuzione della vegetazione acquatica rinvenuta nei campioni alle sei stazioni di raccolta: *=presente.

Stazioni	st.1	st.2	st.3	st.3	st.4	st.4	st.5	st.6
	0-4m	0-4m	0-4m	12m	0-4m	15m	0-4m	0-4m
<i>Chara</i> sp.				*		*		
<i>Riccia fluitans</i>							*	
<i>Potamogeton</i> cfr. <i>nodosus</i>								*
<i>Lemna</i> sp.					*		*	
<i>Sparganium erectum</i>								*
<i>Callitriche</i> sp.	*	*	*		*		*	*
<i>Hippuris vulgaris</i>	*	*	*		*		*	
<i>Berula erecta</i> (?)	*	*			*			
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	*	*	*		*			*
<i>Mentha aquatica</i>		*	*				*	
	10	4	5	4	1	5	1	5
								4

Sono stati trovati sia taxa tipici di acque stagnanti quali *Lemna* e *Riccia fluitans*, che piante tipiche di acque sorgive e ben ossigenate quali *Berula erecta* e *Callitriche*, e specie floristiche rare ed importanti come *Hippuris vulgaris*, caratteristiche di acque fredde, correnti e ben ossigenate, tipiche degli ambienti fluviali. La stazione 6 (Fiume Fibreno) è quella che si differenzia maggiormente dalle altre, essendo caratterizzata da dominanza di *Potamogeton* cfr *nodosus* e da specie tipiche di ambienti fluviali quali *Sparganium erectum*. Riguardo al genere *Potamogeton*, bisogna ricordare che un lavoro svolto a Posta Fibreno nei primi anni '80 (Montelucci, 1979), riporta la presenza di Potamogetonacee in tutta la superficie del lago. Pare infatti che il *Potamogeton* coprisse la maggior parte del substrato di fondo, mentre nel corso dell'attuale studio questa macrofita è stata rinvenuta esclusivamente nel Fiume Fibreno. La quasi totalità del fondo nella parte centrale del lago è risultata completamente priva di qualsiasi vegetazione, una circostanza che avvalorava ulteriormente la presenza di un sedimento fine, ricco di sostanza organica e quindi con fenomeni stagionali di anossia, che impediscono uno stabile insediamento della vegetazione acquatica. Ulteriori informazioni, fornite dalla Dott.ssa Casella (Casella e Spada, dati inediti), che ha svolto la sua tesi sulla flora dell'area lacustre, confermano il dato relativo ad una consistente riduzione delle macrofite sommerse del lago in questi ultimi anni.

Grazie agli elevati valori di trasparenza che caratterizzano il lago di Posta Fibreno, la vegetazione è stata rinvenuta fino alla massima profondità nelle stazioni 3 e 4), dove è composta esclusivamente da Charales, rinvenute però in quantità ridottissime. Nella stazione 3 queste macroalghe sono state rinvenute costantemente per tutto l'anno in basse quantità, mentre nella stazione 4, dove sono presenti in maniera estremamente rada e discontinua, scompaiono completamente nei mesi estivi. La presenza di Charales, alghe verdi tipiche di ambienti a bassa trofia (Pereyra-Ramos, 1981; Van den Berg *et al.*, 1997) costituirebbe un segnale positivo se raggiungessero una cospicua abbondanza, ma la loro bassissima presenza, prossima alla totale scomparsa, segnala invece un sedimento completamente inadatto all'accrescimento di queste sensibili alghe.

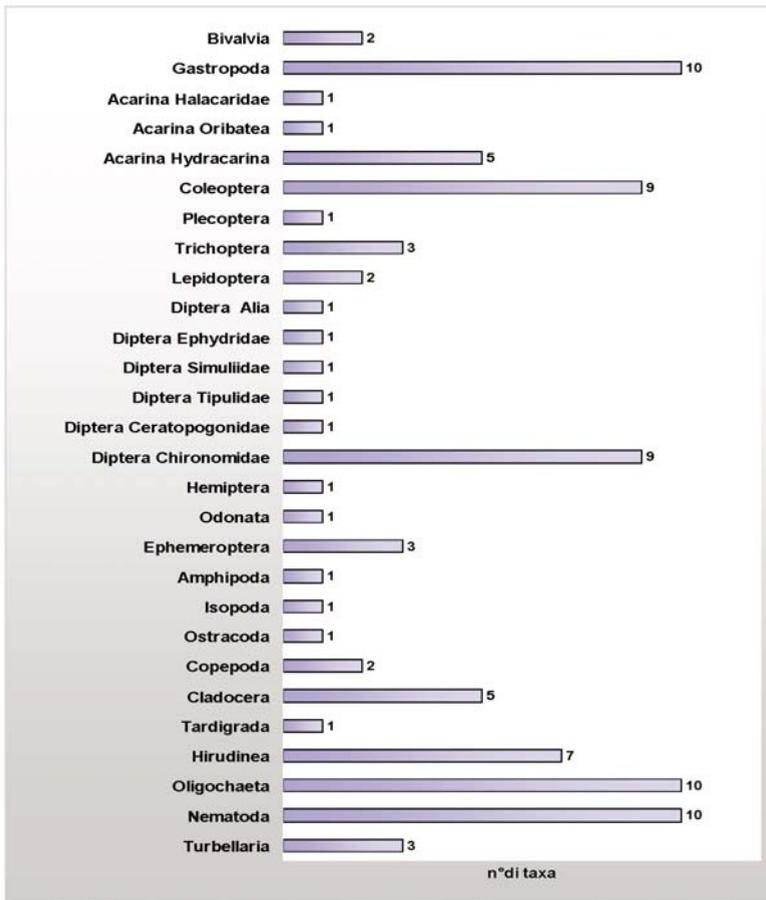


Figura 23 - Gruppi faunistici rinvenuti nel substrato a vegetazione acquatica del lago di Posta Fibreno nel 2004.

L'analisi degli invertebrati (Fig. 23) ha messo in evidenza la presenza di 28 gruppi faunistici (entità tassonomiche a partire dal livello di famiglia in su), una composizione che può essere definita piuttosto ricca, se paragonata a quella che caratterizza i laghi di tipo lentico dell'Italia centrale, dove sono stati rinvenuti solitamente un massimo di 20 gruppi zoologici. Il numero piuttosto elevato di gruppi rinvenuti nel lago di Posta Fibreno è dovuto alla presenza di una fauna composta, che comprende sia gruppi tipicamente presenti nei laghi lentici (Turbellari, Oligocheti, Nematodi, Chironomidi e Crostacei) che altri tipici delle acque lotiche (Irudinei, e soprattutto varie famiglie di Insetti appartenenti a Coleotteri, Plecotteri e a Ditteri Efidridi, Tipulidi e Simulidi).

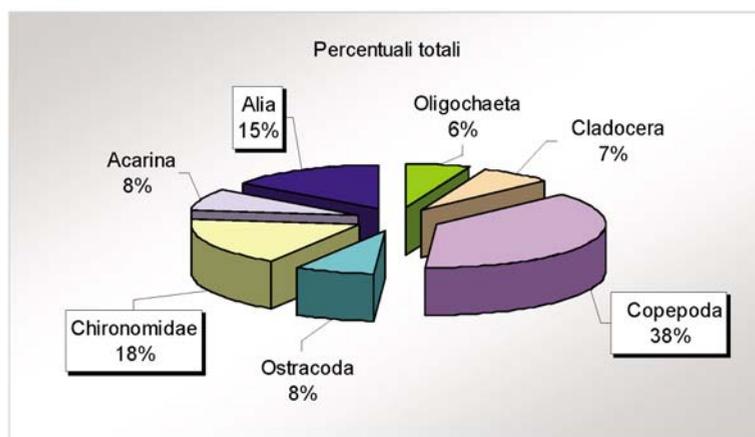
L'analisi a livello specifico della fauna ha permesso l'identificazione di 94 taxa, in massima parte generi o specie, che può essere considerato un numero cospicuo, ma comparativamente non così elevato, in quanto taluni gruppi dominanti e caratterizzanti le comunità litorali lacustri (Nematodi, Oligocheti, Chironomidi, Cladoceri) hanno mostrato una moderata diversificazione (vedi confronto fra laghi finora studiati, Tab. 4) correlata al carattere lotico del sistema, che è meno favorevole per una numerosa serie di specie ad essi appartenenti. La modesta diversificazione di questi gruppi è però compensata dal cospicuo numero di taxa appartenenti ad altri gruppi (Alia in Tab. 4), che comprendono svariati invertebrati tipici di acque lotiche (soprattutto Irudinei e Insetti).

Tabella 4 - Lago di Posta Fibreno, 2004-2005: numero di taxa identificati nei laghi dell'Italia centrale finora investigati.

	Bracciano	Martignano	Vico	Monterosi	Albano	Nemi	P. Fibreno
Nematoda	14	12	8	8	11	2	10
Oligochaeta	18	15	17	12	10	14	10
Cladocera	13	16	12	9	5	4	5
D. Chironomidae	22	25	23	7	11	11	9
Alia	58	49	48	47	41	30	60
Totale	125	117	108	83	78	61	94

La distribuzione dei taxa alle due profondità ha dimostrato con chiarezza la grande riduzione della ricchezza specifica alla fascia di profondità maggiore (da 92 a 0-4 m a 36 a 8-15 m), dove numerosi gruppi sono assenti e in molti dei rimanenti si sono osservate notevoli riduzioni nel numero di taxa identificati. Questo depauperamento va letto come la diretta conseguenza della riduzione estrema del substrato vegetale in profondità ed, in accordo con questa tendenza, suggerisce l'esistenza di un alto livello trofico sul fondale lacustre.

La composizione quantitativa della fauna totale ha mostrato di essere piuttosto equilibrata nelle sue componenti (Fig. 24).

**Figura 24** - Lago di Posta Fibreno, 2004: Composizione percentuale totale della fauna ad Invertebrati.

Come per i laghi di tipo lentico i microcrostacei (Copepodi e Cladoceri) rappresentano la parte più cospicua, ma con una ridotta presenza di Cladoceri, più tipici di acque lentiche. A questi microcrostacei si associano in modo proporzionato gruppi detritivori (Chironomidi, Ostracodi, Acari) e limivori (Oligocheti), supportati da una consistente presenza di numerosi altri gruppi faunistici (riuniti come Alia, 15%), fra cui vari gruppi di Insetti tipici di ambiente lotico (Coleotteri, Plecotteri, Ditteri Efidridi, Tipulidi e Simulidi). Per quanto riguarda le differenze quantitative fra fasce di profondità, parallelamente alla riduzione delle entità sistematiche presenti, è stata trovata alle maggiori profondità una forte riduzione del numero di individui (numero medio annuo di individui conteggiati a 0-4m pari a 61946 contro i 4321 riscontrati a 8-15m), da correlare alla scarsità di vegetazione, caratterizzata dalla sola presenza delle Characeae.

Con l'intento di ottenere una chiave di lettura sintetica ed immediata dei dati ai fini di una valutazione di stato ecologico del sistema, sono stati utilizzati alcuni indici biotici,

comunemente usati anche per lo studio di ambienti lentici (in particolare il numero medio annuo di invertebrati, la ricchezza specifica e la diversità di Shannon). L'andamento di questi parametri alle singole stazioni (Tab. 5) mette in risalto che la prima stazione (1) infatti, per il minor numero di organismi presenti e la bassa ricchezza specifica e diversità biotica va ritenuta quella con grado trofico minore, prossimo alla oligotrofia, fenomeno sostenuto con buona probabilità dal consistente flusso di acqua di sorgente, quindi più povera di materiali nutritizi; la stazione 2, caratterizzata da un maggior numero di individui e una maggiore ricchezza specifica e diversità, mostra una tendenza alla oligo-mesotrofia, come pure la stazione 3, dove si osserva un ulteriore aumento sia della ricchezza specifica che della diversità. Le rimanenti tre stazioni (4, 5 e 6) evidenziano invece un incremento più deciso del grado trofico, particolarmente accentuato nella stazione 4, che ha mostrato i primi segnali di eutrofizzazione, desumibili dal più elevato numero di individui accompagnato dalla minore ricchezza specifica e da una diversità biotica medio-bassa.

Tabella 5 - Lago di Posta Fibreno, 2004: quadro sintetico dei principali parametri faunistici utilizzati per valutare lo stato ecologico nelle sei stazioni; fauna totale: valore medio annuo degli individui conteggiati/numero di stazioni/numero di metri in profondità colonizzati da vegetazione; H: indice di Shannon

Stazioni	1	2	3	4	5	6	3	4
Fascia a vegetazione (m)	0-4m	0-4m	0-4m	0-4m	0-4m	0-4m	8-15m	8-15m
Fauna totale	6910	9668	7122	14104	12882	11261	2045	2275
Ricchezza specifica	34	42	45	30	60	44	39	25
Diversità biotica (H)	2,7	2,8	3,2	3	3,8	3,3	3	2
valutazione trofica	o	om	om	me	m	m	o	o

o: oligotrofia; m: mesotrofia; om: oligo-mesotrofia; me: meso-eutrofia.

In sintesi l'andamento della trofia denota come il gradiente trofico "zona delle sorgenti-fiume Fibreno" segua la velocità di flusso dell'acqua, molto accentuata alle risorgive e quindi con forte effetto "rimozione" dei nutrienti, più lenta nella parte centrale del lago, in cui il bacino si allarga e si verifica un fenomeno di maggiore permanenza dei nutrienti e di deposito di materiale nutritizio di origine sia vegetale che animale proveniente anche dai canali che percorrono l'esteso canneto, nuovamente più elevata nel fiume Fibreno, a determinare ancora una certa sottrazione di materiale trofico nel tratto fluviale. La valutazione di oligo-mesotrofia, emersa dalla disamina della struttura faunistica del Lago di Posta Fibreno trova inoltre un valido riscontro nell'esame comparativo con altri laghi studiati e mostra come molti dei parametri globali del lago di Posta Fibreno appaiono molto vicini a quelli dell'oligo-mesotrofo Lago di Vico (Mastrantuono, 1993). Queste osservazioni avvalorano anche la tesi che, nonostante il lago di Posta Fibreno sia un ecosistema lotico-lentico di bassa profondità media, esiste la concreta possibilità di addivenire ad una diagnosi ambientale servendosi di alcuni parametri analoghi a quelli utilizzati per i laghi lentic, e quindi ad una validità ad ampio spettro dei parametri stessi.

Malgrado gli aspetti positivi rivelati dalla comunità animale, va sottolineato però che numerosi segnali indicano un processo di eutrofizzazione in atto e fra questi: a) l'elevato contenuto di ortofosfati nel lago; b) una scarsissima e sporadica presenza delle macroalghe Charales nelle zone profonde, accompagnata da una notevole diminuzione qualitativa e quantitativa degli invertebrati; c) una conclamata rarefazione della colonizzazione vegetale in gran parte del basso fondale lacustre; d) un'estesa presenza sui fondali, nel periodo primaverile-estivo, del solfobatterio *Thiopedia rosea*, indicatore di condizioni meso-eutrofe.

Possiamo dunque ritenere che ci troviamo di fronte ad un processo di deterioramento che comincia a interessare i sedimenti e quindi la vegetazione e che potrebbe in tempi brevi interessare più marcatamente la fauna, che beneficia ancora sia di una sufficiente presenza vegetazionale, anche se ridotta rispetto al passato, sia dell'effetto "diluizione-rimozione" di una quota di nutrienti derivante dalle caratteristiche idrodinamiche del bacino. Va altresì rimarcata l'importanza della vasta zona a canneto come fonte di biodiversità nel lago e va ritenuta fondamentale la sua corretta gestione e salvaguardia. Alla luce di tutto quanto emerso da questa

indagine appare evidente l'importanza di un ripetuto e frequente biomonitoraggio di questo ecosistema d'acqua dolce, così peculiare ed interessante, che richiede grande attenzione per un programma di recupero mirato e attento, e di una responsabile salvaguardia allo scopo di evitare futuri e più impegnativi interventi di risanamento.

Ringraziamenti

Esprimiamo il nostro più sentito ringraziamento: al personale della Riserva Naturale "Lago di Posta Fibreno" per la preziosa collaborazione logistica offerta nella campagna di campionamenti sul lago; al dott. Emiliano Agrillo per il fondamentale aiuto nei prelievi sul campo e per aver messo a disposizione le analisi fisico-chimiche; al Prof. Paolo Bono del Dipartimento di Scienze della Terra (Università "La Sapienza" di Roma) per aver messo a disposizione il suo laboratorio di analisi chimiche; alla Dott.ssa Laura Casella per aver fornito un valido supporto all'identificazione delle specie vegetali.

La ricerca è stata svolta con fondi (quota 60%) del Ministero dell'Università e della Ricerca.

Bibliografia di Riferimento

- Carbone A., 1965. *Vicalvi, Posta Fibreno, il Fibreno*. Tipografia dell'Abbazia di Casamari, (Fr), 554 pp.
- CEC, 2000. Council of European Communities. Directive 2000/60 EC of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the water policy. *Official Journal of the European Communities*, L327/1.
- E.P.A. (U.S. Environmental protection Agency), 1974. an approach to a relative trophic index system for classifying lakes and reservoirs. *Working Paper*, 24, Corvallis.
- James M. R., Hawes and Weatherhead M., 2000. Removal of settled sediments and periphyton from macrophytes by grazing invertebrates in the littoral zone of a large oligotrophic lake. *Freshwat. Biol.* 44: 311-326.
- Margalef R., 1957. La teoria de la information en ecologia. *Mem. Real Acad. Ciencias y artes de Barcelona*, 32:373-449.
- Mastrantuono, L., 1986. Community structure of the zoobenthos associated with submerged macrophytes in the eutrophic Lake Nemi (Central Italy). *Boll. Zool.*, 53: 41-47.
- Mastrantuono L., 1990. Composition and distribution of the zoobenthos associated with subemerged macrophytes in lake Albano (Italy) and enviromental quality in the littoral. *Riv. Idrobiol.*, 29:709-727.
- Mastrantuono L., 1991. Zoobenthos associated with subemerged macrophytes in littoral areas of lake Vico (Italy): some relations between fauna structure and water quality. *Limnetica*, 7: 153-162.
- Mastrantuono L., 1993. Zoobenthos associated with subemerged macrophytes and evaluation of trophic status in lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25: 780-783.
- Mastrantuono L., 1995. Composition and structure of the invertebrate fauna in littoral sandy shores of Lake Bracciano (central Italy) and water quality monitoring. *Limnetica*, 11 (2): 17-27.
- Mastrantuono, L., Mancinelli, T., 1999. Long-term changes of zoobenthic fauna and submerged vegetation in the shallow Lake Monterosi (Italy). *Limnologica*, 29: 160-167.
- Mastrantuono, L., Mancinelli, T., 2003. Meio-macro-benthic invertebrates associated with submerged vegetation in a *Chara*-Lake (Lake Martignano, Italy). *Atti Ass. Ital. Oceanol. Limnol.*, 16: 187-201.
- Mastrantuono L., Mancinelli T. 2005. Littoral invertebrates associated with aquatic plants and bioassessment of ecological status in lake Bracciano (central Italy). *J. Limnol.*, 64 (1): 43-53.

- Montelucci G., 1979. Aspetti botanici del lago di Posta-Fibreno (Lazio). Lavori della Società Italiana di Biogeografia. Volume VI-1976 pag. 263-278 (tema: Il popolamento delle acque interne italiane).
- O.E.C.D. (Organization for Economic Cooperation and Development), 1982. Eutrophication of waters, Monitoring, assessment and control. O.E.C.D., Parigi.
- Pereyra-Ramos E., 1981. The ecological role of Characeae in the lake littoral. *Ecol. Pol.*, 29: 167-209.
- Regione Lazio, 1983. Istituzione della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno. L.R. 29.1.1983, n° 10. *Boll. Uff. Regione Lazio*, 14 (6), 292-305.
- Vestergaard O., Sand-Jensen K., 2000. Aquatic macrophytes richness in Danish lakes in relation to alkalinity, transparency, and lake area. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 2022-2031.
- Van den Berg M.S., Coops H., Noordhuis R., Van Schie J., Simons J., 1997. Macroinvertebrate communities in relation to submerged vegetation in two *Chara* dominated lakes. *Hydrobiologia*, 342/343: 143-150.

GLI ODONATI DEL LAGO DI POSTA FIBRENO (FROSINONE, ITALIA CENTRALE)

E. AVELLINESE* & C. UTZERI°

Introduzione

Il Lago di Posta Fibreno (Frosinone, Lazio meridionale), a sud-ovest dei Monti Marsicani, è inserito nella Riserva Naturale Regionale omonima, costituita nel 1983 intorno al lago per rendere compatibile con lo sviluppo economico dell'area su cui insiste (circa 400 ha) la gestione di importanti comunità animali e vegetali legate all'ambiente del lago. La Riserva, in particolare, tutela due popolazioni ittiche di grande interesse conservazionistico: una, residuale, di *Salmo macrostigma* e quella endemica di *Salmo fibreni*, riconosciuta come specie distinta da Zerunian e Gandolfi (1990), nonché il rarissimo e probabilmente endemico tricottero *Apatania volsorum* (cfr. Moretti, Cianficconi & Papagno, 1988).

Il lago copre una superficie di quasi 29 ha e rappresenta l'ambiente più importante dell'area protetta. Posto a 286 m s.l.m., ha forma allungata, è alimentato da un insieme di sorgenti carsiche, riceve il fiume Carpello e dà origine al fiume Fibreno (figura esplicativa). Quindi, piuttosto che un tipico lago, è una sorta di lago-fiume, caratterizzato per tutto l'invaso da una corrente di velocità variabile, impercettibile solo in pochi tratti delle sponde, e da una temperatura prossima a 10 °C durante tutto l'anno (Angelini e Lenzi, 1985).

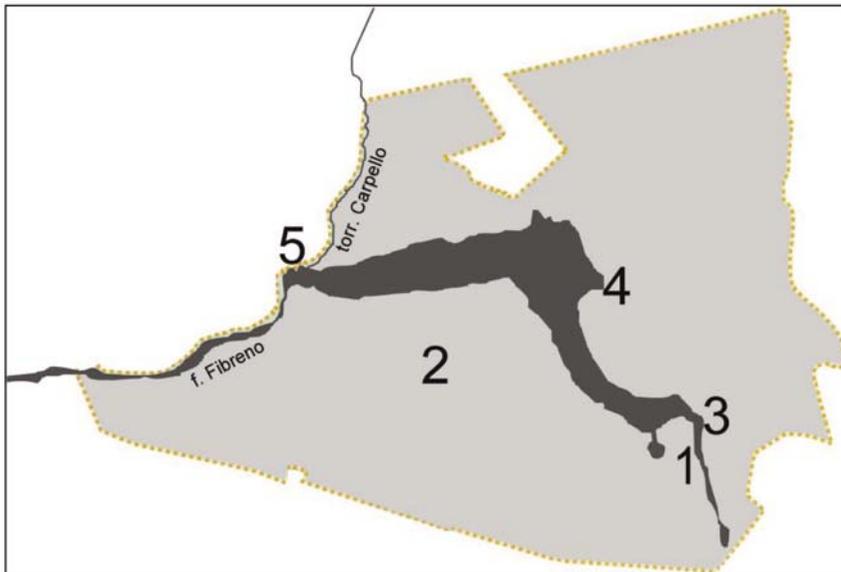


Figura esplicativa- Mappa della R.N.R. Lago di Posta Fibreno (il lago è rappresentato in grigio scuro) con le stazioni di campionamento: 1 = Sentiero Puzzilla; 2 = Colle Jaruscio; 3 = Laboratorio Ittico; 4 = Fontana Carbone; 5 = Torrente Carpello.

E' da sottolineare, alla luce delle attuali conoscenze delle libellule del Lazio, che ad oggi nessuna segnalazione di Odonati esisteva per quest'area e che in letteratura si trovano solo pochissimi riferimenti ad aree limitrofe (Consiglio, 1953, genericamente per il fiume Fibreno; Crucitti & Consiglio, 1983, per Sora; Osella et al., 1997, per la Valle Peligna). Per questo motivo, per la peculiarità idro-geologica ed ecologica del lago di Posta Fibreno e per la sua condizione di area soggetta a conservazione ecologica, abbiamo ritenuto utile svolgere una indagine sul suo popolamento a Odonati.

* Via S. Paolo, 18 - 03030 Castelliri (Frosinone); email: elios-gea@libero.it

° Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università "La Sapienza", email: carlo.utzeri@uniroma1.it

Metodi

La presente nota è basata su osservazioni e raccolte di libellule adulte effettuate da uno degli autori (E.A.) con cadenza quindicinale tra aprile 2004 e dicembre 2005, durante 17 visite al lago fra le 9 e le 17. Tutte le libellule qui riportate, tranne *A. parthenope*, sono state raccolte almeno la prima volta con retini entomologici, conservate in bustine e identificate in laboratorio tramite le chiavi di Conci e Nielsen (1956), Askew (1988) e D'Aguilar et al. (1990); talvolta la presenza di specie comuni e di identificazione più facile è stata registrata sulla base di osservazioni effettuate direttamente sul campo, in modo da limitare il prelievo di esemplari.

I campionamenti sono stati effettuati nelle seguenti stazioni (Figura 1), facilmente accessibili durante tutto l'anno e rappresentative sia degli ambienti lotici naturali che di quelli lenticici naturali e semiartificiali.

- **Stazione 1.** Sentiero Puzillo. Si tratta di un'area attraversata da un canale di alcune centinaia di metri che convoglia nel lago un rapido flusso d'acqua sorgiva, acquistando progressivamente profondità e larghezza; le sponde presentano vegetazione arborea e abbondanti cespugli; ai lati di questo canale sono presenti invasi e canali secondari di piccole dimensioni in cui l'acqua ristagna.
- **Stazione 2.** Colle Jaruscio. E' un'area coltivata percorsa da canali dal fondo fangoso che, slargandosi in alcuni punti, creano zone d'acqua stagnante di profondità e ampiezza variabili durante l'anno. La vegetazione lungo i canali, piuttosto fitta, è costituita per la maggior parte da canneti e salici.
- **Stazione 3.** Laboratorio ittico. E' il tratto di sponda del lago, lunga pochi metri, che separa il laboratorio ittico dalla sede amministrativa della Riserva (ex Mulino). La velocità dell'acqua è moderata.
- **Stazione 4.** Fontana Carbone. In questo sito la sponda del lago è ampia, invasa da vegetazione erbacea e facilmente percorribile e l'acqua vi scorre lentamente. Il fondo è ciottoloso e fangoso.
- **Stazione 5.** Torrente Carpello. E' il tratto del fiume omonimo compreso tra la sua confluenza con il lago e circa cento metri a monte. Le sponde sono alte e ricoperte da vegetazione erbacea e salici; l'acqua ha velocità modesta.

Il materiale esaminato, di cui appresso diamo un elenco analitico, è stato raccolto tutto da E.A. ed è conservato in parte nella sua collezione e in parte nel museo della Riserva. Per la distribuzione in Italia delle singole specie faremo riferimento a Utzeri e D'Antonio (2005) e cd-ROM allegato. I corotipi sono quelli proposti da VIGNA TAGLIANTI et al. (1992).

Materiale Esaminato

In totale abbiamo identificato 27 specie di Odonati (13 Zigotteri e 14 Anisotteri):

Calopteryx haemorrhoidalis (Van der Linden, 1825)

Corotipo W-Mediterraneo. In Italia è ampiamente diffusa, specialmente nelle regioni centrali e meridionali, incluso il Lazio. Nel lago si riproduce in tutte le stazioni.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 4 ♂♂, 8 ♀♀, 14.VI.04; 10 ♂♂, 7 ♀♀, 2.VII.04; 1 ♂, 1 ♀, 2.VII.04; 12 ♂♂, 8 ♀♀, 16.VII.04; 2 ♂♂, 2.VIII.04; 17 ♂♂, 12 ♀♀, 2.VIII.04; 7 ♂♂, 7 ♀♀, 18.VIII.04; 2 ♂♂, 3.IX.04; 2 ♂♂, 29.VI.05; 1 ♂, 7.IX.05. **Stazione 2:** 1 ♂, 16.VII.04; 5 ♂♂, 1 ♀, 3.IX.04; 1 ♀, 21.IX.04; 1 ♂, 7.IX.05. **Stazione 3:** 1 ♂, 2.VII.04, 1 ♀, 3.IX.04. **Stazione 5:** 1 ♂, 21.IX.04; 2 ♂♂, 7.IX.05.

Calopteryx virgo (Linneo, 1758)

Corotipo Asiatico-Europeo. Presente in quasi tutte le regioni italiane, incluso il Lazio, nel lago si trova insieme alla specie precedente, ma appare meno abbondante di quella.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♀, 14.VI.04; 7 ♀♀, 4 ♂♂, 2.VII.04; 4 ♀♀, 3 ♂♂, 16.VII.04; 17 ♀♀, 9 ♂♂, 2.VIII.04; 8 ♀♀, 5 ♂♂, 18.VIII.04. **Stazione 2:** 1 ♀, 2.VII.04. **Stazione 5:** 1 ♀, 2.VIII.04; 1 ♀, 18.X.04.

***Lestes virens* (Charpentier, 1825)**

Corotipo Europeo-Mediterraneo. Presente in quasi tutte le regioni italiane, incluso il Lazio, ma è molto rara nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♀, 2.VII.04; 1 ♀, 2.VIII.04.

***Chalcolestes viridis* (Van der Linden, 1825)**

Corotipo E-Mediterraneo. Presente in tutta Italia, tranne Val d'Aosta e Puglia, nel lago è stata osservata solo in periodo riproduttivo, da agosto a oltre la metà di ottobre.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 3.IX.04; 1 ♂, 5.IX.04; 2 ♂♂, 1 ♀, 18.X.04. **Stazione 2:** 1 ♂, 18.VIII.04; 2 ♂♂, 21.IX.04; 3 ♂♂, 1 ♀, 5.X.04; 1 ♂, 18.X.04. **Stazione 4:** 5 ♂♂, 1 ♀, 3.IX.04; 3 ♂♂, 21.IX.04. **Stazione 5:** 1 ♀, 5.X.04.

***Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771)**

Corotipo Asiatico-Europeo. Molto comune in tutta Italia, è assai rara all'interno del lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♀, 2.VII.04; 1 ♀, 16.V.05; **Stazione 5:** 2 ♂♂, 2 ♀♀, 16.V.2005.

***Ischnura elegans* (Van der Linden, 1820)**

Corotipo Asiatico-Europeo. Molto comune in tutta l'Italia peninsulare e nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♀, 1 ♂, 14.VI.04; 3 ♂♂, 1 ♀, 2.VII.04; 12 ♂♂, 4 ♀♀, 16.VII.04; 2 ♂♂, 2 ♀♀, 2.VIII.04; 6 ♂♂, 8 ♀♀, 18.VIII.04; 4 ♂♂, 4 ♀♀, 3.IX.04; 2 ♀♀, 1 ♂, 21.IX.04; 1 ♂, 5.X.04; 1 ♂, 6.VI.05; 2 ♂♂, 29.VI.05; 1 ♂, 7.IX.05. **Stazione 2:** 1 ♂, 26.IV.04; 3 ♀♀, 1 ♀, 1 ♂, 10.V.04; 2 ♀♀, 2 ♂♂, 31.V.04; 2 ♀♀, 14.VI.04; 2 ♂♂, 2.VII.04; 19 ♀♀, 16 ♂♂, 16.VII.04; 1 ♀, 2.VIII.04; 4 ♀♀, 3 ♂♂, 18.VIII.04; 2 ♂♂, 1 ♀, 3.IX.04; 2 ♂♂, 21.IX.04. **Stazione 3:** 1 ♀, 14.VI.04; 1 ♂, 1 ♀, 2.VII.04; **Stazione 4:** 1 ♂, 10.V.04; 1 ♀, 14.VI.04; 2 ♂♂, 2.VII.04; 3 ♂♂, 3 ♀♀, 16.VII.04; 1 ♂, 2.VIII.04. **Stazione 4:** 1 ♂, 1 ♀, 5.X.04; 4 ♀♀, 5 ♂♂, 29.VI.05. **Stazione 5:** 1 ♂, 31.V.04; 4 ♂♂, 4 ♀♀, 14.VI.04; 1 ♀, 10 ♂♂, 16.VII.04; 5 ♀♀, 1 ♂, 2.VIII.04; 2 ♂♂, 2 ♀♀, 18.VIII.04; 1 ♂, 21.IX.04; 3 ♂♂, 1 ♀, 29.VI.05; 5 ♂♂, 1 ♀, 7.IX.05.

***Ischnura pumilio* (Charpentier, 1825)**

Corotipo Centroasiatico-Europeo-Mediterraneo. Meno comune della precedente, è tuttavia relativamente comune in tutta l'Italia tranne la Val d'Aosta.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♀, 18.VIII.04. **Stazione 2:** 2 ♀♀, 2.VII.04; 2 ♂♂, 2.VIII.04; 1 ♀, 18.VIII.04; 1 ♂, 21.IX.04. **Stazione 5:** 1 ♂, 2.VIII.04.

***Coenagrion puella* (Linneo, 1758)**

Corotipo Europeo-Mediterraneo. Comune in tutta Italia e molto abbondante nel lago, sia in acqua ferma che debolmente corrente.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 3 ♂♂, 3 ♀♀, 10.V.04; 2 ♂♂, 2 ♀♀, 31.V.04; 1 ♂, 1 ♀, 14.VI.04; 5 ♂♂, 2.VII.04; 8 ♂♂, 16.VII.04; 18 ♂♂, 6 ♀♀, 2.VIII.04; 1 ♂, 16.V.05; 22 ♂♂, 2 ♂♂, 6.VI.05; 12 ♂♂, 2 ♀♀, 29.VI.05. **Stazione 2:** 1 ♂, 26.IV.04; 1 ♀, 1 ♂, 31.V.04; 1 ♂, 14.VI.04; 1 ♂, 2.VII.04; 6 ♂, 16.VII.04; 1 ♀, 2.VIII.04; **Stazione 3:** 1 ♂, 14.VI.04; 6 ♂♂, 1 ♀, 2.VII.04; **Stazione 4:** 2 ♂♂, 10.V.04; 2 ♂♂, 31.V.04; 7 ♂♂, 2.VII.04; 7 ♂♂, 16.VII.04; 1 ♀, 6 ♂♂, 2.VIII.04; 1 ♂, 18.VIII.04; 4 ♂♂, 16.V.05; 5 ♀♀, 29 ♂♂, 29.VI.05. **Stazione 5:** 2 ♂♂, 1 ♀, 31.V.04; 6 ♂♂, 1 ♀, 14.VI.04; 12 ♂♂, 16.VII.04; 4 ♂♂, 16.V.05; 6 ♂♂, 1 ♀, 6.VI.05; 5 ♂♂, 1 ♀, 29.VI.05.

***Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840)**

Corotipo W-Mediterraneo. Non rara in Italia, è presente nel lago con una popolazione assai abbondante.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 14 ♀♀, 1 ♂, 10.V.04; 1 ♂, 1 ♀, 2.VII.04; 3 ♂♂, 16.VII.04; 1 ♀, 2.VIII.04. **Stazione 2:** 1 ♀, 26.IV.04; 8 ♀♀, 10.V.04; 1 ♂, 16.VII.04. **Stazione 3:** 1 ♂, 1 ♀, 2.VII.04. **Stazione 4:** 1 ♀, 10.V.04; 1 ♂, 14.VI.04; 1 ♀, 16.VII.04; 2 ♀♀, 2.VIII.04. **Stazione 5:** 2 ♀♀, 31.V.04; 1 ♀, 14.VI.04.

***Ceriagrion tenellum* (Villers, 1789)**

Corotipo Turanico-Europeo-Mediterraneo. Segnalata per tutte le regioni italiane tranne la Val d'Aosta.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 1 ♀, 2.VII.04; 2 ♀♀, 4 ♂♂, 16.VII.04; 9 ♂♂, 6 ♀♀, 2.VIII.04; 7 ♂♂, 1 ♀, 18.VIII.04; 2 ♂♂, 3.IX.04; 2 ♂♂, 29.VI.05. **Stazione 2:** 1 ♂, 14.VI.04; 2 ♀♀, 5 ♂♂, 2.VII.04; 12 ♂♂, 5 ♀♀, 16.VII.04; 2 ♂♂, 3.IX.04. **Stazione 4:** 1 ♂, 2.VII.04; 1 ♂, 3.IX.04; 1 ♂, 29.VI.05; **Stazione 5:** 1 ♂, 21.IX.04; 1 ♂, 29.VI.05; 2 ♂♂, 7.IX.05.

***Erythromma viridulum* (Charpentier, 1840)**

Corotipo W-Mediterraneo. Non molto comune in Italia, è tuttavia presente in quasi tutte le regioni, incluso il Lazio.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♀, 16.VII.04; 10 ♂♂, 3 ♀♀, 2.VIII.04. **Stazione 2:** 2 ♂♂, 1 ♀, 2.VII.04; 15 ♂♂, 8 ♀♀, 16.VII.04; 2 ♂♂, 3.IX.04.

***Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer, 1776)**

Corotipo Asiatico-Europeo. Più frequente in Italia centrale e settentrionale, non è stata ancora segnalata per Val d'Aosta, Puglia e Sardegna. Nel lago appare molto abbondante.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 4 ♀♀, 3 ♂♂, 10.V.04; 5 ♂♂, 2.VII.04; 4 ♂♂, 16.VII.04; 3 ♂♂, 16.V.05; 2 ♂♂, 2 ♀♀, 6.VI.05. **Stazione 2:** 2 ♂♂, 1 ♀, 26.IV.04; 7 ♂♂, 1 ♀, 10.V.04; 1 ♂, 31.V.04; 5 ♂♂, 2.VII.04; 3 ♂♂, 16.VII.04. **Stazione 5:** 1 ♂, 10.V.04; 1 ♂, 1 ♀, 14.VI.04.

***Enallagma cyathigerum* (Charpentier, 1840)**

Specie a distribuzione circumboreale. Presente in tutta Italia tranne la Sardegna. Rara nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♀, 2.VIII.04. **Stazione 4:** 1 ♂, 2.VIII.04.

***Aeshna cyanea* (Mueller, 1764)**

Specie ad ampia distribuzione europea. Molto comune in Italia, specialmente nelle regioni settentrionali, sembra mancare dal Molise e dalla Puglia. Relativamente comune nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 2 ♂♂, 5.X.04; 1 ♂, 18.X.04; 1 ♂, 3.XI.04. **Stazione 2:** 3 ♂♂, 16.VII.04; 1 ♂, 5.X.04; 3 ♂♂, 18.X.04; 2 ♂♂, 1 ♀, 3.XI.04. **Stazione 5:** 2 ♂♂, 21.IX.04; 3 ♂♂, 3.XI.04.

***Aeshna mixta* (Latreille, 1805)**

Corotipo Asiatico-Europeo. Presente in tutta Italia tranne la Val d'Aosta. Comune nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 21.IX.04; 1 ♂, 5.X.04; 3 ♂♂, 3.IX.04; 1 ♂, 6.VI.05. **Stazione 2:** 3 ♂♂, 16.VII.04; 4 ♂, 3.IX.04; 5 ♂♂, 21.IX.04; 3 ♂♂, 5.X.04; 3 ♂♂, 18.X.04; 5 ♂♂, 3.XI.04. **Stazione 4:** 1 ♂, 5.X.04; 6 ♂♂, 1 ♀, 3.XI.04. **Stazione 5:** 6 ♂♂, 3.IX.04.

***Aeshna isosceles* (Mueller, 1767)**

Corotipo Turanico-Europeo-Mediterraneo. Non molto comune in Italia ma segnalata di quasi tutte le regioni. Apparentemente rara nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 18.VIII.04; 1 ♂ (avvistamento), 29.VI.05. **Stazione 2:** 1 ♂, 2.VII.04; 1 ♂, 16.VII.04; 1 ♂, 2.VIII.04; 1 ♂, 18.VIII.04. **Stazione 4:** 3 ♂♂, 29.VI.05. **Stazione 5:** 4 ♂♂, 1 ♀, (avvistamento), 29.VI.05.

***Anax imperator* (Leach, 1815)**

Specie ad ampia distribuzione europea, asiatica e afrotropicale. Comunissima in tutta Italia, incluso il Lazio.

Materiale esaminato: **Stazione 4:** 3 ♂♂, 29.VI.05. La specie è stata osservata in volo anche presso le **Stazioni 2** (21.IX.04) e **4** (31.V.04; 18.VIII.04).

Anax parthenope (Sélys, 1839)

Specie a distribuzione paleartica e afrotropicale. Assai più rara della precedente, è tuttavia segnalata per quasi tutte le regioni italiane, nel Lazio con una certa frequenza.

Materiale esaminato: di questa specie non è stato raccolto materiale. La sua presenza è stata accertata una sola volta alla **Stazione 4** (29.VI.05; 3 ♂♂ in volo e 1 coppia in copula).

Libellula depressa (Linneo, 1758)

Corotipo Europeo. Molto comune in tutta Italia, mancano segnalazioni per la Val d'Aosta.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 2.VIII.04; 1 ♂, 16.V.05; 3 ♂♂, 1 ♀, 6.VI.05. **Stazione 2:** 1 ♂, 2.VII.04. **Stazione 3:** 1 ♀, 10.V.04. **Stazione 4:** 2 ♂♂, 31.V.04; 6 ♂♂, 14.VI.04; 1 ♂, 16.V.05.

Libellula fulva (Mueller, 1764)

Corotipo Europeo-Mediterraneo. Meno comune della precedente ma tuttavia presente in quasi tutte le regioni italiane (non è stata segnalata per Umbria e Marche). Nel lago è piuttosto rara.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 5 ♂♂, 2.VII.04. **Stazione 2:** 1 ♂, 16.VII.04; 1 ♂ (avvistamento), 16.V.05. **Stazione 5:** 2 ♂♂, 2.VII.04; 1 ♂ (avvistamento), 16.V.05.

Libellula quadrimaculata (Linneo, 1758)

Corotipo Olartico. Piuttosto rara in Italia e nel Lazio, è comparsa una sola volta nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 4:** 1 ♂, 1 ♂ (avvistamento), 29.VI.05.

Orthetrum brunneum (Fonscolombe, 1837)

Corotipo Centroasiatico-Mediterraneo. Molto comune in Italia (semberebbe mancare dalla sola Val d'Aosta), è anche piuttosto comune nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 16.VII.04; 1 ♂, 1 ♀, 2.VIII.04; 1 ♂, 1 ♀, 18.VIII.04; 1 ♀, 3.IX.04; 2 ♂♂, 29.VI.05. **Stazione 2:** 4 ♂♂, 16.VII.04; 1 ♂, 1 ♀, 3.IX.04. **Stazione 4:** 1 ♂, 31.V.04; 3 ♂♂, 14.VI.04; 1 ♂, 2.VII.04; 1 ♂, 16.VII.04. **Stazione 5:** 1 ♂, 16.VII.04; 2 ♂♂, 2.VIII.04; 1 ♂, 18.VIII.04.

Orthetrum coerulescens (Fabricius, 1798)

Corotipo S-Europeo. Segnalata in tutta Italia, tranne la Val d'Aosta, appare assai abbondante nel lago.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 18.VIII.04; 1 ♂, 1 ♀, 3.IX.04. **Stazione 2:** 1 ♂, 2.VII.04; 5 ♂♂, 18.VIII.04. **Stazione 4:** 1 ♂, 2.VIII.04.

Crocothemis erytraea (Brullé, 1832)

Corotipo Afrotropicale-Mediterraneo. Comunissima in tutta l'Italia, nel lago è molto abbondante.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 2.VII.04; 6 ♂♂, 16.VII.04; 2 ♂♂, 2.VIII.04. **Stazione 2:** 1 ♀ (avvistamento), 10.V.04; 1 ♀, 14.VI.04; 3 ♂♂, 2.VII.04; 12 ♂♂, 3 ♀♀, 16.VII.04; 1 ♂, 1 ♀, 18.VIII.04; 8 ♂♂, 1 ♀, 3.IX.04. **Stazione 4:** 1 ♀, 31.V.04; 2 ♂♂, 14.VI.04; 1 ♀, 18.VIII.04; 1 ♂, 21.IX.04; 2 ♀♀, 5.X.04; 2 ♂♂, 2 ♀♀, 29.VI.05.

Sympetrum striolatum (Charpentier, 1840)

Corotipo Asiatico-Europeo. Diffusa in tutta Italia, tranne Val d'Aosta e Molise, è molto abbondante nel lago, particolarmente presso le raccolte d'acqua stagnante.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 2 ♂♂, 18.VIII.04; 6 ♂♂, 1 ♀, 3.IX.04; 4 ♂♂, 2 ♀♀, 21.IX.04; 3 ♂♂, 2 ♀♀, 18.X.04. **Stazione 2:** 2 ♀♀, 3 ♂♂, 3.IX.04; 1 ♀, 5.X.04; 6 ♀♀, 4 ♂♂, 18.X.04. **Stazione 4:** 3 ♂♂, 4 ♀♀, 5.X.04. **Stazione 5:** 3 ♀♀, 2 ♂♂, 3.XI.04.

Sympetrum meridionale (Selys, 1841)

Corotipo Centroasiatico-Europeo-Mediterraneo. In Italia è meno frequente della specie precedente (ma in Sardegna è assai abbondante). Nel lago si trova insieme a quella presso le acque stagnanti.

Materiale esaminato: **Stazione 2:** 1 ♂, 21.IX.04; 2 ♂♂, 1 ♀, 18.X.04; 1 ♂, 13.XII.04. **Stazione 5:** 1 ♂, 21.IX.04.

Sympetrum sanguineum (Mueller, 1764)

Corotipo Sibirico-Europeo. In Italia è piuttosto sporadica nelle regioni meridionali e nelle isole; manca da Val d'Aosta, Liguria e Molise. Nel Lazio è meno comune delle due specie precedenti.

Materiale esaminato: **Stazione 1:** 1 ♂, 2.VIII.04; 2 ♂♂, 3.IX.04; 1 ♂, 21.IX.04; **Stazione 2:** 3 ♂♂, 18.VIII.04; 2 ♂♂, 3.IX.04; 3 ♂♂, 21.IX.04; 1 ♂, 5.X.04.

Discussione

Le 27 specie di Odonati di cui abbiamo accertato la presenza presso il lago di Posta Fibreno (Tabella) costituiscono il 46,5% del popolamento odonatologico regionale (58 specie in Utzeri e D'Antonio, 2005 e cd-ROM allegato, integrato con Carchini et al., 2004) e, in relazione alla modesta estensione dell'area interessata e alla relativa omogeneità dell'habitat, rappresentano una diversità considerevole. Gli Zigotteri (13 di 23 specie laziali) sono meglio rappresentati degli Anisotteri (14 di 35). Alcune specie (segnatamente *C. haemorrhoidalis*, *I. elegans*, *Coenagrion puella*, *C. erythraea* e *S. striolatum*) vi appaiono con popolazioni relativamente grandi e sono generalmente molto comuni in tutta Italia; altre (p. es. *I. pumilio*, *A. isosceles* e *L. fulva*) sembrano più rare e altre ancora (*P. pennipes*, *E. cyathigerum*, *A. parthenope*, *L. quadrimaculata*) vi compaiono occasionalmente. Eccezionali, da questo punto di vista, sono *P. pennipes*, che è una delle libellule più comuni d'Italia, incluso il Lazio, sia presso acque fluviali che lacustri, e che presso il lago è stata registrata due sole volte (ma una in attività riproduttiva), e *P. nymphula*, che in Italia è molto meno diffusa della precedente ma che nel lago è molto abbondante. Di 22 specie è stata documentata la riproduzione (cfr. Tabella I), ma è nostra impressione che la mancanza di osservazioni in proposito per altre specie (p. es. *E. cyathigerum*, *A. imperator* e *L. fulva*) possa essere dovuta al caso, dato che l'habitat sembra idoneo ma può essere talvolta difficile verificare la riproduzione di popolazioni piccole perfino sulla base di osservazioni sistematiche. D'altro canto, almeno le due femmine di *L. virens* e i due maschi di *L. quadrimaculata*, raccolti o osservati in una o due occasioni, possono essere stati individui dispersi.

Nel lago il popolamento è relativamente abbondante in quasi tutte le stazioni, con 23 specie nella stazione 1 e 15 nelle stazioni 4 e 5. Anche la stazione 2, caratterizzata da pozze naturali e artificiali con acque soggette a marcate oscillazioni di livello stagionali, è molto ricca di specie (22) e solo nella stazione 3 il popolamento appare relativamente povero (5). Il carattere di lago-fiume, che predomina in tutto il lago, è probabilmente responsabile della convivenza di specie marcatamente reofile (p. es. *Calopteryx*, *P. nymphula*, *C. mercuriale*, *O. coerulea*), che evidentemente tollerano anche le acque quasi ferme, con specie tipiche di acque ferme (p. es. *Ischnura*, gran parte dei Cenagrionidi, *L. depressa*, *Crocothemis*, *Sympetrum*), che evidentemente accettano anche acque moderatamente correnti.

Tabella I - Check-list degli Odonati del lago di Posta Fibreno. Nella colonna "Fenologia" sono riportate le date di raccolta o di osservazione più precoce e più tardiva, a prescindere dall'anno in cui sono state effettuate, oppure le date di singoli avvistamenti di specie raccolte o osservate raramente. La colonna "Status" qualifica le singole specie come: "+" (= presente: osservazione o raccolta occasionale), "R" (= riprodotte: osservazione di coppie in tandem o in copula o di femmine in ovideposizione) o "r" (= probabilmente riprodotte: fenologia ampia di individui di un solo sesso, oppure individui di ambedue i sessi non osservati in attività riproduttiva).

Specie	Fenologia	Status	Stazioni
Zygoptera			
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	14.VI - 21.IX	R	1, 2, 3, 5
<i>Calopteryx virgo</i>	14.VI - 3.XI	R	1, 2, 5
<i>Lestes virens</i>	2.VII - 2.VIII	+	1
<i>Chalcolestes viridis</i>	18.VIII - 18.X	R	1, 2, 4, 5
<i>Platicnemys pennipes</i>	16.V - 2.VII	R	1, 5
<i>Ischnura elegans</i>	26.IV - 5.X	R	1, 2, 3, 4, 5
<i>Ischnura pumilio</i>	2.VII - 21.IX	R	1, 2, 5
<i>Coenagrion puella</i>	26.IV - 18.VIII	R	1, 2, 3, 4, 5
<i>Coenagrion mercuriale</i>	26.IV - 2.VIII	R	1, 2, 3, 4, 5
<i>Ceriagrion tenellum</i>	14.VI - 21.IX	R	1, 2, 4, 5
<i>Erythromma viridulum</i>	2.VII - 3.IX	R	1, 2
<i>Pyrrosoma nymphula</i>	26.IV - 16.VII	R	1, 2, 5
<i>Enallagma cyathigerum</i>	2.VIII (2004)	r	1, 4
Anisoptera			
<i>Aeshna cyanea</i>	16.VII - 3.XI	R	1, 2, 5
<i>Aeshna mixta</i>	16.VII - 3.XI	R	1, 2, 4, 5
<i>Aeshna isosceles</i>	2.VII - 18.VIII	R	1, 2, 4, 5
<i>Anax imperator</i>	31.V - 21.IX	r	2, 4
<i>Anax parthenope</i>	29.VI (2005)	R	4
<i>Libellula depressa</i>	10.V - 2.VIII	R	1, 2, 3, 4
<i>Libellula fulva</i>	2.VII - 16.VII	r	1, 2, 5
<i>Libellula quadrimaculata</i>	29.VI (2005)	+	4
<i>Orthetrum brunneum</i>	31.V - 3.IX	R	1, 2, 4, 5
<i>Orthetrum coerulescens</i>	2.VII - 3.IX	R	1, 2, 4
<i>Crocothemis erythraea</i>	10.V - 5.X	R	1, 2, 4
<i>Sympetrum striolatum</i>	18.VIII - 3.XI	R	1, 2, 4, 5
<i>Sympetrum meridionale</i>	21.IX - 13.XII	R	2, 5
<i>Sympetrum sanguineum</i>	2.VIII - 5.X	R	1, 2

La fenologia immaginale include fra le specie più precoci *I. elegans*, *C. puella*, *C. mercuriale* e *P. nymphula*, osservate dalla fine di aprile (2004), e tra le più tardive *Sympetrum* sp., ancora in attività riproduttiva il 21 dicembre (2004). Le prime date sono conformi a quanto generalmente riportato per quelle specie, salvo *I. elegans*, che altrove può essere reperita fin dall'inizio di aprile (ma la cadenza quindicinale delle osservazioni potrebbe essere a capo della sua mancata registrazione in data più precoce). Al contrario, l'attività di *Sympetrum* a dicembre inoltrato non è inusuale ed è noto che in Italia centrale *S. striolatum* può occasionalmente superare la fine dell'anno e continuare a riprodursi almeno fino alla fine di gennaio (Utzeri, 2001).

Tre delle specie trovate da noi presso il lago erano state segnalate fino ad ora, nel Lazio, con non più di cinque popolazioni ciascuna (Utzeri e D'Antonio, 2005 e cd-ROM allegato): *A. isosceles* e *L. quadrimaculata*, anche in base alle nostre conoscenze personali, non sono frequenti nella regione ed *E. cyathigerum*, che appare rara nel lago, era nota fino ad ora, nel Lazio, per tre popolazioni (Utzeri e D'Antonio, 2005 e cd-ROM allegato, integrato con Avellinese e Utzeri, 2006); questa specie, ritenuta, per l'Italia, esclusiva di quote superiori a 900 m (Conci e Nielsen,

1956), si trova talvolta a quote assai inferiori (per es. Belfiore et al., 1977; Avellinese e Utzeri, 2006), inclusa la presente segnalazione.

Il dato di interesse più rilevante è la relativa abbondanza di *C. mercuriale* in tutte le stazioni del lago. Questa specie, apparentemente legata a corsi d'acqua di dimensioni e portata esigui, è registrata in regressione in gran parte dell'Europa (Van Tol e Verdonk, 1988; Helsdingen et al., 1996) e pertanto è stata inserita nella Convenzione di Berna, Allegato 2, e nella Direttiva Habitat, Allegato 2. In Italia presenta una distribuzione relativamente ampia, anche se sporadica (oltre 40 siti in 15 regioni - mancano segnalazioni per Valle d'Aosta, Veneto, Trentino, Friuli, Umbria e Sardegna) (Utzeri e D'Antonio, 2005 e cd-ROM allegato), ma è tuttavia ritenuta una delle specie più minacciate (D'Aguilar et al., 1990). Nel Lazio ne erano note nove popolazioni delle provincie di Viterbo, Roma e Latina (Utzeri e D'Antonio, 2005 e cd-ROM allegato). La presente segnalazione è quindi la prima per la provincia di Frosinone e sottolinea la presenza della specie in un habitat marcatamente diverso dall'usuale.

La presenza di un popolamento odonatologico ben diversificato che include libellule rare nel Lazio o minacciate, insieme a quella degli endemiti su ricordati, aggiunge un valore particolare alla Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno e costituisce un motivo non trascurabile per sostenerne l'indirizzo gestionale alla conservazione di specie animali di particolare interesse faunistico o ecologico.

Riassunto

Vengono elencate 27 specie (13 Zigotteri e 14 Anisotteri) del piccolo lago di Posta Fibreno, per il quale il popolamento a Odonati rappresenta quasi la metà di quello laziale. Si sottolinea il ritrovamento di entità rare nel Lazio (*E. cyathigerum*, *A. isosceles* e *L. quadrimaculata* erano note per non più di cinque popolazioni ciascuna) e di *C. mercuriale*, entità di interesse conservazionistico, che è presente in tutte e cinque le stazioni di campionamento e rappresenta il primo ritrovamento della specie nella provincia di Frosinone.

Ringraziamenti

Esprimiamo la nostra gratitudine al Direttore e allo staff direttivo della Riserva, ad Antonio Lecce, responsabile del servizio di sorveglianza, ad Enzo Ruma e a tutti i guardaparco che ci hanno accompagnato durante i sopralluoghi. E.A. ha svolto il presente lavoro con un contributo della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno.

Bibliografia di Riferimento

- Angelini, M & M. Lenzi 1985. Indagine ecologica finalizzata alla determinazione del livello trofico delle acque del Lago Fibreno. Comune di Posta Fibreno, Rel. tecnica, 4 pp., 2 fig., 2 tab.
- Askew, R.R. 1988. The dragonflies of Europe. Harley Books, Martins (Essex).
- Avellinese, E. & C. Utzeri, 2006. Le libellule della Riserva Naturale Regionale Monterano. In: Uff. Tecnico della Riserva Naturale Regionale Monterano (ed.) (ed.) "Quaderni della Riserva Naturale Regionale Monterano, N° 7", pp. 115-126.
- Belfiore, C., C. Utzeri, E. Falchetti & G. Carchini 1977. *Enallagma cyathigerum* (Charp.) in biotopi di media e bassa quota dell'Italia centromeridionale e altre catture di Odonati. Boll. Ass. Romana Entomol., 31(1-4): 1-4.
- Carchini, G., T. Pacione, C. Tanzilli, M. Di Domenico & A. Solimini 2004 Temporal variation of an Odonata species assemblage (Rome, Italy). Odonatologica, 33(2): 157-168.
- Conci, C. & C. Nielsen 1956. Odonata. Calderini, Bologna, 295 pp.
- Consiglio, C. 1953. Odonati dell'Italia Meridionale e degli Abruzzi. Memorie della Società entomologica Italiana, 31: 96-108.
- D'Aguilar, J., J.-L. Dommangeat & R. Préchac 1990. Guida delle Libellule d'Europa e del Nord Africa. Muzzio, Padova, 333 pp.
- Helsdingen, P.J. -van, L. Willemsse & Speight M.C.D. (ed.s) 1996. Background information on invertebrates of the Habitats Directive and the Bern Convention. Part II - Mantodea,

- Odonata, Orthoptera and Arachnida. Nature and environment, No. 80. Council of Europe, Strasbourg.
- Moretti, G., F. Cianficconi & F. Papagno 1988. *Apatania volsorum* sp. n. (Trichoptera Apataniinae): morfologia, tassonomia, ciclo biologico e geonomia. Atti 15° Congr. naz. ital. Ent., L'Aquila: 145-152.
- Osella B.G., M. Biondi, C. Di Marco & M. Riti 1997. Ricerche sulla Valle Peligna (Italia Centrale Abruzzo). L'Aquila - Amministrazione Provinciale, pp. 142-152.
- Utzeri, C. & C. D'antonio 2005. Insecta Odonata. In: Ruffo, S & Stoch, F. (ed.s), Check-list e distribuzione della fauna italiana. Mem. Mus. civ. St. nat. Verona, 2.serie, Sez. Sc. della Vita: 131-132.
- Van Tol. J. & M.J. Verdonk 1988. The protection of dragonflies (Odonata) and their biotopes. Council of Europe, Strasburg, 181 pp.
- Vigna Taglianti, A., P.A. Audisio, C. Belfiore, M.A. Bologna, G.M. Carpaneto, A. De Biase, S. De Felici, E. Piattella, T. Racheli, M. Zapparoli & S. Zoia 1992. Riflessioni di gruppo sui corotipi fondamentali della fauna W-paleartica ed in particolare italiana. Biogeographia, 16: 159-179.
- Zerunian, S. & G. Gandolfi 1990. *Salmo fibreni* n. sp. (Osteichthyes, Salmonidae) endemica nel bacino del Fibreno (Italia centrale). Riv. Idrobiol., 29: 521-532.

LE SORGENTI CARSICHE DEL LAGO FIBRENO: CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA, IDROLOGICA, IDROCHIMICA E ISOTOPICA

E. AGRILLO*, P. BONO°, L. CASELLA, L. D'ANDREA e D. FIORI

Inquadramento Geografico

Il lago di Posta Fibreno, di origine tettonica, è uno specchio lacustre situato alla base delle pendici Sudoccidentali della Marsica (Monte Morrone), la cui area di alimentazione appartiene al Sistema Idrogeologico della Marsica Occidentale con una superficie di 838 Km².

Il bacino del lago presenta una forma stretta ed allungata addossata alle colline che delimitano la sponda Nord-Est, il suo bacino imbrifero è di circa 24 Km² (Servizio Idrografico di Stato).

Il Sistema idrogeologico di pertinenza, ubicato nel settore centro-orientale dell'Appennino Laziale-Abruzzese, si allunga in direzione appenninica (NO-SE) parallelamente alla Val Roveto, dove scorre il Fiume Liri. Ha limiti ben definiti, rappresentati da lineamenti geografici e strutturali di importanza regionale.

Il sistema idrogeologico e idrologico della Marsica Occidentale è costituito prevalentemente da calcari e calcari dolomitici mesozoici, ad altissima permeabilità, per fratturazione e carsismo. L'elevato carsismo epigeo, che si manifesta in doline (Campoli Appennino e Fossa Majura), campi carsici (Campo di Grano) e il carsismo ipogeo costituito da inghiottitoi e grotte (grotta dell'Ovito, Luppa, l'Otre di Verrecchie, grotta Cola e altre minori), facilita l'infiltrazione delle acque meteoriche. Lo sviluppo carsico si manifesta anche con la presenza di reticoli fluviali poco evoluti (fase giovanile), con la sola esclusione del reticolo idrografico del Liri che presenta caratteristiche di un ciclo fluviale in fase evoluta, matura.

Una parte dell'acqua meteorica che si infiltra, lungo tutto il massiccio carbonatico marsicano, va ad alimentare l'acquifero profondo che satura la base dei contrafforti carbonatici ed emerge in corrispondenza del lago di Posta Fibreno. Qui una faglia distensiva vicariante della faglia della Val Roveto, linea tettonica d'importanza regionale, pone in contatto la struttura carbonatica a media ed alta permeabilità con le *facies* marnoso-arenacee sinorogenetiche a bassa permeabilità. In questo contesto ha origine un complesso sorgentizio che dà vita al lago Fibreno, sotto forma di numerose sorgenti periacuali superficiali e sommerse.

Parametri morfometrici	
Lunghezza (m)	1750
Larghezza massima (m)	320
Perimetro (m)	4850
Indice di sinuosità	2,6
Area (m ²)	2769
Area (km ²)	0,277
Larghezza media (m)	149
Profondità massima (m)	13,4
Profondità media (m)	2,7
Grado di incavamento	0,20
Volume Invaso (m ³)	7476
Volume Invaso (L)	7,5 X 10 ⁻⁶

I parametri morfometrici sono stati calcolati sulla base dei Fogli 391050 e 391090 della C.T.R. (scala 1:10000) e con dati batimetrici definiti nel corso del rilevamento.

Il complesso sorgentizio scaturisce alla base dei monti della Marsica Occidentale lungo un fronte di circa 3 km che si estende da Nord-Ovest a Sud-Est e che trova i suoi estremi nelle sorgenti di "Molino Carpello", situate a Nord del lago, e in località "La Sorgentina" ubicate all'estremità Sud orientale del lago. Proprio queste due sorgenti furono imbrigliate per servire l'industria "molitoria", il molino Carpello (secolo XVI) e il mulino della "Sorgentina" (anno 1810).

Il Lago di posta Fibreno ha un unico emissario, il Fiume omonimo, che scorre in direzione antiappenninica (NE-SO) per tutto il suo tratto fino alla confluenza con il Fiume Liri, in località Carnello al confine tra i comuni di Isola Liri e Sora.

L'acqua del lago, assieme a quella proveniente dal Fosso di Carpello e dal Torrente Rio, confluisce nel Fiume Fibreno, che dopo qualche chilometro dal lago si getta nel Fiume Liri nei pressi di Isola Liri (circa 30 mc/sec a Isola Liri), affluente del Gari. (circa 55 -60 mc/sec alla foce).

* Università della Tuscia, Viterbo - email: emiliano.agrillo@unitus.it

° Dip. di Scienze della Terra Università di Roma "La Sapienza" - email: paolo.bono@uniroma1.it

Il lago viene definito in gergo come "Lago di Sorgente", l'attuale superficie è di circa 0,277 km², il perimetro è di 4850 m, la lunghezza complessiva è di circa 1750 m, la sua larghezza massima di 320 m, la profondità massima di 15 m (Sorgente Le Codigliane) mentre quella media di 2,7 m (vedi tab. parametri morfometrici al lato).

Inquadramento Climatico

Per l'inquadramento dei regimi termo-pluviometrici dell'area sono state prese in considerazione quelle che, a nostro avviso, costituiscono le stazioni pluviometriche e termometriche più interessanti per la loro storia e per la quantità e qualità dei dati registrati.

Sono state analizzati i dati delle serie storiche delle precipitazioni di quattro stazioni pluviometriche: Avezzano (708 m s.l.m.), Cappadocia (1098 m s.l.m.), Pescasseroli (1050 m s.l.m.) e Sora (267 m s.l.m.); e le serie storiche delle temperature di due stazioni termometriche: Avezzano e Pescasseroli.

Per un'analisi climatica di dettaglio è stato fatto riferimento alla stazione meteo gestita dalla Riserva Naturale, ubicata lungo la riva orientale del lago a 289 m di quota (presso il Laboratorio per la Conservazione della Macrostigma - Incubatoio), che restituisce con frequenza oraria i seguenti dati: Temperatura minima, media e massima dell'aria, Temperature minima, media e massima dell'acqua, Precipitazione cumulata, Umidità percentuale, Livello idrometrico del lago.

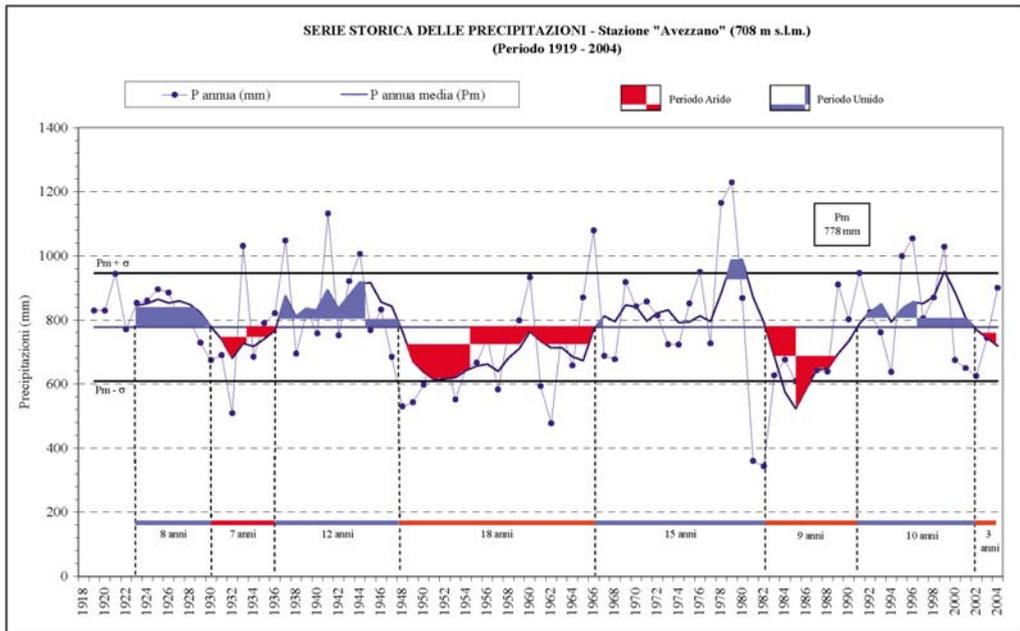
o Precipitazioni

Una grande rilevanza nella distribuzione spaziale delle precipitazioni l'assumono la presenza e la disposizione della catena simbruino-ernica e della catena marsicana, che delimitano rispettivamente a SO e NE, la Val Roveto e la Conca di Sora. Sia i Simbruini che la Marsica svolgono un ruolo di barriera per le differenti provenienze delle masse d'aria (correnti umide) occidentali atlantico-mediterranee ed orientali di origine balcanica. Dai dati bibliografici risulta che le precipitazioni più abbondanti si verificano sui versanti esposti a Sud della catena simbruina e marsicana, con esclusione della zona sito di emergenza della sorgenti del Fiume Liri (Cappadocia) esposte a Nord nelle propaggini orientali dei Simbruini. In via generale tutta l'area non è esente dall'influenza del fattore altimetrico subordinato all'aumentare della distanza dalla linea costa.

I dati esistenti sulle precipitazioni nevose, riportano che al di sotto dei 1200 metri si ha mediamente una frequenza di 10-15 giorni di precipitazioni nevose all'anno concentrate soprattutto nei mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo, con sporadiche nevicate in quota ad Aprile. L'altezza complessiva a suolo del manto nevoso a Cappadocia e Pescasseroli è di 150-200 cm/anno con una permanenza di 60 giorni, pari pressoché a 150-200 mm di pioggia, e tende ad aumentare con l'altitudine (dati servizio Idrografico di Stato).

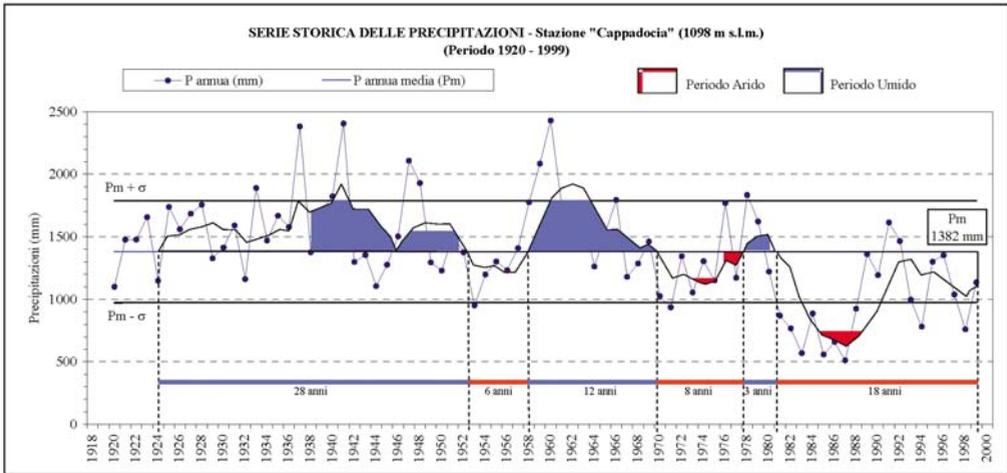
Per ottenere il valore medio delle precipitazioni riferite alla catena Marsicana occidentale, si è scelto di eseguire il calcolo della media aritmetica. Poiché le stazioni sono ben distribuite nell'area di studio, si ritiene che il valore ottenuto sia di circa 1210 mm anno, risultando sufficientemente rappresentativo per l'area.

La stazione di "Avezzano", a quota 708 metri conserva la serie storica più lunga dal 1919 al 2004. Dall'analisi della figura si rileva l'alternarsi di 3 periodi aridi con quattro periodi umidi.

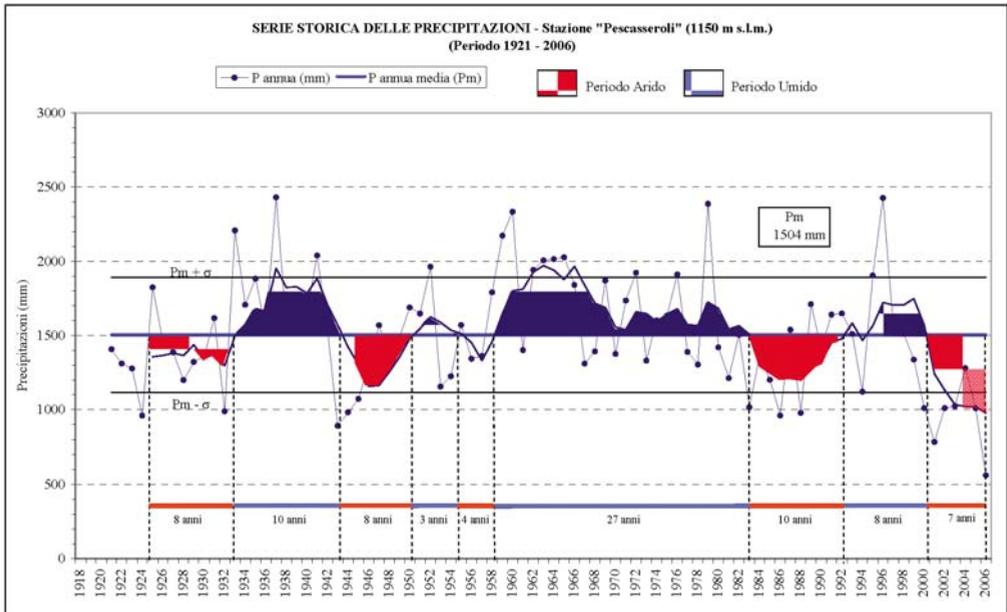


Questa stazione presenta dal 1982 al 2004 l'alternarsi di due periodi: il primo arido dal 1982 al 1991, il secondo umido dal 1991 al 2002. Questo periodo risulta essere in controtendenza rispetto alle stazioni di Cappadocia e Sora, entrambe poste sul versante occidentale della Marsica, che presentano una lunga serie arida compresa dal '80 -'82 al '00 - '06. Le possibili cause di questo evento sono da attribuire ad una condizione microclimatica locale, giustificata dalla posizione geografica occupata, che isola le stazioni dal punto di vista meteo climatico. Nella stazione di Avezzano, posta a quota di 708 m, si riscontra anche il minor valore di precipitazione annua media con 778 mm, rispetto alle stazioni considerate.

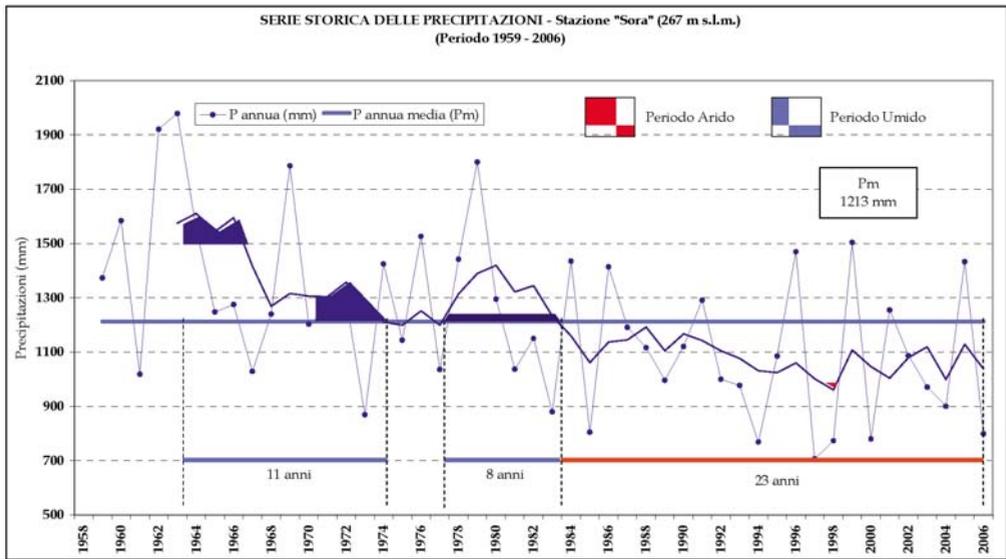
La stazione di "Cappadocia" a quota 1098 metri è situata sul fronte nord orientale dei monti Simbruini, sul versante che sovrasta la Val Roveto. Gli unici dati esistenti, relativi al solo periodo 1920 - 1999, evidenziano un progressivo decremento della pioggia annua evidenziata dalla diminuzione della durata dei periodi umidi. Si può infatti notare la notevole differenza esistente tra il primo periodo umido registrato della serie dal 1925 al 1953, con una durata di 28 anni e l'ultimo periodo umido registrato dal 1978 al 1981 con una durata di 3 anni; mentre i periodi aridi passano dal primo 1953 al 1958 (6 anni) a l'ultimo dal 1981 al 1999 (18 anni).



Un'altra serie storica altrettanto consistente è quella della stazione di "Pescasseroli" (quota 1150 metri) in funzione dal 1921. La serie rappresentata in figura non evidenzia variazioni climatiche di rilievo durante l'ultimo secolo, se non il susseguirsi negli ultimi cinquanta anni di 4 periodi, rispettivamente il primo umido (27 anni), il secondo arido (10 anni), un breve periodo umido (8 anni) e un profondo periodo arido (7 anni). Si fa rilevare tuttavia, che dal 1960 le precipitazioni subiscono una continua decrescita anche se con valori altalenanti, sino ai nostri giorni. Questa tendenza risulta maggiormente accentuata dal 2000 sino al 2006 periodo in cui si determinano condizioni di forte aridità. Alla quota della stazione di Pescasseroli (1150 m s.l.m.) è riferita la precipitazione annua media di 1504 mm (1921 - 2006).



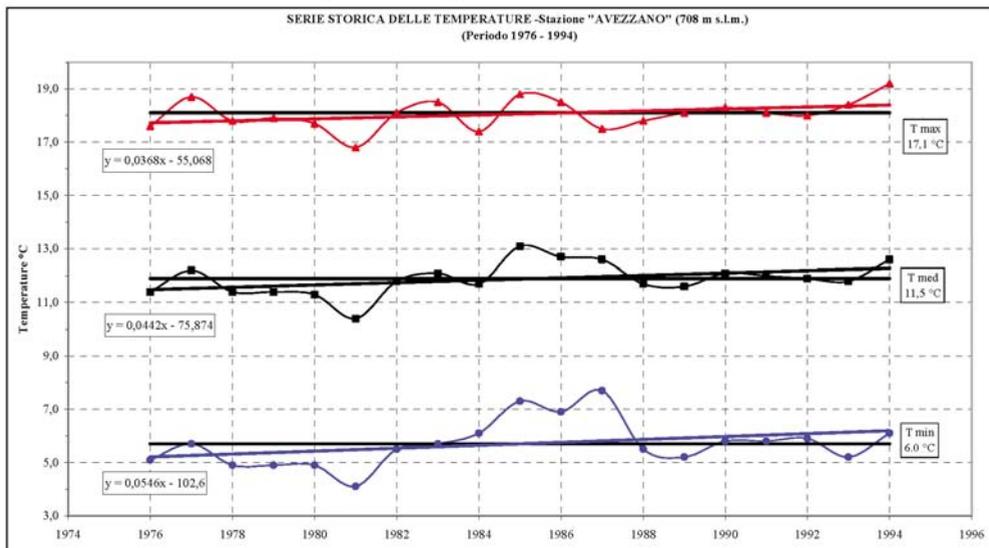
La serie storica della stazione di "Sora" (quota 267 metri), entrata in funzione solamente nel 1959, ha un andamento confrontabile con la stazione di Cappadocia. Anche per questa stazione si registra l'inizio di un periodo arido all'inizio degli anni '80 che si è protratto quasi con continuità fino agli anni presenti.



○ *Temperature*

Per l'analisi della temperatura dell'aria sono stati elaborati i dati delle serie storiche del Servizio Idrografico di Stato delle stazioni termometriche di Avezzano (708 m) e Pescasseroli (1150 m). Le due stazioni, prossime all'area di studio risultano essere rappresentative, ma non sufficienti ad inquadrare le condizioni termometriche locali vista la loro differente ubicazione geografica ed altimetrica.

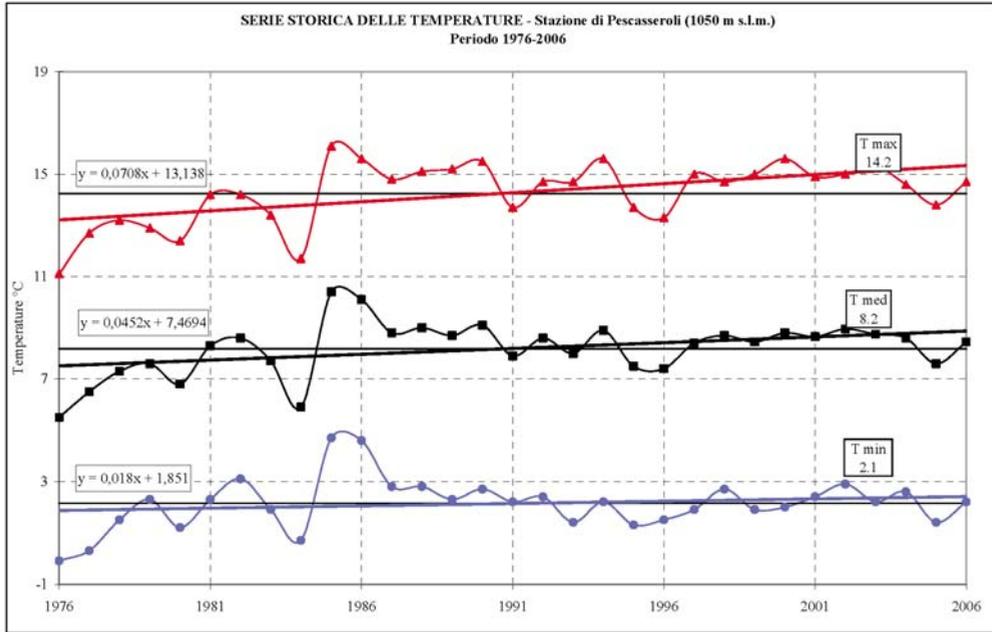
In figura sono rappresentati gli andamenti delle temperature massime, medie e minime relative alla serie di dati della stazione di Avezzano del periodo: 1928 - 1994 (unica serie di dati disponibili). Come si rileva dall'andamento delle tre medie mobili, il presente intervallo rientra in un periodo tendenzialmente caldo in quanto la curva delle medie mobili (linea di tendenza), si trova in tutti e tre i casi al di sopra delle rispettive medie.



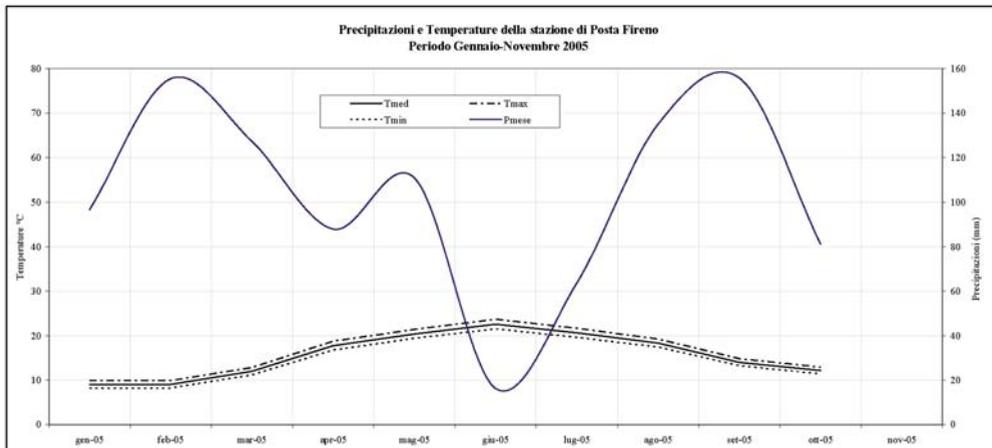
Ulteriori dati, riferiti agli anni 2003 e 2006, danno nel complesso valori medi annuali (Massime, Minime e Medie) più alti o simili; 2003 (max 18,5° - med 12,3° - min 6,0°) e nel

2006 (max 17,8° - med 11,5° - min 5,1°). Tutto ciò in linea di tendenza, con quanto espresso dal grafico riferito al periodo di osservazione compreso tra il 1976 e il 1994.

Nella figura in basso, sono rappresentati gli andamenti delle temperature massime, medie e minime relative alla serie di dati della stazione di Pescasseroli (periodo: 1976 - 2006). Come discusso precedentemente anche in questa stazione si rileva un'andamento della linea di tendenza delle tre medie mobili, che tende verso un locale aumento delle temperature medie (max, med e min) in particolar modo negli anni compresi tra il 1991 e il 2006.

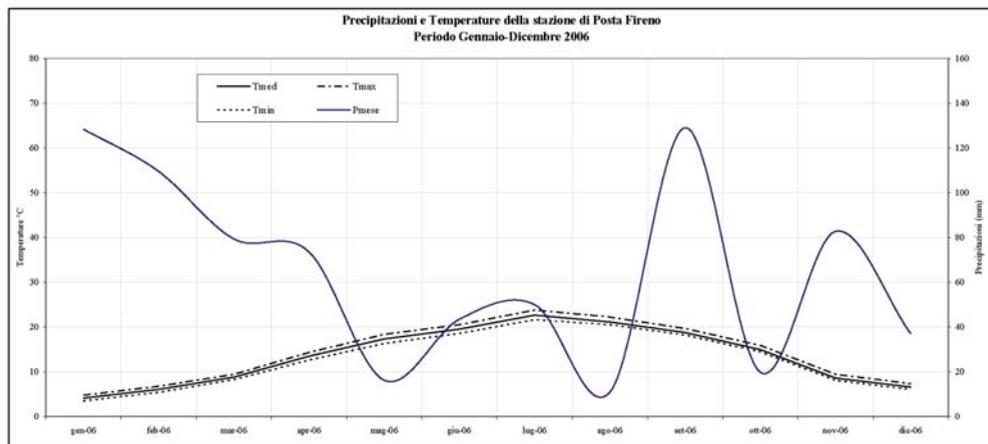


Dal 2005 è in funzione una stazione Termo-pluviometrica e idrometrica, gestita dalla RNR "Lago di Posta Fibreno", ubicata in prossimità della sponda orientale del Lago Fibreno a quota di 290 m s.l.m. (Loc. Lago Chiaro), che registra in tempo reale le condizioni meteorologiche e idrologiche del Lago stesso. Di seguito, riportiamo alcuni grafici relativi agli anni di rilevamento 2005 e 2006.



L'analisi dei diagrammi che mettono in relazione piovosità e temperatura dell'aria, fa rilevare come nell'anno 2005 l'area prossima al lago sia stata caratterizzata da temperature

miti, con valori medi compresi tra i 9°C e i 22°C. Le temperature non scendono mai sotto lo zero nei mesi invernali e non si evidenziano elevate escursioni termiche. Dalle precipitazioni si evidenziano due massimi: il primo a Febbraio (155 mm) e il secondo a Settembre (156 mm). In Giugno - Luglio la sensibile decrescita degli afflussi e le elevate temperature del periodo determinano condizioni di aridità estiva.



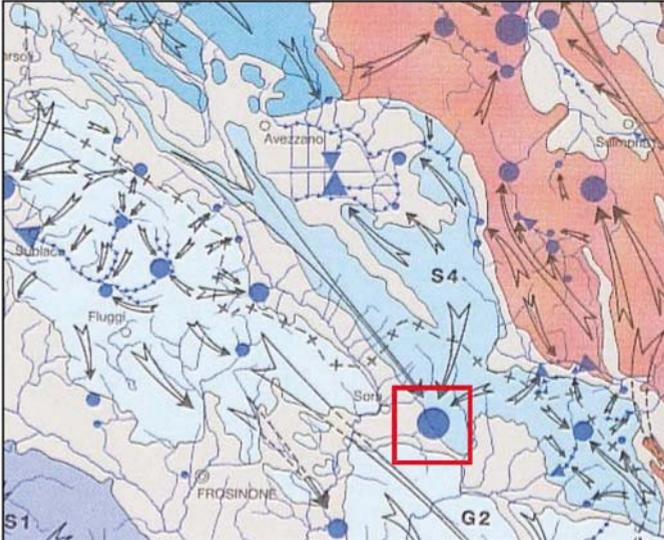
L'anno 2006 vede l'area del lago interessata da temperature ancora miti e poco variabili, con valori medi compresi tra 4°C e i 22°C. Le precipitazioni presentano il massimo invernale in Gennaio (128 mm) e il massimo autunnale in Settembre (129 mm). Il sensibile decremento delle precipitazioni si manifesta per un periodo molto più esteso rispetto al 2005, ovvero da Maggio ad Agosto.

Sulla base dei dati analizzati da un punto di vista esclusivamente termico la Val Roveto, la Marsica Occidentale, la Conca di Sora e la Piana del Fibreno rientrano nel dominio del clima temperato mediterraneo; con maggiore precisione analitica si può parlare di clima temperato caldo con prolungamento della stagione estiva e con inverno mite. In questo ambito si possono distinguere due zone (o varietà): la prima zona con clima di montagna, con temperature medie invernali al disotto dei 5°C e minime assolute sotto lo zero nel trimestre invernale (ricadono in questa zona le stazioni di Avezzano 700 m e Pescasseroli 1167 m.). La seconda un'altra zona con clima di collina, con temperature medie invernali che superano i 5°C e le temperature minime assolute che scendono raramente al di sotto di 0°C, in cui ricade in questa zona il lago di Posta Fibreno a 290 m di quota sul livello del mare.

Il regime pluviometrico può essere definito di tipo transizionale tra il sublitoraneo appenninico ed il marittimo, non bisogna però escludere la presenza di microclimi zionali dato il movimentato andamento orografico dell'area, le diverse esposizioni all'insolazione, la diversa condizione pedologica e vegetazionale che può determinare a piccola scala delle variazioni locali degli elementi climatici regionali o subregionali.

Aspetti Idrogeologici Della Sorgente Fibreno

- *Unità Idrogeologica della Marsica Occidentale: Monte Cornacchia (Serra Lunga) - Monti della Meta e Monte Fontecchia - Colle Pianecchia*



L'area studiata appartiene al Gruppo Idrogeologico Nuria Velino Fucino e Marsica Occidentale suddiviso in due sistemi di cui il Sistema (S4) a cui appartengono le sorgenti del Fibreno, ricade geograficamente all'interno dei Monti della Marsica Occidentale (figura a lato).

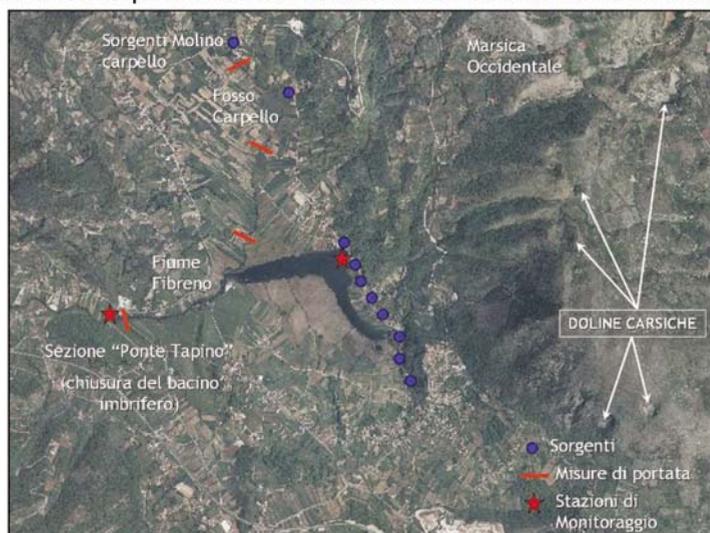
Questo ha un'estensione di 838 km² ed è costituito: per 89,5% da calcari di piattaforma carbonatica, per il 7,6% complesso dolomitico e per il 2,9% complesso marnoso-calcarenitico. Erogena complessivamente una portata di circa 20 m³/s, che corrisponde al 40% della portata

complessiva misurata del gruppo Nuria Velino e Marsica Occidentale e al 9,5% di tutto il dominio carbonatico laziale abruzzese e campano. La portata complessiva del Sistema della Marsica Occ. è così suddivisa: il complesso sorgentizio del Fibreno con circa 10 m³/s; le sorgenti di Madonna del Canneto ed incrementi di portata in alveo del Fiume Melfa 2 m³/s; sorgenti di Venere, Ortucchio e incrementi di portata nei canali di bonifica dell'area meridionale del bacino del Fucino 6,5 m³/s e tutte le sorgenti minori con 1,5 m³/s.

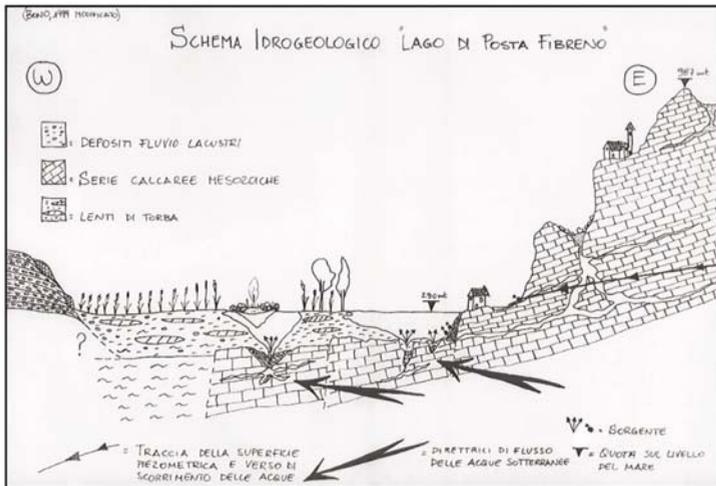
In definitiva le sorgenti carsiche del Lago Fibreno e Molino Carpello contribuiscono per il 50% rispetto alla portata complessiva del sistema della Marsica Occidentale e per il 4,8% di tutto il dominio di piattaforma carbonatica dell'Italia centrale (Lazio, Abruzzo e Campania).

La quota del livello di base dell'acquifero carsico nel settore Nord-occidentale della Marsica (Monti Carseolani e Serra Lunga), non è nota con certezza, a causa della mancanza di grandi sorgenti lungo il limite di permeabilità. Il livello di saturazione è presumibilmente a quote inferiori rispetto al limite di permeabilità rappresentato dai *flysch*. Si ipotizza, quindi, che la quota di riferimento per questo settore sia quella delle sorgenti del Fibreno così come evidenziato nella Carta idrogeologica dell'Italia Centrale.

Nel dettaglio, lungo il limite di permeabilità



rappresentato dal contatto tettonico *Flysch* - rocce carbonatiche mesozoiche, (che corre sul basso versante sinistro della Val Roveto da quota 1000 m a quota 305 m "Molino Carpello"), le principali sorgenti sono concentrate su un fronte di circa 3 Km in una fascia che si estende da Molino Carpello (305 m) al Lago Fibreno (290 m). Si può affermare quindi che la quota del lago corrisponda all'effettiva quota di emergenza della falda basale che satura il versante occidentale della Marsica. Il sito è alla convergenza di linee di drenaggio delle acque sotterranee provenienti dai settori nord-occidentale e sud-orientale del sistema carsico marsicano.



Uno studio geofisico, eseguito nell'area sorgentizia del Fibreno, ha evidenziato come la linea di contatto tra le formazioni carbonatiche permeabili e le formazioni flyschiodi impermeabili, salga rapidamente di quota a Nord e a Sud della zona di maggior afflusso d'acqua. Questa zona corrisponde al settore meridionale del lago Fibreno dove sembra concentrarsi la maggior portata delle emergenze del sistema (La Sorgentina,

il Lago Chiaro). Per le sorgenti sublacuali invece si identificano due zone: la prima meridionale (Lago Chiaro) e la seconda settentrionale (Le Codigliane), entrambe associate ad un evidentissimo sviluppo del carsismo con formazione di doline da sprofondo in rapida evoluzione soprattutto nel settore meridionale del bacino lacustre.

L'accelerato dinamismo del fondale lacustre potrebbe essere favorito dalla risalita di fluidi gassosi ricchi di CO_2 che rendono l'acqua fortemente aggressiva nei confronti della roccia serbatoio. Questa condizione, accelerando la dissoluzione chimica del carbonato di calcio determinerebbe la formazione di cavità di crescente volume sino al collasso del substrato roccioso. La presenza di queste morfologie trova riscontro più in generale nel processo carsico che si manifesta con grandiose depressioni subacquee come La Rota (Isola Galleggiante) profonda circa 10m e la dolina sommersa del "Crocifisso" (Le Codigliane) profonda circa 15 m.

Questo tipo di cavità presenti nel lago fibreno si ricollegano verosimilmente ad un sistema carsico epigeo, che localmente è rappresentato da macrodoline con diametri e profondità superiori ad alcune centinaia di metri, in corrispondenza delle colline del settore orientale sovrastante il lago, il "Tomolo" di Campoli Appennino e Fossa Majura.

Il Fenomeno dei "Boati" e delle "Acque Bianche"

o I "Boati" e tremori superficiali

Da alcuni anni, nell'area di Posta Fibreno e nei territori confinanti con il Comune vengono segnalati fenomeni che i cittadini del luogo descrivono nella generalità dei casi come "boati" e "tremori superficiali" del sottosuolo.

Nei territori comunali di Posta Fibreno, Alvito, Campoli Appennino, Vicalvi e Pescosolido, compresi tra la Val Comino e il settore meridionale della Val Roveto, sono presenti numerose cavità e voragini (alcune di spettacolari dimensioni) che denotano come nella storia geologica, soprattutto recente, dell'area in esame siano ricorrenti condizioni di forte instabilità. Questa tendenza evolutiva caratterizza un paesaggio con elementi geomorfologici (doline) propri di un carsismo giovanile, spesso associati in forme più complesse e mature (uvala) di accresciute dimensioni.

In Val di Comino è presente un peculiare fenomeno naturale, più frequentemente diffuso in regioni interessate da movimenti tettonici in atto o alla periferia di sistemi vulcanici, rappresentato da alcune manifestazioni esalative ("soffioni di gas") di cui quella di Monticchio (distante solamente alcuni chilometri da Posta Fibreno) è particolarmente importante.

Manifestazioni di questo tipo derivano dalla risalita di convogli gassosi, di origine profonda, in avvallamenti del suolo (talvolta in ampie depressioni topografiche) dove gorgogliano in ristagni d'acqua rendendosi così palesemente manifesti. Le citate "sorgenti", prevalentemente gassose, sono costituite da CO₂ a cui si associano altri gas (H₂S, CH₄, He, Rn etc.), con valori di pressione, all'emergenza, anche molto alti e con una azione fortemente aggressiva nei confronti delle rocce carbonatiche largamente rappresentate nel substrato sepolto dai *flysch* e in affioramento (Monti della Marsica occidentale).

Non si può escludere che tale fenomeno sia più diffuso di quanto si conosca e che assuma un ruolo non secondario nella dinamica del processo carsico che, nel territorio compreso tra la Val di Comino la Piana del Fibreno e il settore meridionale della Val Roveto, si sviluppa e manifesta con rilevanti forme macroscopiche, considerate tra le maggiori del Lazio.

Come accennato sono molteplici gli indicatori di instabilità geoambientale nel territorio del bacino imbrifero del "lago-sorgente" di Posta Fibreno, riconoscibili soprattutto dagli elementi morfologici di superficie riferibili al carsismo epigeo.

In definitiva l'attuale stato delle conoscenze non consente di stabilire quale grado di pericolosità ambientale interessi il territorio, né quale sia il rapporto di causa-effetto intercorrente tra i fenomeni di tremore avvertiti dalla popolazione locale e l'attività sismotettonica che ha interessato storicamente e recentemente l'area.

Come è noto, secondo il "Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980" (INGV), dal punto di vista sismico l'area risulta particolarmente attiva. Ricade infatti ai margini di una fascia sismica ad elevata frequenza di eventi sismogenetici, posta tra Sora e Roccamonfina. Due soli eventi sismici storici sembrano aver colpito l'area con elevata intensità (IX-X grado M.C.S.): sono i terremoti del 1654, con origine nei pressi di Sora, e del 1349, con origine piuttosto incerta a causa della complessità del campo macrosismico che interessò gran parte dell'Appennino Centrale.

Più recentemente, nel 1915, un terzo evento sismico con epicentro Avezzano ha interessato l'area, provocando numerose vittime e molteplici danni ad abitazioni e strutture.

Ancor più recentemente tra l'1/8/1983 ed il 30/04/1985 si è avuta una forte crisi sismica nel territorio del Liri-Melfa; le scosse di maggiore intensità si sono avute il 7 e l'11 Maggio del 1984 con eventi di magnitudo 5.8 e 5.2 ed epicentro a S. Donato Val Comino.

I tremori e i boati avvertiti nella località di Posta Fibreno, verosimilmente non sono veri sismi ma "pseudosismi" che si sviluppano in ambiente carsico, caratterizzati da fenomeni in cui l'area di percezione acustica del rombo è generalmente più estesa di quella interessata dallo scuotimento del suolo.

Poiché il territorio in esame è certamente sede di intensa attività sismica, è particolarmente importante stabilire quale e quanta parte abbiano gli effetti dei terremoti nell'evoluzione della morfologia carsica di superficie e sotterranea locale, e se il collasso di cavità carsiche sotterranee possa a sua volta determinare scosse (o tremori) locali. D'altra parte è noto che in zone dove sono frequenti vibrazioni microsismiche, possono in particolari condizioni (ad esempio dopo forti scosse telluriche sismotettoniche) verificarsi crolli e collassi di cavità carsiche.

Si rammenta come dopo il sisma di Avezzano del 13-1-1915 si aprirono improvvise doline da crollo a SE del Paese di Cerchio ed presso Ortucchio. Un ventina di giorni dopo presso Cittaducale e nella Piana di S.Vittorino si aprirono nel suolo numerose voragini e altre, già esistenti nell'area del Lago di Paterno, si accrebbero nella geometria.

Recenti rilevamenti subacquei eseguiti nel lago di Posta Fibreno da diversi collaboratori scientifici alla ricerca, hanno evidenziato in numerosi siti del fondale cavità di recente

formazione, piccole e grandi (di cui alcune in evidente fase di sviluppo), con caratteristiche morfometriche proprie di indicatori ambientali di instabilità del substrato. Nello specifico si rilevano morfologie con geometria tronco-conica, con pareti che in alcuni casi raggiungono la verticalità nei sedimenti lacustri che delimitano a tetto il substrato litoide a profondità non note.

In alcuni casi, alla base di tali depressioni, visivamente si rileva l'esistenza di sorgenti sublacuali come testimonia il pennacchio di "torbidità" generato dalla spinta dell'acqua sui depositi limoso-sabbiosi del fondale. Tali strutture morfologiche (di cui manca ancor oggi un accurato censimento), paiono distribuite soprattutto nelle zone limitrofe ad abitazioni lungo la sponda orientale del lago.

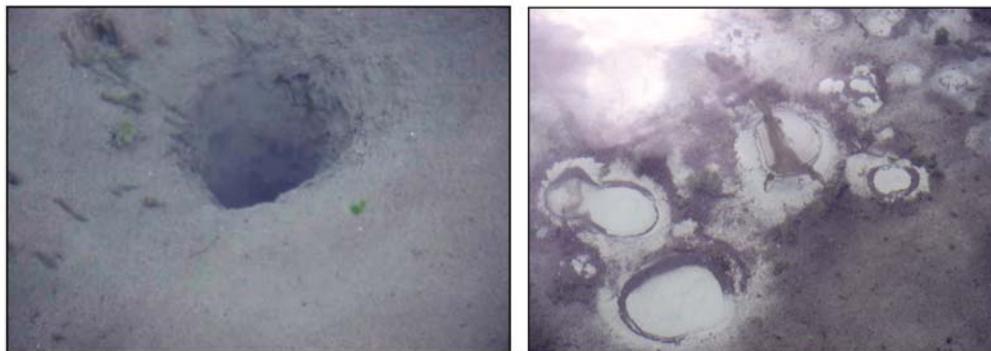


Figura 25 - Cavità di recente formazione sul fondo del lago. Località Lago Chiaro (Posta Fibreno) foto 2003

È verosimile che dal concorso di fattori sia naturali che antropici derivi la genesi degli elementi di instabilità geoambientale ricorrenti nel territorio di Posta Fibreno.

Tra le attività antropiche che interessano l'area in esame, è certamente di rilevante importanza l'esistenza di captazioni molto produttive, ubicate alla periferia orientale del lago. Di particolare rilievo per la considerevole portata di emungimento (400 - 600 L • S -1), si cita il Campo Pozzi (ex CASMEZ) gestito dalla ACEA, circoscritto in una fascia di limitata estensione alla base del rilievo su cui si estende parte del paese di Posta Fibreno.

Le modalità di sfruttamento della falda basale, la dinamica di flusso nell'acquifero carsico generata dal simultaneo pompaggio dei pozzi in esercizio, le possibili interferenze dei pozzi in erogazione con lo specchio lacustre (sistema globale), costituiscono elementi di analisi che potrebbero giustificare almeno in parte la genesi di tali cavità che, indubbiamente, rappresentano evidenze di fenomeni di instabilità e di pericolosità per la popolazione dell'area.

○ *Il fenomeno delle "Acque Bianche"*

Questa area è stata interessata in tempi recenti da ricorrenti fenomeni di incerta origine con forte impatto emotivo sulla popolazione del luogo. I sudetti "Boati" (presumibilmente terremoti di bassa intensità) e il repentino intorbidimento delle acque sorgentizie ("acque bianche") sono il risultato di eventi fisici di cui è ancora sconosciuta la causa. Tali eventi hanno più volte imposto l'interruzione dell'erogazione d'acqua dai pozzi ACEA, in quanto non idonea ad usi potabili per l'elevata torbidità.

Dai casi noti, il fenomeno delle acque bianche può verificarsi in qualsiasi periodo dell'anno, apparentemente senza eventi precursori. Il settore del lago in cui si manifesta più frequentemente tale fenomeno si estende all'area "Lago Chiaro", nei pozzi 1, 2 e 9 del campo ACEA ATO 5 e le sorgenti sublacuali antistanti le captazioni ACEA.

Ad oggi, siamo a conoscenza che il fenomeno si è verificato nelle seguenti date:

- 8 Maggio 1998
- 31 Luglio 2000
- 17 Maggio 2004
- 13 e 16 Gennaio 2006
- 20 Marzo 2006

Ortofoto - volo 2000, raffigura un imprecisato evento di "acque bianche", evidente la clorazione lattiginosa delle acque



Poiché la popolazione associa tali eventi al manifestarsi di tremori del suolo e a repentini sbalzi di livello del lago, abbiamo cercato di verificare tali indicazioni esaminando nel dettaglio possibili riscontri con l'attività sismica locale con i dati di livello registrati e alcuni parametri rilevati in loco durante un evento delle "acque bianche".

Sebbene poco numerosi, alla luce dei dati acquisiti si può ipotizzare che fluidi gassosi (CO₂ e CH₄) di origine profonda, risalgano in superficie attraverso la faglia della Val Roveto. L'improvvisa liberazione dei gas dalle acque della falda carsica, determina l'immediato spostamento dell'equilibrio dei termini della reazione chimica con la precipitazione del soluto in eccedenza che dà luogo alla formazione di cristalli di calcite ("Acque Bianche"). Il processo di rilascio improvviso di fluidi gassosi acidi potrebbe essere innescato in tal modo da sollecitazioni sismiche agenti sulla faglia della Val Roveto, anche se si ritiene poco probabile l'effetto della sismicità locale che risulta a "bassa frequenza". Al contrario, potrebbe esserci un legame con sciami sismici ad "alta frequenza" provenienti da "scosse" molto forti come quelle globali verificatisi nella fascia euro-asiatica ed africana.

Non di facile interpretazione risulta essere il fenomeno dei tremori superficiali, per quanto tali eventi sono presumibilmente assimilabili ad elevate pressioni dell'acquifero nei periodi dei livelli di piena delle sorgenti che alimentano il Lago. Tale fenomeno per tanto, potrebbe essere associato ad una notevole pressione idrostatica dell'acquifero, tale da produrre un "Colpo d'Ariete". Consiste in un'onda di pressione che si origina in prossimità delle sorgenti, a causa dell'inerzia della falda freatica in pressione che spinge contro le pareti nell'acquifero. L'intensità del colpo e il valore della pressione massima dell'onda possono raggiungere livelli tali da scuotere parte dell'idrostruttura sovrastante le sorgenti.

Sarebbe auspicabile attivare un progetto di ricerca con relativo piano di monitoraggio degli eventi di "Acque Bianche" potendo approfondire gli effetti prodotti da tali eventi. L'insieme di queste informazioni e l'elaborazione di dati sperimentali, porterà inevitabilmente alla formulazione di ipotesi meglio definite atte a spiegare un fenomeno così particolare.

Aspetti Idrologici del Fiume Fibreno

Il Fiume Fibreno emissario del Lago Fibreno, raccoglie le acque delle sorgenti carsiche poste alle pendici Sud occidentali della Marsica e lo scorrimento superficiale che si produce nel bacino imbrifero. Il bacino imbrifero copre un'area di 24 km² a monte della sezione idrometrica di Ponte Tapino che ne rappresenta il punto di chiusura alla quota di 288 metri. La presenza nell'area di un esteso ed evoluto carsismo, non definisce con assoluta certezza i limiti del bacino imbrifero.

Solo due corsi d'acqua perenni, con portate superiori al metro cubo, si trovano all'interno del bacino:

- Il Fiume Fibreno - Rappresenta l'asta principale del bacino, prende origine dalla confluenza delle acque del lago omonimo con le acque del Fosso di Carpello, di cui sembra costituire la naturale continuazione (nel Medioevo il Fibreno stesso era chiamato Carpello). Poche decine di metri dopo ponte Tapino (punto di chiusura del bacino) riceve il contributo del Rio, affluente di sinistra. Il Fibreno inizialmente segue un tragitto piuttosto regolare mentre, in seguito si snoda con un andamento tortuoso fino alla confluenza con il Fiume Liri, dopo un percorso di circa 11 km.
- Il Fosso Carpello - Alimentato da una serie di sorgenti tra cui la più importante è quella di Molino di Carpello alla quota di 310 metri. In prossimità delle sorgenti, è ubicato un Campo Pozzi da cui viene prelevata una quantità idrica di circa 50 L/s, che alimenta l'acquedotto di Sora. Dopo circa 2 km il Carpello confluisce con l'emissario del lago dando origine al Fiume Fibreno alla quota di 289 metri in prossimità de "La Peschiera".

Effettuando una valutazione di massima dell'area di alimentazione delle sorgenti del Fibreno, ipotizzando come rappresentativo il tasso medio d'infiltrazione efficace del dominio di piattaforma carbonatica della Marsica Occidentale e il valore della portata media ricavato dalla serie storica del Fiume Fibreno (Ponte Tapino), si ricavano le seguenti indicazioni:

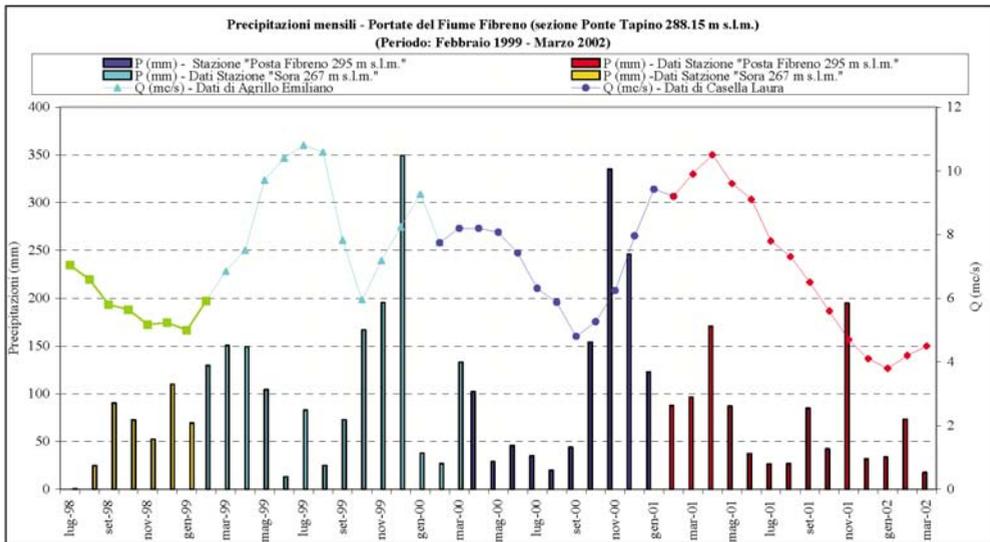
1. dai dati di portata della serie storica del Servizio Idrografico di Stato (Compartimento di Napoli), al punto di chiusura del bacino imbrifero del Fiume Fibreno, si calcola un valore annuo medio di 9,25 m³/s. Considerando un assorbimento medio dei calcari di piattaforma da 20 a 25 litri per Km² si ricava che, per giustificare la portata di 9,25 m³/s, occorre un'area di alimentazione compresa tra 380-480 Km².
 2. Il solo bacino imbrifero del lago Fibreno (24 Km²) non giustifica una portata media di 9,25 m³/s, infatti, con un area di alimentazione di 24 Km² avremmo dovuto misurare a Ponte Tapino un deflusso di circa 500 litri al secondo contro i 9300 litri effettivi. Per tale motivo è verosimile un areale compreso tra 380 e 480 km², che ricalca i limiti del sistema acquifero Marsica Occidentale, come precedentemente descritto.
- o *Regime del Fiume Fibreno e livelli idrici del Lago*

Il regime del Fiume Fibreno rappresenta l'espressione indiretta della circolazione sotterranea alimentata dalla falda carsica regionale della Marsica Occidentale, in rapporto agli afflussi solido-liquidi che hanno interessato l'area di ricarica del complesso sorgentizio.

L'analisi comparata delle portate del Fiume e delle precipitazioni consente di fare alcune considerazioni sul processo di "alimentazione-scarica", che caratterizza la dinamica dell'acquifero carsico. Il processo ha inizio con l'infiltrazione delle acque di pioggia e derivanti dallo scioglimento della neve, nella roccia serbatoio, e si conclude con la "scarica" della falda alimentata dalle suddette precipitazioni. Il processo avviene in tempi più o meno lunghi dipendendo direttamente dalle modalità di ricarica della falda, legate a loro volta al regime pluviometrico e dall'estensione superficiale (geometria) dell'intera idrostruttura.

Sul Fiume Fibreno sono state condotte, durante il periodo di osservazione (1999 - 2002) con frequenza mensile, misure di portata alla sezione "Ponte Tapino" (288 m), in prossimità dell'asta idrometrica di controllo del Servizio Idrografico di Stato e lungo il Fosso Carpello. Tale indagine idrologica delle sorgenti carsiche del sistema Fibreno-Carpello ha evidenziato una apprezzabile variabilità stagionale delle portate. Questo fenomeno può essere attribuito alla diversa "tipologia" delle precipitazioni solide o liquide.

Dalle misure mensili di portata eseguite, si calcola una media di 7,7 m³/s. (Tesi: Agrillo, Casella, D'Andrea). La portata minima di 3,82 m³/s è stata misurata a Gennaio 2002, la massima di 10,8 m³/s a Luglio 1999.

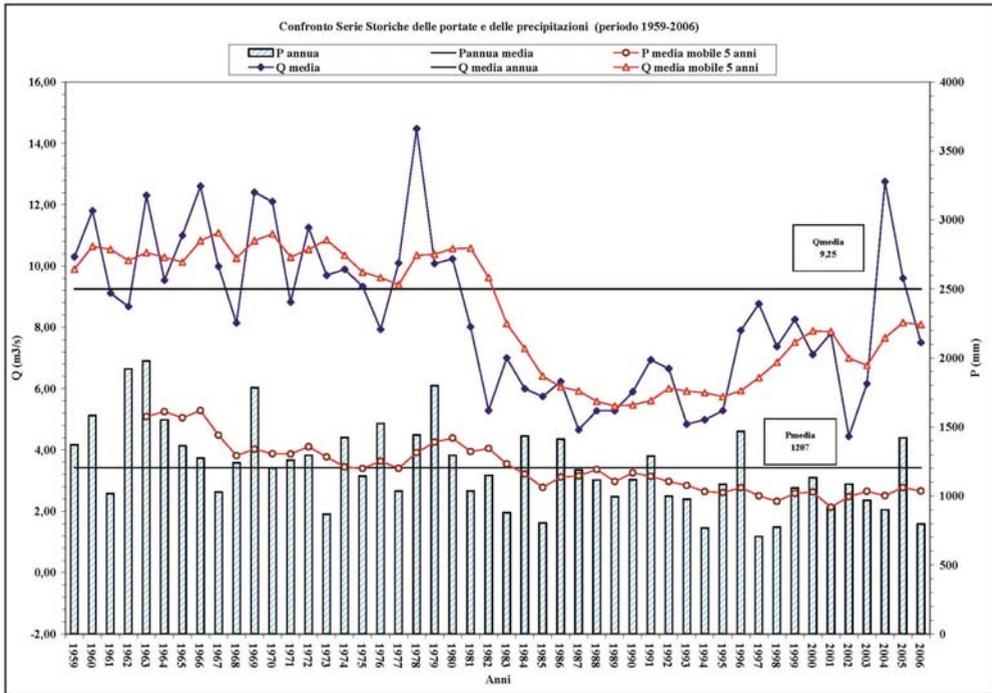


La Figura mette a confronto l'andamento delle precipitazioni rilevate alla stazione di Posta Fibreno e Sora con le portate del Fiume Fibreno. Si evidenziano le oscillazioni naturali della falda che in linea generale seguono l'andamento delle precipitazioni locali fatta eccezione per il periodo primaverile-estivo (1999) quando in Luglio si misura una portata di 10,8 m³/s. Questa condizione di morbida sarebbe coerente con le abbondanti nevicate avvenute nel periodo invernale tra Gennaio e Febbraio. Un secondo picco della portata si rileva tra Dicembre 1999 e Gennaio 2000, quando il progressivo aumento delle precipitazioni da Settembre a Dicembre caratterizza un prolungato periodo d'immagazzinamento da parte del serbatoio carsico. In questo caso si osserva un ritardo di circa un mese tra il massimo delle precipitazioni in Dicembre (349 mm) e il massimo delle portate nel Gennaio del 2000 (9,3 m³/s).

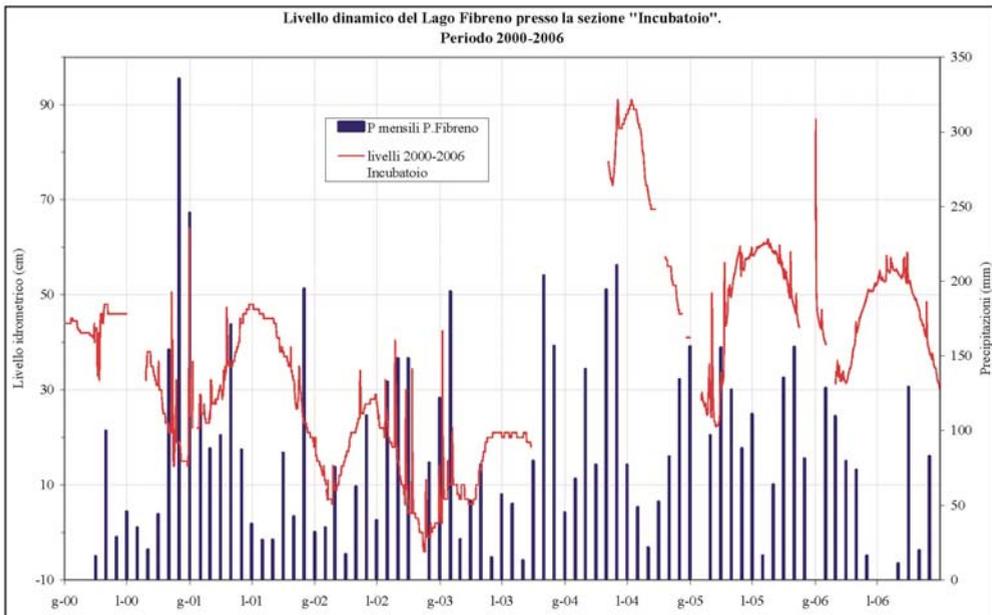
Anche l'anno 2000 presenta due picchi della portata. Il primo nel periodo Marzo-Aprile con 8,2 m³/s è contemporaneo ad abbondanti precipitazioni. Il secondo a cavallo tra Dicembre e Gennaio 2001 (9,4 m³/s), in ritardo di circa un mese rispetto alle piogge autunnali del 2000. Il picco delle portate di Gennaio, deriva evidentemente dalla entità delle precipitazioni che si sono verificate nell'area tra Ottobre 2000 e Gennaio 2001.

Rappresenta un caso particolare l'anno 2001 e la prima parte del 2002. Quest'anno in particolare è stato caratterizzato da una persistente aridità invernale e dalla mancanza di precipitazioni di un certo rilievo nel periodo autunnale. Nel complesso al 2001 viene attribuita una precipitazione di 921 mm che rientra nei minimi registrati dalla stazione di rilevamento. Nel 2002, a differenza degli altri precedentemente descritti, non si osservano due picchi di portata.

Se i valori di portata vengono confrontati con i dati della serie storica delle precipitazioni di Sora, registrati tra il 1959 e il 2006, per lo stesso periodo il comportamento dei deflussi del Fibreno, in relazione al diminuire delle precipitazioni, ha evidenziato un progressivo decremento della portata a partire dal 1982-83, tutt'oggi in atto.

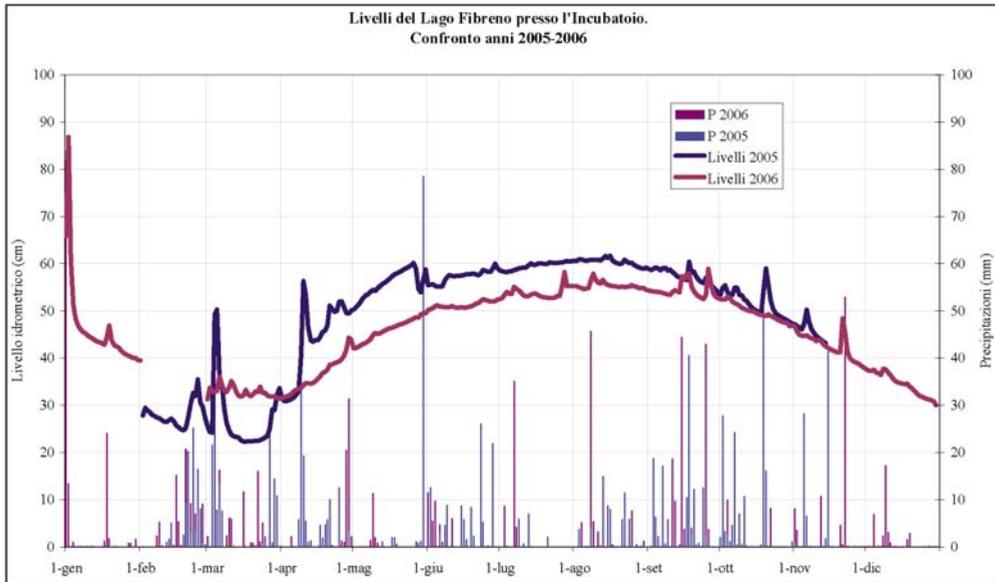


Nella figura seguente, si evidenzia la stretta correlazione tra l'effetto prodotto dalle precipitazioni e dalle portate delle sorgenti, sui livelli idrometrici dello specchio lacustre.

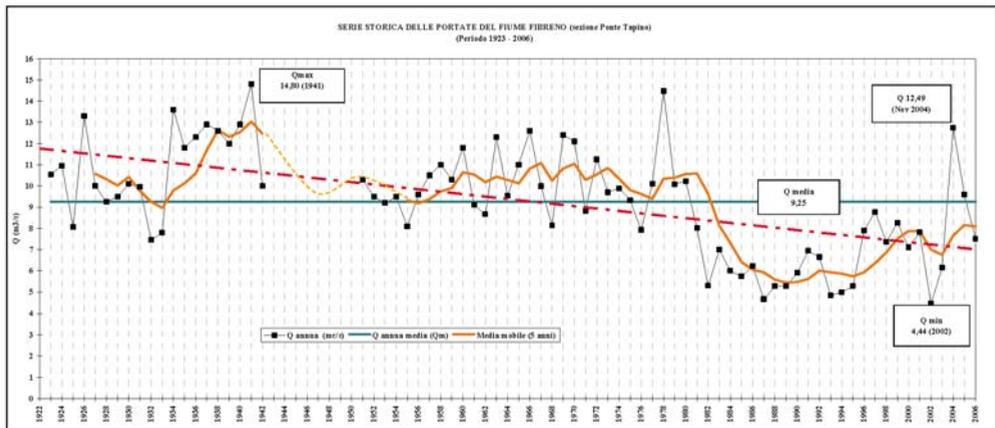


I dati idrometrici riferiti alla sezione Incubatoio tra il 2000 e il 2006, evidenziano picchi dovuti a consistenti eventi piovosi ricorrenti nei periodi tra Novembre e Gennaio. Si rileva inoltre l'andamento altalenante del livello del lago che ha raggiunto il valore minimo nel Novembre 2003 e il massimo nel Luglio 2004.

Dai dati annuali di livello dell'Incubatoio, si fa rilevare come negli ultimi due anni (2005 e 2006) il livello minimo del 2006 sia leggermente più basso nella fase di crescita estiva di quello del 2005. Si può ipotizzare quindi che nell'anno 2006 la ricarica dell'acquifero marsicano non sia stata della stessa entità del 2005 e che una diminuzione progressiva delle portate lasci prevedere una recessione più accentuata delle risorse idriche disponibili.



Nel complesso dalla analisi dei dati della serie storica del Fiume Fibreno (1923 - 2006) emerge che, globalmente c'è stato un decremento delle portate, che a partire dal 1980 al 1982 hanno raggiunto mediamente, valori di molto inferiori al valore medio della serie storica di 9,25 m³/sec, definendo così un prolungato periodo "arido".



Di conseguenza in un periodo arido così prolungato (come quello attuale) il flusso del fiume e delle sorgenti raggiungerà probabilmente un minimo determinando una crisi idrica che desta particolare attenzione. Proprio alla base di un biotopo lacustre come quello di Posta Fibreno c'è l'acqua, e l'esistenza di una sorgente come è noto, diventa sito di diversità biologica. Infatti questo sistema di sorgenti carsiche, che alimenta un bacino lacustre via via sempre più ristretto fino a diventare fiume, risulta essere ricco di relitti biogeografici botanici e zoologici di elevatissimo valore documentario e naturalistico.

Caratterizzazione Idrochimica delle Sorgenti Campionate nel Bacino Idrogeologico del Fibreno

Le analisi idrochimiche sono state eseguite con frequenza mensile su campioni prelevati alle sorgenti e lungo le aste fluviali principali dal 1999 al 2006.

Nei punti d'acqua selezionati, sono state eseguite analisi chimico-fisiche in sito al momento del campionamento. Per alcuni campioni, ritenuti più significativi, sono state eseguite analisi chimiche ed isotopiche, per la determinazione dei principali ioni e complessi ionici, presso i laboratori del DST dell'Università "La Sapienza" di Roma, e per il tenore isotopico presso il laboratorio specializzato Geokarst Engineering di Trieste.

Per quanto riguarda le analisi speditive di campo, sono stati rilevati i seguenti parametri chimico-fisici: Temperatura (T), Conduttività Elettrica (C.E.), Salinità Totale (TDS - Total Dissolved Solids), pH ed ossigeno disciolto (O.D.). Le determinazioni di campo sono state eseguite con strumentazione digitale particolarmente sensibile.

Le analisi chimiche di laboratorio, come accennato precedentemente, tale operazione ha riguardato solo alcuni campioni selezionati per poter classificare dal punto di vista chimico le acque delle sorgenti di Posta Fibreno. Le analisi chimiche di laboratorio hanno permesso di determinare i seguenti ioni e complessi ionici: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ tra i cationi; HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} tra gli anioni. È stata inoltre determinata la durezza dell'acqua espressa in gradi francesi ($^{\circ}\text{F}$) e, relativamente ai soli mesi di Maggio e Novembre, la silice (SiO_2).

La determinazione dei bicarbonati ha avuto luogo entro poche ore dal prelievo dei campioni, infatti la variazione della pressione parziale della CO_2 tra il campionamento e l'analisi, provoca la precipitazione di CaCO_3 falsando conseguentemente la lettura dei risultati.

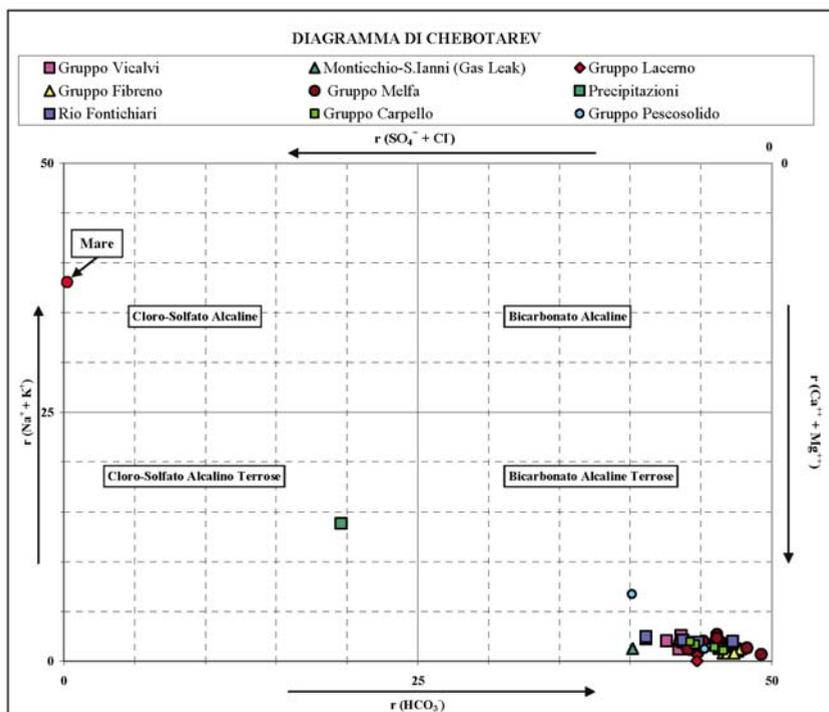
Le determinazioni degli isotopi stabili dei campioni prelevati nell'area di studio, sono state ottenute grazie al finanziamento del Parco Nazionale d'Abruzzo. Le analisi effettuate hanno misurato i soli isotopi del $\delta^{18}\text{O}$ (Ossigeno-18) e del $\delta^2\text{H}$ (Deuterio).

o *Diagramma Idrochimico di Chebotarev*

Dai dati ottenuti, considerando i valori di reazione dei costituenti chimici maggiori, è possibile riconoscere i processi principali che determinano le caratteristiche geochemiche delle acque naturali.

Con l'aumentare del tempo di residenza delle acque sotterranee nella roccia serbatoio, tende ad accrescere la mineralizzazione (TDS) per l'incremento della concentrazione delle specie maggiori come calcio, magnesio, sodio, potassio, bicarbonato, cloro e solfato. In generale le acque più superficiali nelle zone di ricarica hanno un contenuto di solidi disciolti minore di quello contenuto nelle acque più profonde appartenenti allo stesso sistema.

Trasformando i dati analitici di laboratorio (meq/L) delle sorgenti campionate in valori percentuali, si costruisce il diagramma quadrangolare *di Chebotarev*. Nel citato diagramma di forma quadrata vengono riportate le percentuali riferite al 50 %, dei valori di reazione $r\text{HCO}_3^-$, $r(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$, $r(\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-)$ e $r(\text{Na}^++\text{K}^+)$.



I campioni riferiti alle acque sorgentizie e sotterranee esaminate, sono compresi nel quadrante inferiore destro del grafico proprio delle Acque Bicarbonato Alcalino Terrose. In questo settore del diagramma i cationi $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e il gruppo anionico HCO_3^- prevalgono sugli altri elementi e complessi rappresentati. Nel complesso tutte le acque sorgentizie e di falda sono considerate Bicarbonato Alcalino Terrose; le lievi differenze che si evidenziano sono soprattutto nei tenori del bicarbonato e di magnesio. Nel diagramma si nota come tutte le acque esaminate ricadano nel quadrante di destra, settore opposto a quello dove ricade l'acqua di mare (Acque Cloro Solfato Alcaline). La distribuzione nel quadrante interessato dalle acque continentali oggetto della ricerca evidenzia come lo smistamento avvenga lungo un'allineamento parallelo all'asse del $r(\text{HCO}_3^-)$. Le acque sorgentizie più bicarbonato calciche sono quelle appartenenti al Gruppo del Fibreno leggermente più ricche in HCO_3^- rispetto al Gruppo Carpello. All'opposto del gruppo Fibreno si collocano le sorgenti del Gruppo Vicalvi, percentualmente più povere in $r(\text{HCO}_3^-)$ ma più ricche in $r(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$. Il Gruppo Melfa presenta acque sorgentizie variabili in un ampio range di $r(\text{HCO}_3^-)$ esteso dal Gruppo Fibreno al Gruppo di Vicalvi

o *La pressione parziale dell'Anidride Carbonica ($p\text{CO}_2$)*

I gas di origine profonda sono essenzialmente costituiti da CO_2 che rappresenta il gas serra per eccellenza, accompagnata in genere da un corteo di costituenti minori quali H_2S , CH_4 , He, Rn, etc. In parte alcuni di questi gas, di compagnia della CO_2 , sono presenti nelle sorgenti Monticchio e Fosso S.Ianni, poste in Val Comino a pochi chilometri di distanza da lago di Posta Fibreno. Dalle sorgenti risulta la presenza di Rn con 134 pCi L^{-1} a Monticchio e con 144 pCi L^{-1} a S.Ianni, l'Elidio con 9800 ppb v/v a Monticchio è presente con 800 ppb v/v per S.Ianni (Dati ENEA, 1995). La CO_2 , come tutti i gas, tende a migrare lungo vie preferenziali che in prima approssimazione sono rappresentate da faglie attive. Tra queste possiamo distinguere discontinuità di importanza globale, bordi di placche, quelle di rilevanza regionale e locale che raggiungono profondità notevoli. Lungo queste ultime si possono infilare e risalire fluidi gassosi di origine profonda, risultato della degassazione profonda.

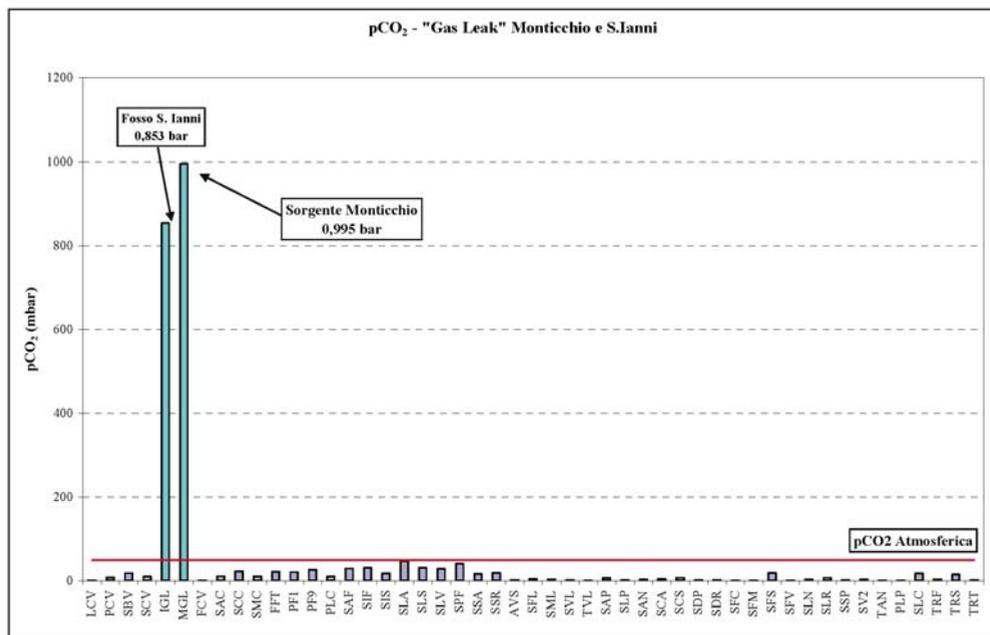
La presenza della CO_2 e dell'elio ^3He e ^4He suggerisce un coinvolgimento del mantello nel processo che origina i gas emessi in Italia centrale. I gas prodotti in profondità si accumulano in

serbatoi permeabili che in Italia centrale sono composti prevalentemente da complessi carbonatici mesozoici. Questi serbatoi naturali sono generalmente occupati da riserve idriche. Quando la pressione totale del flusso gassoso che intercetta la falda supera la pressione idrostatica dell'acquifero sovrastante, una parte di gas libero diventa una sorgente ad alto flusso di CO₂ verso la superficie. La degassazione dalle riserve di gas in pressione generano anomalie della pCO₂ nei sovrastanti acquiferi. La formazione di emissioni gassose in superficie può aver luogo in aree caratterizzate da sequenze carbonatiche affioranti che ospitano acquiferi regionali. In queste condizioni il gas si dissolve miscelandosi nella falda.

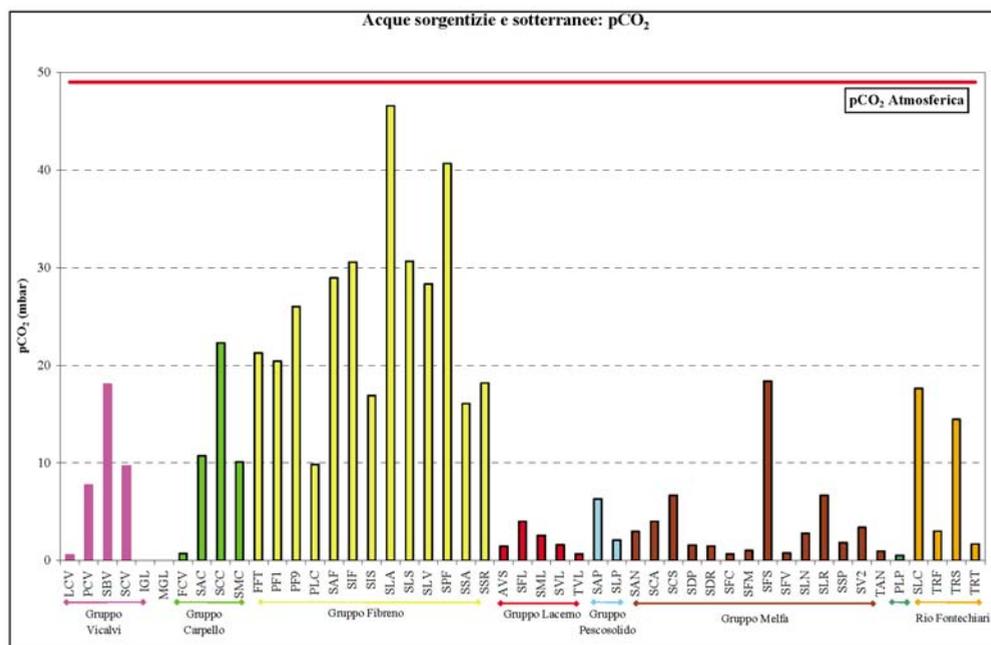
Gli acquiferi regionali possono trasportare e diluire enormi quantità di CO₂ con evidenze geochimiche in soluzione, dei processi profondi di degassazione che avvengono su scala regionale. La CO₂ di origine profonda presente nella falda viene rilasciata nella atmosfera quando le acque sotterranee riemergono in superficie. Nel momento in cui l'acqua raggiunge la superficie e tende a rilasciare la CO₂ disciolta nell'acqua di falda, determina il chimismo della sorgente.

I valori di pCO₂ delle sorgenti carsiche della falda basale dell'idrostruttura marsicana occidentale, hanno mostrato una certa variabilità e discontinuità dei valori medi. Questo carattere potrebbe trovare una spiegazione nel fenomeno di diluizione del gas.

Per Montichio e S.Ianni si tratta di fughe di gas localizzate in litoformazioni argilloso-arenacee caratterizzate da bassi valori di permeabilità.



Si ritiene che anche la sorgente Approdo, appartenente al gruppo Carpello-Fibreno, sia interessata da fluidi gassosi che interagiscono con le acque del circuito carsico, determinando variazioni del pH, di Conducibilità Elettrica e Salinità Totale.

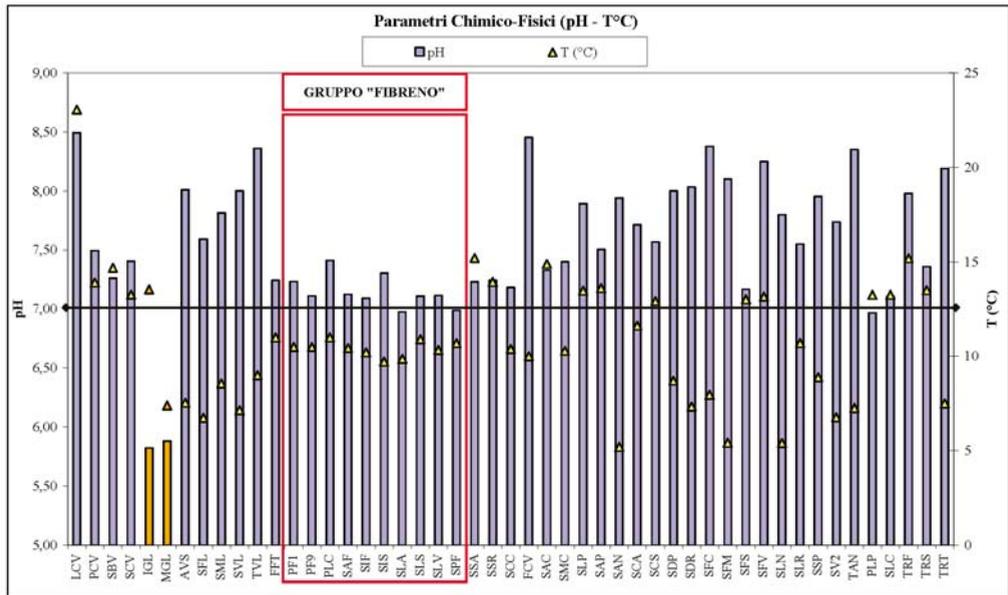


Nelle acque circolanti in calcari, il pH è legato essenzialmente agli equilibri del sistema CO₂ - H₂O - CaCO₃ che vengono regolati dalla pressione parziale di anidride carbonica in fase gassosa e dalla temperatura.

I valori medi di pH nella generalità dei casi esaminati, presentano un andamento regolare, nell'intervallo compreso tra il valore minimo di 5,84 (Sorgente Monticchio) e il valore massimo di 8,35 (Sorg. Acqua Nera). Per le acque sorgentizie del Lago di Posta Fibreno i valori di pH presentano una certa variabilità. Del sistema Carpello - Fibreno, le sorgenti di Molino Carpello, le più alte in quota, hanno un valore di pH di 7,40. In generale tutte le sorgenti che alimentano il lago Fibreno presentano valori compresi tra 7,00 e 7,30, ad esclusione della sorgente Approdo (come accennato in precedenza). In particolare questa presenta un valore medio di pH di 6,98 unità. Il confronto della pCO₂ (bar), tra le sorgenti del sistema Fibreno-Carpello evidenzia che all'aumentare del tenore di CO₂ in fase gassosa in acqua cambiano i valori di pH tendendo all'acidità. In questo quadro, la sorgente Approdo è la più acida (6,98) e presenta un valore di pCO₂ 0,046 bar. Questo valore di pCO₂ è il più alto riscontrato nelle sorgenti carsiche del sistema Carpello-Fibreno (figura in alto).

I valori di pH delle sorgenti gassose di Monticchio e di Fosso S.Ianni, caratterizzate da un forte degassazione con presenza di CO₂, sono i più bassi (acidità) riscontrati nell'area, presentano rispettivamente valori medi di 5,88 e 5,82.

Nel resto delle sorgenti misurate, l'andamento dei valori mensili di pH non raggiunge valori di spiccata acidità. Di alcune sorgenti maggiormente rappresentative dell'area di indagine, è riportato il corrispettivo valore di pH nella figura in basso.

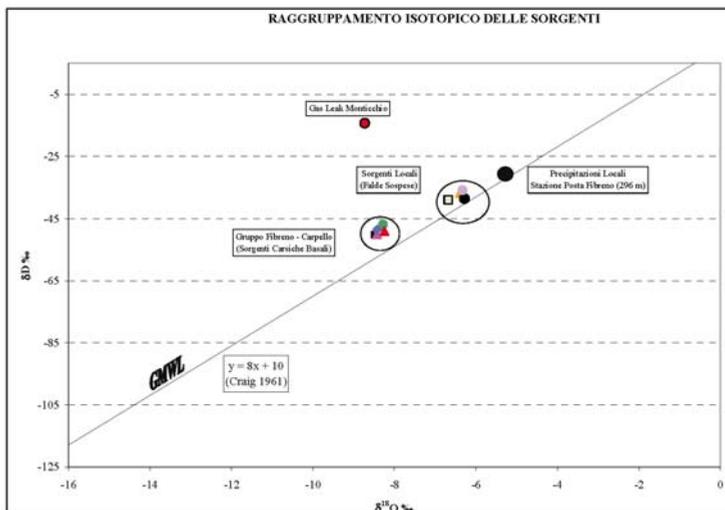


○ *Indicatori Isotopici delle acque sorgentizie*

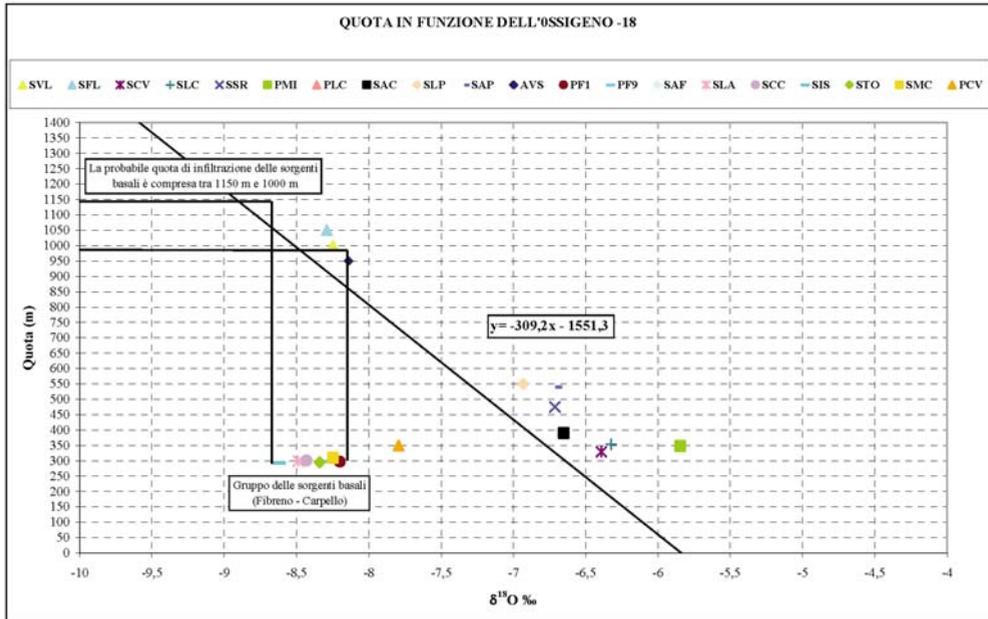
L'Ossigeno-18 ($\delta^{18}\text{O}$) e il Deuterio ($\delta^2\text{H}$) sono isotopi stabili, rispettivamente dell'ossigeno e dell'idrogeno e vengono utilizzati in geochimica come "traccianti naturali" poichè fanno parte della molecola dell'acqua.

Gli isotopi vengono largamente utilizzati in idrogeologia come indicatori ambientali sia per la caratterizzazione dell'acqua sia per determinarne l'origine. Determinando i contenuti in isotopi pesanti stabili delle acque sotterranee e correlandoli con le variazioni della composizione isotopica delle acque di precipitazione in funzione dell'altitudine, è possibile calcolare la quota media dell'area di ricarica di sorgenti e falde.

Dal 1999 al 2002 sono state campionate, con periodicità mensile e con prelievi puntuali, le acque delle principali emergenze sorgentizie (sospese e basali), ubicate sul versante occidentale dell'idrostruttura Marsicana e le acque di pioggia, al fine di determinarne il contenuto in $\delta^{18}\text{O}$ e in $\delta^2\text{H}$.



I valori di $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ delle precipitazioni raccolte mensilmente nella stazione pluviometrica "Posta Fibreno" (quota 296 m), sono messi a confronto nella figura con la Retta Meteorica Globale (GMWL Craig 1961). Nella stessa figura, è evidente un ulteriore confronto tra le precipitazioni e le acque sorgentizie dell'area. Le acque isotopicamente più negative sono quelle del Gruppo "Fibreno-Carpello" (sorgenti e pozzi), con valore medio in $\delta^{18}\text{O}$ compreso tra $-8.6 \delta\%$ e $-8.2 \delta\%$ e in $\delta^2\text{H}$ tra $-51.0 \delta\%$ e $-46.0 \delta\%$. Le acque con i valori isotopici più positivi sono quelle appartenenti al Gruppo "Lacerno" con $\delta^{18}\text{O} = -6.54 \delta\%$ e $\delta^2\text{H} = -36.19 \delta\%$. I dati isotopici disponibili evidenziano nell'insieme una graduale positivizzazione dal Gruppo "Fibreno-Carpello" con valori più negativi.



Il rapporto altitudine/ $\delta^{18}\text{O}$ consente di calcolare il gradiente isotopico altitudinale; il gradiente ricavato dai valori isotopici di sorgenti della Marsica Occidentale è di $\delta^{18}\text{O} = -0.31 \text{‰}$ ogni 100 m.

Sebbene i dati di $\delta^{18}\text{O}$ riferiti alle acque sorgentizie di piccole falde sospese siano ancora scarsi, si precisa tuttavia che il valore del gradiente isotopico altitudinale calcolato per la Marsica occidentale è in accordo con gli effetti associati agli aspetti fisici del territorio. Ciò viene evidenziato dal coefficiente angolare della retta di correlazione quota / ossigeno-18, rispetto ai altri calcolati per altre catene appenniniche dell'Italia centrale, più ad occidente della catena Marsicana. La differenziazione dei gradienti altitudinali delle differenti idrostrutture è dovuta presumibilmente alla combinazione di più effetti: in particolare l'effetto altitudine e l'effetto continentale, unitamente all'influenza che le masse d'aria di diversa provenienza hanno sulle caratterizzazione isotopica della matrice acquosa delle precipitazioni.

Dalla correlazione Quota / $\delta^{18}\text{O}$ (figura in alto) si evince che la quota media "teorica" di infiltrazione delle acque che alimentano le sorgenti basali del Lago di Posta Fibreno è compresa tra quota 1000 e quota 1150.

Vulnerabilità degli Acquiferi Carbonatici

In generale le rocce carbonatiche possiedono un'elevata capacità di assorbimento delle precipitazioni, più elevata nei calcari rispetto alle dolomie per le quali lo sviluppo del carsismo risulta, a parità di altre condizioni, minore. I tempi di residenza delle acque nei serbatoi carsici variano in funzione della diversa configurazione strutturale dell'acquifero, sia per la

distribuzione ed organizzazione del reticolo di condotti sia per il grado di fratturazione delle masse litoidi. Nel carso epigeo e ipogeo, può verificarsi la diffusione di sostanze contaminanti che raggiungono la falda basale.

Nei periodi aridi e di magra pronunciata l'acquifero carsico può immagazzinare nei macrosistemi ipogei della zona areata fluidi inquinanti senza possibilità di espulsione immediata per la scarsità di precipitazioni. Con le precipitazioni del periodo autunnale e invernale, soprattutto con afflussi di rilievo, i fluidi inquinanti vengono rimobilizzati nel circuito ipogeo, che in tempi generalmente brevi raggiungono la falda basale e successivamente le sorgenti.

Le possibili fonti di contaminazione delle sorgenti carsiche dell'area lacustre del Fibreno sono prevalentemente di origine antropica, riferibili alle pratiche agricole, ai rifiuti solidi e allo scarico d'acque fognanti in ambiti territoriali carenti in efficienti sistemi di depurazione.

o *Sostanze Azotate*

L'azoto ammoniacale, derivante dalla degradazione della materia organica azotata, non può essere assimilato come tale dagli organismi ma deve essere trasformato in sali utilizzati dalle piante, cioè i nitrati (NO_3). Speciali batteri a respirazione aerobica sono capaci di ossidare la sostanza organica emettendo, come prodotti di scarto, anidride carbonica ed acqua. Tali batteri sono i batteri nitrificanti, che ossidano l'ammoniaca (NH_3) a nitriti (NO_2), e i Nitrobacter, che ossidano i nitriti a nitrati (NO_3). I nitrati rappresentano quindi il prodotto finale dell'intero ciclo dell'azoto, che inizia dall'ammonizzazione della sostanza proteica.

La presenza dei nitrati nelle sorgenti è associata in parte anche allo smaltimento delle sostanze liquide di origine antropica (abitazioni e industrie) e animale (stalle e pascoli intensivi). L'alto tenore dei nitrati, nelle acque usate per l'alimentazione può provocare gravi danni fisiologici.

Nelle sorgenti analizzate i valori di NO_3 sono compresi tra i 0 e 6 mg/L ad eccezione delle sorgenti "La Sala" 7,72 mg/L, "La Castellana" 7,01 mg/L e il fontanile "La Cava" con 9,54 mg/L. I valori maggiori si misurano alle sorgenti "La Purifica" 17,21 mg/L e al pozzo "La Pescura" con 16,9 mg/L. Probabili perdite del sistema di fognature e la percolazione di fluidi provenienti da stalle, potrebbero giustificare i tenori più alti dei nitrati comunque bassi rispetto ai valori indicati nelle tabelle dei decreti legge attualmente vigenti.

I valori bassi in nitrati ad oggi misurati, fanno riferimento a campionamenti con scadenza mensile. Tale campionamento è stato utile alla caratterizzazione chimica delle sorgenti per quanto riguarda il contenuto medio in nitrati. Diversamente, andrebbe effettuato un dettagliato campionamento per valutare i rapporti tra infiltrazione delle acque meteoriche e mobilità di sostanze inquinanti nel circuito carsico, che ospita le sorgenti e su cui giace il centro abitato di Posta Fibreno. Tale indagine potrebbe rilevare alcuni valori particolarmente elevati, nell'acque del lago, soprattutto in quei periodi prossimi agli eventi di deflusso elevato delle sorgenti successivamente a intense manifestazioni piovose.

Conclusioni

L'analisi ambientale svolta dagli scriventi dal 1999 al 2006, ha condotto alla definizione dei parametri caratterizzanti l'ambiente fisico e idrologico del lago di Posta Fibreno. In particolare, l'analisi del regime delle sorgenti carsiche che danno vita al lago e agli ambienti umidi periferici, è risultata fondamentale per la valutazione quantitativa delle risorse disponibili.

Il protrarsi di un periodo arido (1983-2006) caratterizzato da scarse precipitazioni e l'innalzamento delle temperature dell'aria registrate dalle stazioni meteo del Servizio Idrografico di Stato, ha provocato sensibili cambiamenti nel deflusso delle sorgenti. La portata media nel triennio 1999-2001 è stata di 7,7 m^3/s , inferiore al valore annuo medio calcolato in base ai dati della serie storica della stazione idrometrica "Ponte Tapino" (periodo: 1923 - 2006) con 9,25 m^3/s .

Dal punto di vista idrochimico, tutte le sorgenti in esame sono comprese nel campo delle acque bicarbonato calciche-alcaino terrose. Nell'ambito del Gruppo sorgentizio del Fibreno, dalla sostanziale omogeneità chimica dalle acque emerge la differenziazione di alcune sorgenti

caratterizzate da maggiori acidità e valori di durezza. Ciò è in relazione con localizzate risalite di fluidi gassosi di origine profonda. I gas diluiti nella falda regionale rendono le acque maggiormente aggressive nei confronti delle rocce carbonatiche, aumentando di riflesso la quantità di sali disciolti.

Manifestazioni di questo tipo legate alla risalita di gas profondi, sono note da tempo nell'area. Nella Valle di Comino, territorio interessato da sismi di notevole intensità anche in tempi recenti (si ricorda il terremoto del Maggio 1984, di magnitudo 5.8), sono presenti e sono stati oggetto di studio due siti con forti emissioni gassose: Monticchio e Fosso di S.Ianni.

La presenza di fenomeni di collasso all'interno e alla periferia del sistema fluvio-lacustre, come nella fascia pedemontana della catena carbonatica di raccordo all'area sorgentizia, è il risultato dell'azione sinergica di diversi fattori. Le oscillazioni naturali della superficie piezometrica della falda regionale (modulate dall'inerzia della grande idrostruttura marsicana), l'intensa attività tettonica e l'accentuata capacità aggressiva delle acque sotterranee (esaltata da apporti gassosi di origine profonda), determinano nella roccia serbatoio lo sviluppo di cavità carsiche in rapida evoluzione.

Le analisi degli isotopi stabili, Ossigeno -18 ($\delta^{18}\text{O}$) e Deuterio ($\delta^2\text{H}$), hanno consentito di definire la quota "teorica" media di infiltrazione delle acque di falda che alimentano la portata delle sorgenti. La retta di infiltrazione locale è stata ricavata utilizzando i dati isotopici relativi a sorgenti che presentano un'area di alimentazione estremamente ridotta, la cui altitudine è prossima alle quote di emergenza. Il rapporto Quota/ $\delta^{18}\text{O}$ di piccole "sorgenti sospese", consente di calcolare un gradiente altitudinale riferito alle sorgenti della Marsica Occidentale di -0.31 ‰ ogni 100 m.

Dal tenore medio $\delta^{18}\text{O}$ delle sorgenti basali del sistema Fibreno-Carpello, si ricava la quota isotopica media dell'area di ricarica della falda regionale marsicana. Nello specifico la quota media di infiltrazione riferita a queste sorgenti, è compresa tra 1000 metri e 1150 metri.

Nel complesso le sorgenti carsiche del Lago Fibreno e quelle del Fosso di Carpello hanno evidenziato negli ultimi tre anni una drastica diminuzione delle portate. Quello attuale è tra i periodi storici di maggiore criticità, lo stress idrico ha raggiunto intensità allarmanti con preoccupanti conseguenze sulla componente animale e vegetale dell'ecosistema lacustre. In questo scenario di criticità, il prelievo di risorse da parte dell'uomo grava considerevolmente sulla consistenza del patrimonio idrico limitandone la disponibilità per le comunità biotiche.

In generale l'uso delle risorse idriche naturali da parte dell'uomo raramente deriva da valutazioni ponderate sulla reale disponibilità delle stesse. In particolar modo nei periodi di prolungata aridità, con scarse precipitazioni, si avverte l'esigenza di promuovere strategie d'indagine per pianificare in modo corretto l'uso e la gestione delle risorse idriche rinnovabili e delle riserve idrogeologiche.

Attualmente non si conoscono le reali quantità emunte dall'acquedotto gestito dall'ACEA ATO 5 per l'approvvigionamento idrico di alcuni comuni della Provincia di Frosinone. Pertanto non è direttamente correlabile l'abbassamento idrometrico del livello idrico del lago e la perdita di pressione delle sorgenti emerse e sommerse del bacino lacustre. Tale indisponibilità dei dati dovrà essere colmata in futuro con una stretta collaborazione con l'ACEA s.p.a., al fine di aumentare le conoscenze del sistema idrogeologico profondo e poter usufruire dei dati registrati sui quantitativi d'acqua emunti dai pozzi funzionanti.

Altro aspetto non trascurabile è legato alla qualità idrochimica delle sorgenti del Fibreno, in parte connesso alla gestione del sistema di aduzione delle acque scure e del depuratore esistente. Seppure la concentrazione delle sostanze azotate (nitrati) non risulta essere superiore al limite di legge, è altresì particolare l'attuale andamento dei tenori di nitrati registrati in alcune sorgenti durante un esteso periodo di campionamento (Sorgenti presso l'Incubatoio e il Molino).

Ciò risulta ipotizzabile se le acque scure infiltrate nel circuito carsico, prospiciente le sorgenti del lago, dell'attuale sistema di raccolta del sistema fognario del paese, rimanano intrappolate nella fitta maglia fessurata del complesso carbonatico che ospita la falda basale del

Fibreno. Tale percolamento e movimento delle sostanze immesse a quote maggiori rispetto al livello di falda attuale, intercetta in basso la falda basale che scaturisce ai piedi dei contrafforti carbonatici che ospitano il centro abitato di Posta a Fibreno. Il percolamento può essere suddiviso in due distinti periodi, determinati da due velocità diverse in cui le acque scure raggiungono la falda:

1. un periodo estivo (Luglio, Agosto e Settembre), caratterizzato da scarse precipitazioni meteoriche e notevole incremento delle acque scure nel circuito carsico pressochè immobilizzate, con movimenti lenti verso la falda basale;
2. un periodo autunnale caratterizzato da un veloce dilavamento del circuito carsico areato dettato da numerose e intense manifestazioni meteoriche, con un veloce movimento delle acque scure verso ilivelli di base della falda freatica.

Tutto ciò si traduce in un regime ad impulsi che scarica in modo irregolare i reflui delle acque scure infiltrate. Le acque scure, una volta raggiunto il livello delle sorgenti, vengono diluite nel notevole contributo in termini di portata delle acque di sorgente del Fibreno. Tutto ciò si traduce in una continua e costante immissione di sostanze inquinanti nelle acque del lago, con successiva flocculazione e intrappolamento nei sedimenti argilloso-sabbiosi del fondo lacustre.

In conclusione per proteggere o conservare ambiti di "Biodiversità" è prioritario conoscere gli ambienti in cui si sviluppano le comunità vegetali ed animali, promuovendo studi e ricerche anche nell'ambito della "Geodiversità", come dimostrato dai risultati dalle ricerche multidisciplinari svolte nel bacino lacustre del Fibreno. In questo senso è necessario impegnarsi nella identificazione degli habitat più vulnerabili e delle criticità che li minacciano, per attivare un programma di conservazione, con azioni specifiche, che tenga conto dei parametri biotici ed abiotici che caratterizzano il biotopo stesso.

Indicazioni per la Gestione

Considerato il delicato equilibrio degli habitat acquatici e della Flora e Fauna acquatica e il loro stretto rapporto con la risorsa idrica, si ritiene che le maggiori criticità derivino soprattutto dalla crescente pressione antropica (captazioni e inquinamento) sulle pregiate risorse idriche presenti nell'area naturale. La cattiva gestione di un territorio particolarmente fragile sotto il profilo idrogeologico, idrologico e idrochimico delle acque sorgentizie - fluviali e di falda, unitamente alla tendenza al progressivo impoverimento delle risorse idriche disponibili, produce ed esalta guasti ambientali che alterano profondamente la naturalità del territorio considerato. L'attuale uso e gestione delle risorse idriche, con captazioni acquedottistiche per l'alimentazione idropotabile di numerosi centri urbani esterni all'area, con la presenza di depuratori presenti nell'area protetta ma non funzionanti, con la presenza di reti fognarie inesistenti, con la presenza di siti abusivi di discariche con ogni tipologia di rifiuto presenti nell'area di ricarica delle sorgenti, risulta essere inefficiente. Tutto ciò è assolutamente incompatibile con la fragilità idrogeologica del territorio, infatti queste condizioni costituiscono i fattori antropici a cui fanno riferimento gli elementi delle maggiori criticità osservate nel territorio della Riserva e dell'intero territorio del SIC e ZPS, più esteso dei limiti della RNR.

L'entità di tali criticità va valutata in base a studi comparativi sia sull'andamento ciclico annuale delle variazioni di portata delle sorgenti (caratterizzate dal fatto che nei periodi di magra la riduzione della quantità d'acqua erogata naturalmente determina una diminuzione dei fenomeni di diluizione dei soluti e una minor capacità di trasporto di materiale in sospensione rispetto ai periodi di massima portata) che sull'assetto del patrimonio biologico.

Migliorare le attuali condizioni ecologiche degli ecosistemi acquatici mantenendo un buono stato qualitativo e quantitativo della risorsa acqua, è in piena e assoluta conformità con le direttive comunitarie (2000/60/EC "Water Framework" - 92/43/CEE "Habitat" Directive), recepite da questo Stato e dal Piano di tutela dei corpi idrici prodotto dalla Regione Lazio.

L'azione necessaria e indispensabile per la futura gestione del patrimonio "ecosistemico - idrosistemico" del Lago Fibreno, è promuovere quanto prima la redazione di un Piano di Gestione Integrato del Fiume Fibreno, che tuteli le risorse Idriche (portate e qualità chimica delle acque) e le risorse biologiche (Habitat, Vegetazione e Fauna). Tale Piano di Gestione

Integrato deve coinvolgere tutti gli Enti territoriali presenti deputati alla gestione dei territori e delle risorse (idriche e naturali): Autorità di Bacino, Regione (Agenzie), Provincia, Comuni e Associazioni.

Per tutti i suddetti motivi si rende quanto mai necessario intervenire con un Piano d'Azione, mirato a migliorare tali criticità.

○ *Linee guida per la gestione della risorsa idrica*

Le azioni di intervento del Piano dovranno necessariamente svolgersi in due fasi in contemporanea, una "prima fase" di attuazione (studi e monitoraggi) e un "seconda fase" di pianificazione e gestione; tali azioni andranno a mitigare le criticità esistenti nell'area cercando di abbattere (in tempi brevi) tutti i fattori di disturbo evidenziati dagli studi e intervenendo tempestivamente sugli imprevisti.

ELENCO AZIONI POSSIBILI:

I FASE - ATTUAZIONE:

- Creazione di una rete di stazioni meteo nei siti più rappresentativi dell'area esterne e interna alla Riserva e al SIC/ZPS, con lo scopo di definire la distribuzione areale, la variabilità temporale e l'entità degli afflussi meteorici, che alimentano le falde, oltre che lo stato termico dell'aria a differenti quote;
- Installazione di registratori digitali dei livelli di falda in una selezione di pozzi-piezometri presenti nel territorio in esame. Ciò sarà di particolare utilità nella misura del campo di variabilità dei potenziali idraulici naturali dell'acquifero, nelle condizioni pluviometriche caratteristiche dell'area;
- Installazione di alcuni idrometrografi per il controllo continuo dei livelli e (indirettamente) della portata dei corsi d'acqua, nei siti del reticolo idrografico ritenuti di maggiore rappresentatività e critici (es. piene improvvise), per il controllo quantitativo delle risorse idriche naturalmente rinnovabili dell'area;
- Installazione di sonde multiparametriche digitali per il rilevamento istantaneo dei parametri chimico-fisici principali delle acque fluviali e sorgentizie in una selezione di siti ritenuti più rappresentativi e di maggiore criticità sia ambientale sia igienico-sanitaria;
- Analisi chimiche (elementi maggiori e in traccia) e microbiologiche sulle acque sorgentizie, sotterranee (condotti e cavità carsiche allagate; pozzi), superficiali (corsi d'acqua, scarico dei depuratori), per il controllo qualitativo delle risorse idriche naturalmente rinnovabili dell'area;
- Realizzazione di un laboratorio equipaggiato con strumentazione da banco, dedicato alle analisi chimiche di routine e alla conservazione dei campioni.

II FASE - PIANIFICAZIONE E GESTIONE:

- Identificazione delle aree vulnerabili e a rischio ambientale, pianificazione territoriale con nuove destinazioni d'uso;
- Costruzione di una banca dati (ubicazione delle sorgenti, portate e chimismo) dedicato all'Ente Parco e ai Comuni sul patrimonio idrico del proprio territorio, nell'ambito dei SIT (Sistemi Informativi Territoriali);
- Inoltre, nel *Database* prodotto, verranno inseriti dati riguardanti la componente biologica dei siti censiti. In particolar modo sarebbe auspicabile la produzione di un inventario correlato tra siti fisici ed emergenze floristiche, aspetti vegetazionali e emergenze faunistiche rilevate;
- Definizione degli usi idrici (potabile, agricolo, pascolo, industriale e etc.), e delle competenze attuali sulle sorgenti esistenti, schedatura dei pozzi e delle sorgenti, captazioni acquedottistiche e industriali, dei corsi d'acqua;

- Programma di concertazioni e accordi volontari tra Enti, per un uso dell'acqua affine alla tutela della risorsa e alla conservazione degli Habitat acquatici riconosciuti come prioritari dalla Direttiva "Habitat";
- Pubblicazione delle Linee Guida per la gestione e la conservazione delle risorse idriche rinnovabili dell'area, in conformità con la Direttiva CEE "Water Framework".

Ringraziamenti

Si coglie l'occasione per ringraziare sentitamente l'Ente Gestore della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno e la Regione Lazio - Assessorato all'Ambiente, per il supporto logistico e finanziario offerto, che ha consentito sia la realizzazione del convegno che l'esplorazione e il completamento degli studi Idrogeologici negli anni precedenti.

Inoltre si ringrazia il Parco Nazionale d'Abruzzo Lazio e Molise per il supporto finanziario concesso per effettuare le analisi isotopiche delle sorgenti campionate nel versante laziale del Parco stesso.

In particolar modo si rivolge un caloroso ringraziamento a Enzo Ruma e Antonio Martini, per il supporto alle attività di monitoraggio eseguite durante tutte le fasi della ricerca svolta in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "La Sapienza".

Bibliografia di Riferimento

- Agrillo E. (2003) - *Le Sorgenti carsiche del Fiume Fibreno e del Fosso Carpello: regime e caratterizzazione Idrologica, Idrochimica e Isotopica*. Tesi Sperimentale in Idrogeologia, corso di Laurea in Scienze Naturali indirizzo Conservazione della Natura e delle sue Risorse, Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
- Bono P., Agrillo E. (2004) - *Carta idrologica e idrogeologica del territorio della Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno" 1:5000*. Carta edita dalla Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno".
- Bono P., Agrillo E., Caramanna G., Casella L., D'andrea L. (2004) - *Cavità di collasso recenti e antiche nel bacino lacustre di Posta Fibreno (Frosinone)*. Atti Conv. "Stato dell'arte dello studio dei fenomeni di sinkhole e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio. Roma 20-21 Maggio 2004".
- Casella L. (2003) - *Rapporti causali tra la vegetazione ed il sistema sorgentizio della Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno"*. Tesi Sperimentale in Idrogeologia, corso di Laurea in Scienze Naturali indirizzo Conservazione della Natura e delle sue Risorse, Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
- D'Andrea L. (2002) - *Caratterizzazione Idrologica ed Idrochimica delle sorgenti del Fiume Fibreno e del Fiume Melfa*. Tesi Sperimentale in Idrogeologia, corso di Laurea in Scienze Naturali indirizzo Conservazione della Natura e delle sue Risorse, Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
- Fiori D. (2007) - *Caratterizzazione Idrologica ed Idrochimica delle Sorgenti del Fiume Fibreno*. Tesi Sperimentale in Idrogeologia, corso di Laurea in Scienze Naturali indirizzo Conservazione della Natura e delle sue Risorse, Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

ANALISI GENETICA DELLE POPOLAZIONI DI SALMONIDI DEL LAGO DI POSTA FIBRENO

P. GRATTON^o, G. ALLEGRUCCI^o & V. SBORDONI^o**Riassunto**

Il popolamento di Salmonidi del Bacino del Fibreno possiede un eccezionale valore naturalistico e biogeografico, comprendendo una popolazione ascritta alla semispecie *S. (trutta) macrostigma*, considerata la trota indigena del bacino tirrenico e una forma descritta come specie endemica separata, *S. fibreni*. La Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno ha intrapreso da diversi anni azioni tese a consolidare la consistenza numerica e la "purezza" delle *macrostigma* del Fibreno. In questo lavoro presentiamo i risultati di analisi genetiche (mtCR, microsattellite, LDH-C1) che mostrano: 1) che la popolazione ascritta a *S. (trutta) macrostigma* del Fibreno si mantiene geneticamente distinta da ceppi di trote da ripopolamento di preponderante origine atlantica, confermandosi come una delle popolazioni con maggiori caratteristiche di "naturalità" presenti in Italia. 2) che le modalità di intervento attuate fino a questo momento, seppure possono aver contribuito alla limitazione dell'introggressione alloctona, appaiono inadeguate alla gestione attuale della risorsa genetica. 3) che esistono chiare evidenze di flusso genico tra le popolazioni di *macrostigma* e almeno una parte di quelle di *S. fibreni*, e che l'introggressione localizzata di alleli *macrostigma* sembra determinare un notevole grado di struttura genetica pur nella piccolissima popolazione di *fibreni*. 4) che il parziale isolamento riproduttivo tra le due forme endemiche possa essere, almeno in parte, mantenuto da meccanismi di scelta dell'habitat o di selezione di genotipi specializzati in microhabitat differenti.

Introduzione

Le popolazioni ittiche del bacino del Fibreno possiedono un eccezionale valore naturalistico e biogeografico. La protezione di questo patrimonio, e in particolare delle due specie di Salmonidi autoctoni, costituisce uno dei principali obiettivi dell'istituzione della Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno (1983).

Le popolazioni italiane di trote hanno subito fortissime contrazioni nel numero e nella distribuzione a causa della pesca eccessiva, dell'inquinamento, e delle alterazioni apportate ai corsi d'acqua. Inoltre, soprattutto nel corso del '900, è stata estensivamente praticata l'introduzione nei corpi idrici di animali di origine alloctona (prevalentemente ascrivibili alla forma *fario* di origine atlantica). In questo modo l'originale struttura genetica è stata in grandissima parte dispersa, con gravissimi danni al patrimonio di biodiversità costituito dal differenziamento su scala fine e dagli adattamenti sviluppati da ogni singola popolazione.

Il bacino del Fibreno ospita una popolazione di trote generalmente ascritta alla semispecie *S. (trutta) macrostigma*, che è considerata la trota indigena del bacino tirrenico (Gandolfi *et al.* 1991). Il taxon *macrostigma* è considerato ormai estinto nella maggior parte del suo areale italiano, e quella del Fibreno è una delle pochissime popolazioni ancora presenti in Italia che appaiono rappresentative dell'antico popolamento di Salmonidi mediterranei (Zerunian, 2002; Gandolfi *et al.*, 1991), anche perché le immissioni di trote alloctone nel lago dovrebbero essere cessate almeno dal momento dell'istituzione dell' Area Protetta. Allo scopo di consolidare la consistenza numerica e la "purezza" delle *macrostigma* del Lago, la Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno ha intrapreso da alcuni anni il "Progetto *macrostigma*". Questo consiste essenzialmente nel favorire la riproduzione in condizioni artificiali (cattura di individui nel periodo riproduttivo, fecondazione e maturazione delle uova in incubatoio) degli individui con caratteristiche riferibili al tipo *macrostigma*. Le trote catturate che mostrano un morfotipo ritenuto "ibrido" (*macrostigma X fario*) vengono escluse dalla riproduzione e spostate all'esterno del bacino.

Una caratteristica ancora più eccezionale dell'ittiofauna di Posta Fibreno è la presenza nel bacino di una forma descritta come specie endemica, il "carpione del Fibreno", *S. fibreni*

^o Dipartimento di Biologia, Università di Roma "Tor Vergata" Via della Ricerca Scientifica 00133 Roma - valerio.sbordoni@uniroma2.it

Zerunian e Gandolfi (1990). L'esistenza di due forme distinte di trote nel lago è nota alla popolazione locale da tempo immemorabile e documentata a partire dal XVI secolo (Salviani, 1554; Chiappi, 1924). All'inizio del XIX era certamente nota l'esistenza di uno sfasamento temporale nella riproduzione del "carpione" e della "trota" (Carbone, 1965), sebbene recentemente sia stato sostenuto che il periodo riproduttivo di *S. fibreni* sia piuttosto ampio (ottobre-aprile) e in parte sovrapposto a quello di *S. (trutta) macrostigma* (Zerunian, non pubblicato). Le due specie mostrano, d'altra parte, una significativa divergenza per una serie di caratteristiche morfologiche, morfometriche e meristiche, sebbene nessun carattere preso a sé possa essere considerato effettivamente diagnostico (Zerunian e Gandolfi, 1986; Zerunian e Gandolfi, 1990; Sbordoni *et al.* non pubblicato). Alfei *et al.* (1996) hanno osservato significative differenze quantitative nel contenuto di DNA nucleare in piccoli campioni di *S. fibreni* e *S. (trutta) macrostigma*. Nessuna altra differenza genetica è stata rilevata tra le popolazioni delle due specie, che apparentemente non possiedono variabilità allozimica (Sbordoni *et al.*, non pubblicato). Tratti del DNA mitocondriale di *S. fibreni* sono stati sequenziati da Patarnello *et al.* (1994) e da Ketmaier e Bianco (2004), che hanno evidenziato la scarsissima divergenza rispetto ad altre popolazioni mediterranee di trote. Nessuno di questi autori, tuttavia, ha confrontato sequenze mitocondriali di *S. fibreni* con sequenze di individui *macrostigma* del bacino del Fibreno. La persistenza nel tempo delle due forme distinte, comunque, ha portato diversi autori a sostenere che l'ibridazione tra i taxa simpatrici *fibreni* e *macrostigma*, sia da considerare un fenomeno del tutto eccezionale (Gandolfi *et al.*, 1991; Zerunian e Gandolfi, 1990).

La nostra ricerca ha impiegato tecniche non invasive di analisi genetica (caratterizzazione in 10 loci microsatellite, PCR-RFLP sul locus enzimatico nucleare LDH-C1, sequenziamento di 1000bp della regione di controllo mitocondriale) per: a) determinare lo stato di salute genetica nelle popolazioni di salmonidi indigeni, misurando l'introgressione di geni alloctoni; b) fornire nuovi strumenti per la gestione faunistica attraverso la valutazione dei criteri attualmente impiegati nell'identificazione degli individui con costituzione genetica ibrida; c) investigare i rapporti genetici tra le popolazioni di *S. fibreni* e *S. (trutta) macrostigma*, verificando, in particolare, l'esistenza di ibridazione e flusso genico tra le due specie.

Materiali e metodi

o *Materiale biologico*

I campioni di trote del Fibreno (105 individui totali) sono stati ottenuti grazie alla collaborazione del personale della Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno tra il dicembre 2003 e il marzo 2004, durante il periodo riproduttivo, in concomitanza con le operazioni di cattura relative al "Progetto *macrostigma*" (vedi sopra). Tutti gli individui *macrostigma* sono stati catturati con l'impiego di un elettrostorditore, la maggior parte degli individui *fibreni* con l'uso di nasse. Ogni animale è stato pesato, misurato, fotografato e sottoposto al prelievo di un frammento della pinna anale (<1cm², immediatamente posto in etanolo 80% e conservato a -70°C). Le trote tornavano, quindi, subito disponibili per la spremitura delle gonadi e il successivo rilascio nei luoghi di cattura. Per ogni individuo con morfotipo *macrostigma* è stata registrata una valutazione del grado di ibridazione con elementi di ceppo atlantico, espressa (in percentuale) dal personale della Riserva Naturale addetto al "Progetto *macrostigma*".

Le catture hanno avuto luogo in 4 località della Riserva Naturale Lago di Posta Fibreno e in una località sul fiume Fibreno, a valle di un piccolo sbarramento al di fuori dell'area protetta (Fig. 26). Nei campionamenti svolti sul Torrente Carpello (campione 3) e sul Fiume Fibreno all'interno della Riserva Naturale (campione 4) sono stati catturati esclusivamente individui con morfotipo *macrostigma*, mentre il campione 5 (Fiume Fibreno all'esterno della Riserva) conteneva anche un individuo con morfotipo *fibreni*. Tutti gli altri *fibreni* sono stati catturati nelle vasche semi-naturali sottostanti l'incubatoio della Riserva Naturale (campione 1) o nei pressi delle sorgenti del Torrente Dova (campione 2).



Figura 26 - Località di raccolta dei 5 campioni selvatici di trote del bacino del Fibreno.

Al fine di permettere l'identificazione della componente alloctona della variabilità genetica delle trote del Fibreno è stato analizzato anche un campione di 23 individui di *Salmo (trutta) trutta* forma *fario* appartenente ad un ceppo impiegato per il ripopolamento di corsi d'acqua del Lazio meridionale. Gli individui sono stati messi a disposizione dal Centro Ittiogenico Provinciale di Jenne (RM).

Il DNA di ogni individuo è stato isolato a partire dai frammenti di tessuto prelevati applicando un protocollo con C-Tab (Doyle e Doyle, 1987) e risospeso in 200 µl di acqua sterile.

- o *DNA microsatellite*

Sono state impiegate 10 coppie di *primers* disegnate per amplificare regioni contenenti ripetizioni di motivi dinucleotidici ("loci microsatellite"): BS131, 543AE, T3-13 (Estoup *et al.*, 1998), Str15 (Estoup *et al.*, 1993), MST3, MST591, MST79, MST28 (Presa e Guyomard, 1996), Strutta12 e Strutta58 (Poteaux *et al.*, 1999). Le reazioni di amplificazione del DNA (Polymerase Chain Reaction, PCR) sono state condotte su *AbiPrism™* 9600 Thermal Cycler (*Applied Biosystems* Foster City, Ca, USA) impiegando *primers* (uno per ogni coppia) modificati in 5' con marcatori fluorescenti FAM- (*Invitrogen™* Groningen, Netherlands), NED- e VIC- (*Applied Biosystems*). Per le condizioni delle PCR si è fatto riferimento alle pubblicazioni citate. L'analisi delle dimensioni dei frammenti amplificati si è avvalsa di un sequenziatore automatico *AbiPrism™* 3100 Avant (*Applied Biosystems*) e del software *GeneScan™* e *Genotyper™* (*Applied Biosystems*).

- o *Ldh-C1*

L'enzima Lattato deidrogenasi retinico (solitamente indicato come *Ldh-C1* o *Ldh-5*) è polimorfico nelle trote ed è uno dei marcatori genetici più importanti nello studio delle popolazioni del complesso *Salmo trutta*. Esistono almeno cinque alleli identificabili elettroforeticamente come allozimi. Due di questi sono nettamente più comuni. L'allele "100" (indicato anche come "105") è ampiamente diffuso e decisamente prevalente nelle popolazioni mediterranee e della penisola iberica. L'allele "90" (o "100"), appare naturalmente limitato all'Europa nord-occidentale ed è presente in altissima frequenza o fissato nella maggior parte degli *stocks* usati per il ripopolamento in tutta Europa (Hamilton *et al.*, 1989; McMeel *et al.*, 2001). La frequenza dell'allele "90" è, dunque, considerata un indice dell'introggressione di geni alloctoni nelle popolazioni di trote mediterranee (Berrebi *et al.*, 2000; Machordom *et al.*, 1999; Nonnis Marzano *et al.*, 2003). Nello studio del polimorfismo del gene *Ldh-C1* abbiamo impiegato il protocollo proposto da McMeel *et al.* (2001), che consente di distinguere gli alleli "90" e "100" attraverso l'amplificazione di una porzione di 440bp del gene seguita dalla digestione con l'endonucleasi batterica *BstI* (New England Biolabs, USA).

○ *mtCR*

Numerosi studi filogeografici (ad esempio Bernatchez, 2001; Cortey et al., 2004; Splendiani et al., 2006; Apostolidis et al., 1997) hanno permesso di identificare, nel complesso *Salmo trutta*, almeno quattro linee filetiche mitocondriali ben distinte (Figura 27), la cui distribuzione naturale è generalmente considerata risultato delle vicende storiche legate alle oscillazioni climatiche del Pleistocene: la linea "atlantica" (aplogruppo AT) è diffusa nei bacini tributari dell'Oceano Atlantico dal Marocco alla Scandinavia, (Schöffmann et al. (2007) hanno suggerito che questo aplogruppo possa essere anche naturalmente presente in Sicilia); una linea "danubiana" (DA), caratterizza le popolazioni dei bacini del Mar Nero e del Caspio; due differenti linee filetiche certamente autoctone sono presenti nel Mediterraneo, chiamate, forse impropriamente, "adriatica" (AD) e "mediterranea" (ME). Una quinta linea (MA) viene riferita a *Salmo trutta marmoratus*, generalmente considerata una buona specie, endemica nel bacino Adriatico Settentrionale. Tale linea non è però filogeneticamente ben distinta dalla linea AD, ed è presente anche in alcune popolazioni dei bacini Adriatico e Ionico non ascrivibili al taxon *marmoratus*.

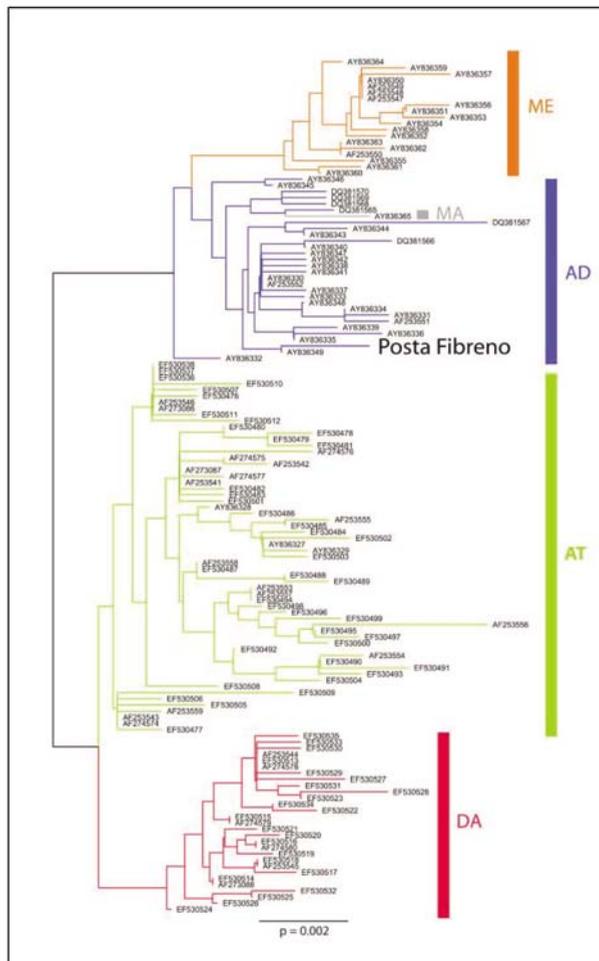


Figura 27 - Albero di Neighbor-Joining (NJ) costruito a partire dalla proporzione di siti di differenza (uncorrected *p*-distance) tra le 137 sequenze della regione di controllo mitocondriale disponibili in GenBank e l'aplotipo comune a tutti i 49 individui del bacino del Fibreno analizzati in questo lavoro. Sono evidenziate le principali linee mitocondriali riconosciute nel complesso *S. trutta*: ME, AD, MA (mediterranee); AT (atlantica); DA (danubiana). La radice dell'albero è posta per convenzione grafica al centro del ramo più lungo.

L'intera Regione di Controllo del genoma mitocondriale (ca. 1015bp) è stata amplificata mediante PCR impiegando i primers PST e FST (Cortey e García Marín, 2002), localizzati nei geni per i tRNA di prolina e fenilalanina. Gli amplificati sono stati visualizzati su gel di agarosio 1%, e trattati con Exo-Sap IT® (USB Corporation) per rimuovere nucleotidi non incorporati e primers. Le reazioni di sequenza sono state condotte impiegando Big Dye Terminator v1.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) e gli stessi primers usati nell'amplificazione. Le sequenze sono state determinate tramite elettroforesi sul sequenziatore automatico ABI Prism® 3100 presso il dipartimento di Biologia dell'Università "Tor Vergata".

- *Elaborazione dei dati genetici*

I parametri di variabilità genetica (numero di alleli per locus, eterozigosità osservata, eterozigosità attesa secondo Nei, 1978) e le frequenze alleliche sono stati calcolati impiegando il software *Genetix* (Belkhir *et al.* 1996-2001). Gli algoritmi incorporati nel pacchetto *FSTAT 2.9.3* (Goudet, 2001) sono stati usati per calcolare le statistiche *F* (Weir e Cockerham, 1984) e l'*allelic richness* (R_S : numero di alleli per campione, normalizzato sulla dimensione del campione meno numeroso), e testare l'equilibrio di Hardy-Weinberg (900 randomizzazioni sul valore di F_{IS}),. I valori di F_{ST} e R_{ST} (indici di differenziamento genetico basati, rispettivamente, sulla frequenza di alleli diversi, e sulle differenze medie nella dimensione in bp degli alleli) tra coppie di campioni e gruppi di individui, corredate dalla significatività statistica (applicando la correzione di Bonferroni) sono state ottenute impiegando *Arlequin 2.000* (Schneider *et al.*, 2000). L'analisi fattoriale delle corrispondenze (AFC) sui profili multigenotipici individuali è stata condotta con *Genetix*. Il software *Structure 2.0* (Pritchard *et al.*, 2000) è stato impiegato nell'analisi della struttura genetica della popolazione. Il programma applica un metodo di *clustering* che assume che il campione sia strutturato in *K* gruppi all'interno dei quali sussiste l'equilibrio di Hardy-Weinberg (*model based-clustering*). In seguito gli individui vengono assegnati probabilisticamente a uno o più *cluster* in funzione del proprio profilo multigenotipico. Applicando la variante del modello che prevede la possibile origine mista degli individui, si può ottenere una misura della proporzione del genoma individuale riferibile ad ogni *i*-esimo *cluster* (Q_i). Nel caso in cui i *clusters* identificati corrispondano a taxa differenti, la misura Q_{taxon} può essere impiegata come indice sintetico di ibridazione.

Le sequenze della Regione di Controllo mitocondriale (mtCR) sono state allineate e corrette impiegando il software *Chromas Pro 1.34* (Technelysium Pty Ltd.). La posizione delle sequenze mitocondriali nel quadro filogeografico della specie è stata valutata allineando le sequenze delle trote del Fibreno con tutte le sequenze complete della regione di controllo disponibili in GenBank e calcolando in PAUP 4.0 (Swofford, 1998) l'albero di Neighbor-Joining basato sulla proporzione di differenze nucleotidiche (p-distance).

Risultati e discussione

- *Variabilità genetica*

Una sequenza di 1000 bp (su un totale di 1015) della regione di controllo mitocondriale (mtCR) è stata determinata in 25 individui *macrostigma* (16 dal campione 3, 5 dal campione 4 e 4 dal campione 5) e 24 *fibreni* (12 da ognuna delle località di cattura). Tutte le sequenze analizzate sono risultate identiche tra loro e rappresentano un nuovo aplotipo non depositato in GenBank. L'intero campione analizzato presenta dunque variabilità nucleotidica nulla a livello della regione generalmente considerata più variabile del genoma mitocondriale.

Per quanto riguarda i marcatori microsatellite, la maggiore variabilità genetica è stata osservata nel campione di *S. fibreni* del torrente Dova ($R_S = 3.772$, $H_E = 0.529$), e nel campione *S. (trutta) macrostigma* prelevato nel fiume Fibreno fuori dalla Riserva Naturale ($R_S = 3.676$, $H_E = 0.483$).

I loci più polimorfici (T3-13, Strutta12, Strutta 58) raggiungono un numero assoluto di alleli elevato in tutti i campioni (numero di alleli >10, se si esclude il piccolo campione raccolto sul Fiume Fibreno, di soli 7 individui).

Una significativa deviazione rispetto all'equilibrio di Hardy-Weinberg è stata osservata nel locus MST3 nel campione *S. fibreni* 1 ($F_{IS} = -0.667$, $p < 0.01$). MST3 ha mostrato variabilità nelle dimensioni dei frammenti amplificati solo nei campioni di *S. fibreni* (sono state osservate bande a 174 e 178 bp). Anche nel campione del torrente Dova (2), il locus denuncia un netto eccesso di eterozigoti ($F_{IS} = -0.429$), seppure solo marginalmente significativo ($p < 0.05$). In effetti mancano del tutto gli omozigoti 178, a fronte di una frequenza dell'allele di quasi il 50% nel campione 1 e oltre il 30% in 2. Nel campione 1 tutti gli individui meno due mostrano due bande. È probabile che la presenza di frammenti amplificati di dimensioni differenti nei campioni di *S. fibreni* sia da attribuirsi ad una variazione non allelica, ad esempio la duplicazione del locus avvenuta nella linea di *S. fibreni*. In questo caso la variabilità osservata conserverebbe una notevole importanza tassonomica, pur non potendo essere analizzata con strumenti che prevedono marcatori genetici codominanti. Il locus è stato escluso dalle elaborazioni successive, eccettuata l'analisi fattoriale delle corrispondenze.

○ *Introggressione di geni alloctoni*

L'albero ottenuto attraverso l'algoritmo di Neighbor-Joining (Figura 27) ha evidenziato che l'unico aplotipo mitocondriale presente nel bacino del Fibreno, appartiene alla linea mediterranea AD. Dal punto di vista del genoma mitocondriale, perciò, non si osserva alcun segnale di introggressione alloctona, quantomeno di origine atlantica. Una frequenza inferiore di marcatori provenienti da *stocks* alloctoni nel genoma mitocondriale rispetto al genoma nucleare viene riscontrata spesso nelle popolazioni di trote (vedi tra gli altri Nonnis Marzano et al., 2003, Caputo et al., 2004; Marconato et al., 2006), per cui la frequenza degli aplotipi mitocondriali "introdotti" può non essere un buon indicatore della componente alloctona del *pool* genico. Una possibile spiegazione di questa discrepanza è legata al rapporto sessi alla nascita, frequentemente sbilanciato in favore dei maschi nelle trote (Rasmussen et al., 1986). Tale sbilanciamento può far sì che anche il materiale introdotto per il ripopolamento sia costituito da un numero maggiore di maschi che di femmine, con la conseguenza che il genoma mitocondriale alloctono (ereditato per via materna) può essere meno rappresentato di quello nucleare. Inoltre la minore dimensione effettiva della popolazione mitocondriale rispetto a quella nucleare (il genoma mitocondriale è aploide, oltre che ereditato solo da parte materna, quindi la dimensione effettiva della popolazione è 4 volte minore) aumenta l'effetto della deriva genetica, ciò che risulta in una più rapida estinzione delle varianti genetiche rare.

Delle 117 varianti alleliche osservate in 9 loci microsatellite sul totale degli individui analizzati, 26 sono esclusive del campione allevato *fario*. Delle 91 presenti nei campioni del bacino del Fibreno, 51 sono assenti nel campione allevato, 12 dei quali reperibili solo nei campioni *macrostigma* e 14 solo nei campioni *fibreni* (7 nel solo locus T3-13). I grafici a barre in Figura 3 mostrano le frequenze dei singoli alleli (nell'insieme degli individui attribuiti ad ognuno dei taxa) distribuiti sull'asse orizzontale secondo la dimensione del frammento amplificato corrispondente. Nella maggior parte dei loci è possibile individuare un *range* di variazione in cui rientrano gli alleli frequenti nelle popolazioni indigene, distinto da quello in cui ricade la maggior parte degli alleli tipici del campione di riferimento (dati non mostrati). Per 4 loci "diagnostici" (543AE, Str15, Strutta58 e MST591) è sembrato ragionevole identificare, in base alle differenze di frequenza e di dimensione, alcuni alleli verosimilmente alloctoni nelle popolazioni del Fibreno (Figura 28). La frequenza complessiva di questi alleli (la componente "introggressiva" della variabilità genetica) è in media 0.0872 nelle *macrostigma* e 0.0156 nei campioni *fibreni*. Non si osservano differenze nella componente "introggressiva" tra le *macrostigma* catturate all'interno e all'esterno della Riserva Naturale, sebbene il campione 5 mostri il singolo valore più alto (0.1428 nel locus Str15).

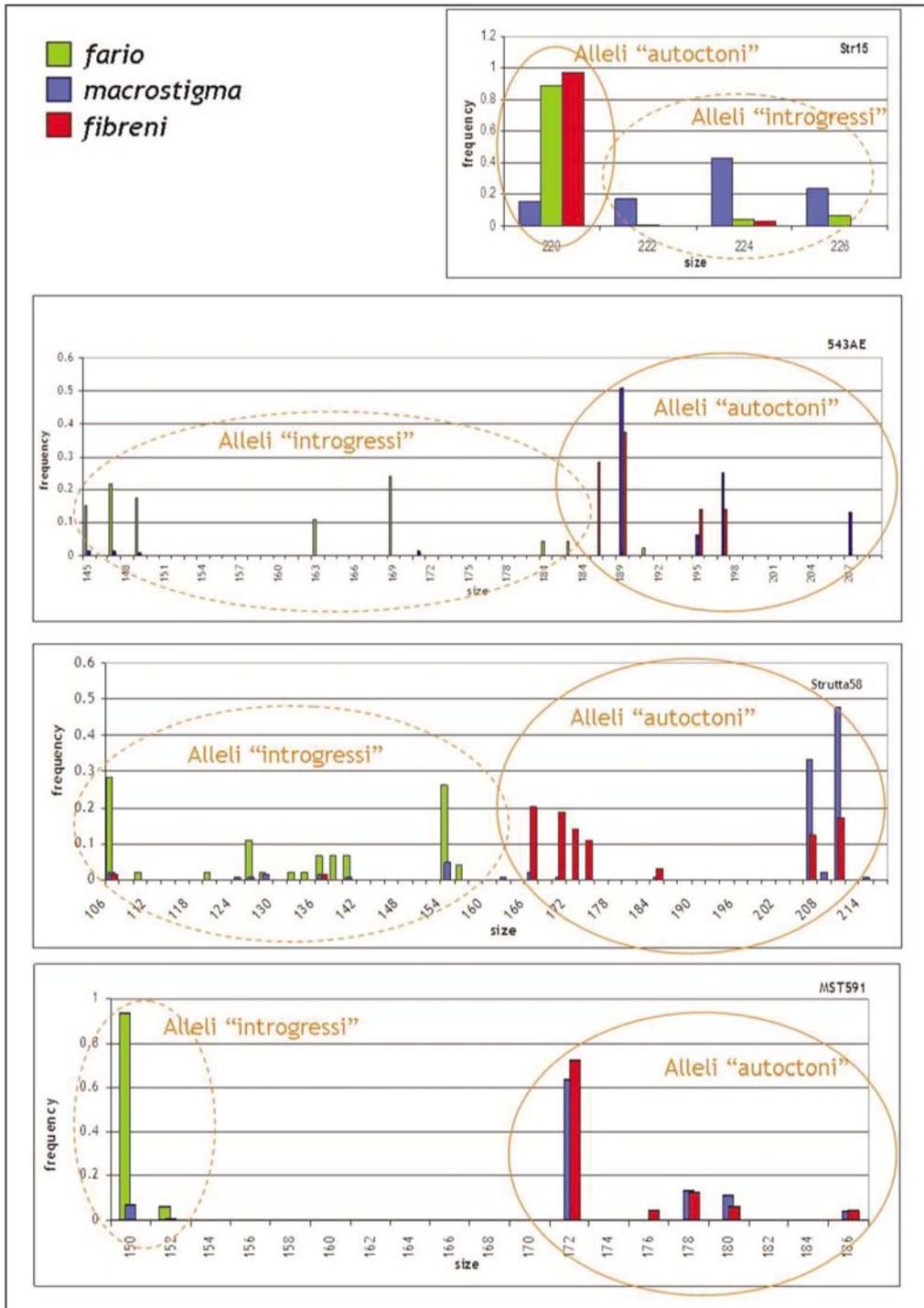


Figura 28 - Frequenze alleliche cumulate nei campioni di *S. fibreni*, *S. (trutta) macrostigma* e nel campione di allevamento di ceppo *fario*, in funzione della dimensione dell'allele in paia di basi, in 4 loci "diagnostici" della componente alloctona della variabilità genetica.

I campioni *macrostigma* della Riserva mostrano una frequenza simile anche per l'allele "atlantico" *Ldh-C1*90* (Tabella 6). Questo risultato supporta ulteriormente l'indicazione di un leggero grado di introgressione. La frequenza dell'allele "90" è, invece, nettamente più alta nel campione 5 ($F_{90} = 0.22$), dove solo il 57.9% degli individui appare omozigote per l'allele "mediterraneo" 100.

Tabella 6 - Frequenza dell'allele atlantico *LDH-C1*90* e del genotipo omozigote mediterraneo *LDH-C1*100/100* nei campioni di trote del bacino del Fibreno.

Campione (N)	F	F
1 (15)	0.033	0.933
2 (16)	0.125	0.750
3 (43)	0.067	0.907
4 (7)	0.000	1.000
5 (19)	0.211	0.579

Le frequenze dell'allele atlantico osservate nei campioni della Riserva Naturale, sono più basse di quelle stimate in altre popolazioni tirreniche da Nonnis-Marzano *et al.* (2003), nella maggior parte delle popolazioni Adriatiche delle Marche analizzate da Caputo *et al.* (2004) e di quelle riscontrate nel bacino dell'Aterno-Pescara da Marconato *et al.* (2006) e Gratton *et al.* (2007). Solo in poche popolazioni altamente isolate della Francia Meridionale e della penisola Iberica Berrebi *et al.* (2000) e Machordom *et al.* (1999), hanno osservato frequenze inferiori. Questi risultati indicano che, allo stato attuale, le popolazioni di Posta Fibreno mostrano un livello di introgressione di geni di origine atlantica decisamente basso, rispetto alla maggior parte delle popolazioni del Mediterraneo occidentale.

La composizione genetica individuale nei loci microsatellite è stata esaminata attraverso l'algoritmo di *clustering* di *Structure 2.0*. Una prima analisi è stata condotta concentrandosi esclusivamente sugli individui con morfotipo *macrostigma*, al fine di proporre una valutazione basata su criteri genetici quantitativi della selezione dei riproduttori operata nell'ambito del "progetto *macrostigma*". I 73 individui *macrostigma* sono stati quindi confrontati con il campione di riferimento, di origine atlantica, ottenuto presso il centro ittogenico provinciale di Jenne. Imponendo un numero di *clusters* (K) uguale a 2, l'algoritmo di *Structure 2.0* ha assegnato tutti gli individui del campione di riferimento univocamente ($Q_{fario} > 0.92$) allo stesso *cluster*, che indicheremo come *cluster fario*. I multigenotipi dei 73 individui *macrostigma* sono attribuiti tutti meno uno per la maggior parte ($Q_{macrostigma} > 0.50$) all'altro *cluster* (che quindi indichiamo come *cluster macrostigma*). L'83,5% degli individui ha ottenuto un $Q_{macrostigma}$ maggiore di 0.95 e il 94.5% un valore superiore a 0.81. Per soli 3 individui è stato calcolato un indice $Q_{macrostigma}$ più basso, compreso in tutti e tre i casi tra 0.486 e 0.642, dunque vicini al 50%. Ciononostante, i profili genotipici di questi individui misti nei loci "diagnostici" (non mostrati) non supportano l'ipotesi che si tratti di ibridi F1 tra *macrostigma* indigene e *fario* alloctone. Anche questo approccio non ha evidenziato, in media, grosse differenze tra i campioni della Riserva Naturale e il campione 5, sebbene due dei tre multigenotipi misti appartengano a quest'ultimo. L'analisi fattoriale delle corrispondenze (AFC, Figura 29) sui profili genotipici individuali, pur adottando un approccio ai dati completamente differente rispetto a *Structure 2.0*, ha prodotto dei risultati perfettamente conformi con la precedente analisi. Gli individui *macrostigma* del Fibreno e gli individui *fario* da ripopolamento risultano, infatti, raggruppati in due nuvole (*clusters*) di punti perfettamente separate nello spazio definito dalle variabili riassuntive. Due individui vengono identificati come intermedi tra i due *clusters*. Gli individui campionati nelle acque della Riserva Naturale condividono lo stesso spazio con la maggior parte di quelli catturati più a valle (campione 5).

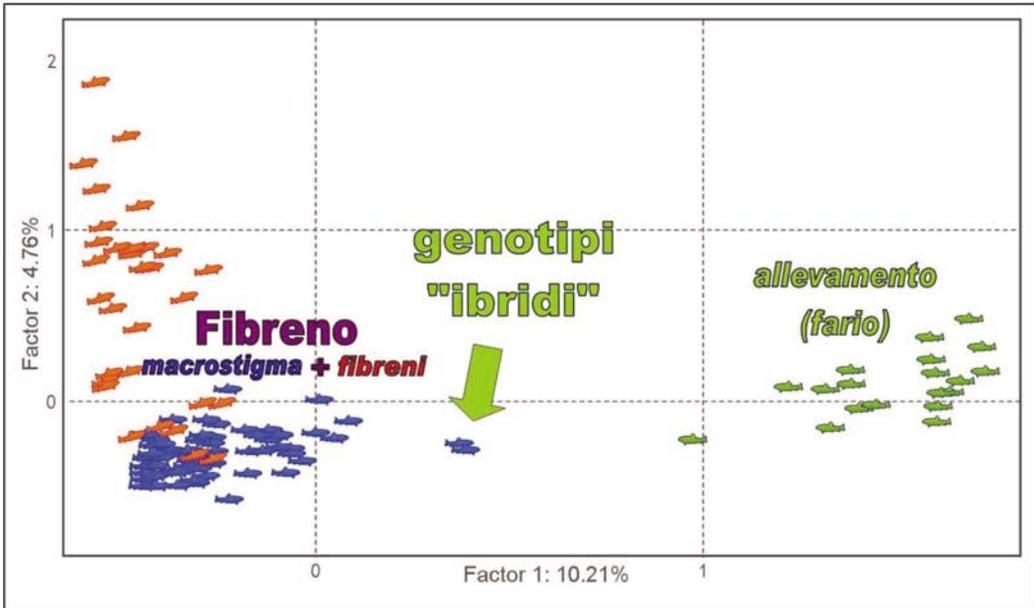


Figura 29 - Analisi fattoriale delle corrispondenze (AFC) sui profili multigenotipici individuali (9 loci microsatellite + LDH-C1).

Tutte le analisi concordano nell'indicare per le macrostigma del Fibreno un leggero grado di introgressione di geni alloctoni. La frequenza di individui misti identificati in base al multigenotipo microsatellite appare solo leggermente superiore nelle acque esterne alla Riserva. Una differenza più marcata si osserva nel locus genico *Ldh5*, che mostra chiaramente una più forte presenza di genotipi di tipo ibrido nel campione 5.

La disponibilità di indici di ibridazione (Q) permette di testare la concordanza tra la determinazione su base genetica dell'ibridazione e le valutazioni impiegate nella selezione dei riproduttori per il "progetto macrostigma". A questo scopo è stato condotto un test di correlazione per ranghi di Spearman tra la componente *macrostigma* del genoma individuale ($Q_{macrostigma}$) calcolata con *Structure 2.0* sui 9 loci microsatellite e la valutazione dell'ibridazione da parte del personale del parco. Il test ha fornito un coefficiente di correlazione $R = 0.075$, rigettando decisamente l'esistenza di una correlazione non casuale ($p = 0.563$). Un risultato analogo si ottiene impiegando come variabile genetica la frequenza (individuale: 1, 0.5, 0) dell'allele *Ldh5*90* al posto dell'indice Q . È interessante notare che confrontando la valutazione a vista dell'ibridazione con la massa corporea si è ottenuto un $R = 0.195$, anch'esso non significativo ($p = 0.132$), ma comunque ben più elevato dei precedenti, indicando che alcuni elementi della livrea impiegati per la selezione dei riproduttori possono essere influenzati più dall'età dell'individuo che dall'effettiva presenza di geni riferibili alla forma *fario*.

I risultati dell'analisi genetica, dunque, non supportano il criterio di selezione degli individui impiegato nel "Progetto macrostigma". Dei 12 individui valutati come fenotipicamente *fario* per oltre il 50%, 6, ovvero la metà, hanno coefficienti $Q_{macrostigma}$ maggiori della moda (0.992). Gli individui selezionati come ibridi, dunque, rappresentano un campione assolutamente casuale dal punto di vista dell'analisi genetica.

- *Introgressione macrostigma-fibreni*

Lo studio del polimorfismo delle regioni microsatellite ipervariabili ha permesso per la prima volta di valutare il differenziamento genetico esistente tra le forme simpatriche *Salmo fibreni* e *Salmo (trutta) macrostigma*. Gli indici di differenziamento calcolati confrontando i due gruppi di campioni appartenenti ai due taxa ((1+2) vs. (3+4+5)) sono pari a $F_{ST} = 0.086$ e

$R_{ST} = 0.217$, entrambi pienamente significativi ($p < 0.01$). La distribuzione delle frequenze alleliche in funzione della taglia in bp (Figura 28) non permette di identificare alleli effettivamente diagnostici tra i due *taxa*, sebbene siano osservabili numerosi alleli privati (12 in *macrostigma* e 14 in *fibreni*). Il primo, importantissimo risultato del nostro studio è quindi l'aver mostrato che *S. fibreni* rappresenta un pool genico certamente distinto da quello delle altre trote presenti nel bacino del Fibreno.

L'analisi fattoriale delle corrispondenze (Figura 29), d'altra parte, mostra una notevole sovrapposizione nello spazio occupato dai genotipi degli individui *macrostigma* e da quelli di *S. fibreni*. Sebbene la maggior parte degli individui morfologicamente attribuibili a *fibreni* presenti un profilo genetico ben differenziato rispetto alle *macrostigma*, diversi individui appaiono invece simili o del tutto indistinguibili da quelli dell'altro taxon. Anche in questo caso, il procedimento di *clustering* di *Structure2.0* (applicato qui con $K = 3$, includendo, oltre ai campioni del Fibreno, anche il campione allevato per permettere di evidenziare la frazione alloctona dei pool genici) produce un risultato assolutamente corrispondente (Figura 5). Si individua nettamente un *cluster* in cui rientrano la maggior parte dei multigenotipi appartenenti ad individui *fibreni* (*cluster fibreni*). 17 individui (il 53.1%) hanno $Q_{fibreni} > 0.95$, e 21 (65.6%) $Q_{fibreni} > 0.84$. Rimangono, però altri 11 individui (35.4%) con $Q_{fibreni}$ inferiore a 0.71, di cui 8 (25.0%) con $Q_{fibreni}$ compreso tra 0.482 e 0.008. Più precisamente, si osserva che tutti i profili genotipici "ibridi" individuati tramite AFC e *model based-clustering* (*Structure*) provengono dal campione del torrente Dova (campione 2). I due campioni di *S. fibreni* (1 e 2), in effetti, mostrano un differenziamento genetico altamente significativo ($F_{ST} = 0.074$, $p < 0.01$), pur riferendosi a località distanti meno di 500m!

Il differenziamento è attribuibile soprattutto alla presenza dei genotipi intermedi tra quelli tipici di tutti i *S. fibreni* non provenienti dal torrente Dova (compreso l'individuo pescato fuori dalla Riserva Naturale, appartenente al campione 5) e quelli dei campioni *macrostigma*. Il campione 2, inoltre, presenta un significativo eccesso di eterozigosità sull'insieme dei loci microsatellite analizzati ($F_{IS} = -0.115$, $p < 0.014$), ulteriore indizio di una popolazione ibrida.

S. fibreni presenta dunque chiare evidenze di frequente ibridazione con *S. (trutta) macrostigma* e di una marcata strutturazione genetica su piccolissima scala geografica. Ciò potrebbe significare che esistono unità di popolazione parzialmente isolate tra loro (sottopopolazioni) che probabilmente utilizzano siti (e forse anche archi temporali) di riproduzione diversi. Alcuni di questi spazi potrebbero essere condivisi con la forma *macrostigma*, fornendo l'occasione per una estesa ibridazione. La circostanza che il campione INC sia stato catturato in vasche sotterranee, suggerisce la possibilità che il differenziamento che si osserva tra i due campioni di *S. fibreni* abbia, almeno in parte, una base ecologica. Gli individui portatori dei geni *macrostigma* potrebbero tendere ad evitare gli ambienti ipogei, frequentati invece dai genotipi più tipicamente *fibreni* (o sperimentare in essi una più bassa sopravvivenza). La coesistenza documentata per secoli delle due forme, comunque, implica che l'ibridazione sia limitata, forse anche da una minore fitness degli ibridi rispetto alle forme pure, o che abbia un'origine recente, forse legata al disturbo antropico dei tradizionali siti di riproduzione. Suggestiva, in questo senso, è l'osservazione che uno dei possibili siti di riproduzione di *fibreni*, nei pressi delle massime profondità del Lago Fibreno, sia stato impiegato, nel corso degli ultimi decenni, come discarica per materiali edilizi.

La possibile ibridazione tra le due forme è stata ipotizzata già da Zerunian e Gandolfi (1986), sebbene gli stessi Autori abbiano più tardi considerato questa eventualità "del tutto eccezionale" (Gandolfi *et al.* 1991). La presenza di genotipi ibridi, d'altra parte, non è limitata ai campioni di *fibreni*. Alcuni individui identificati come *macrostigma*, in particolare l'individuo 5.01, risultano geneticamente intermedi tra i *cluster fibreni* e *macrostigma* (Figura 30). L'analisi dei genotipi con *Structure*, individua una rilevante componente *fibreni* in particolare nel campione 5. È probabile che una maggiore quota di geni *fibreni* negli stocks che popolano il tratto più esterno del fiume Fibreno sia il risultato delle pratiche di gestione adottate in quella zona da soggetti diversi dalla Riserva Naturale. In questo quadro la cattura

di un *S. fibreni* (peraltro geneticamente omogeneo con gli individui del campione 1) potrebbe essere interpretata come un caso isolato dovuto ad un individuo erratico, ma anche come un'indicazione di una presenza (naturale o mediata da intervento umano) più regolare del taxon nelle vicinanze del sito di cattura.

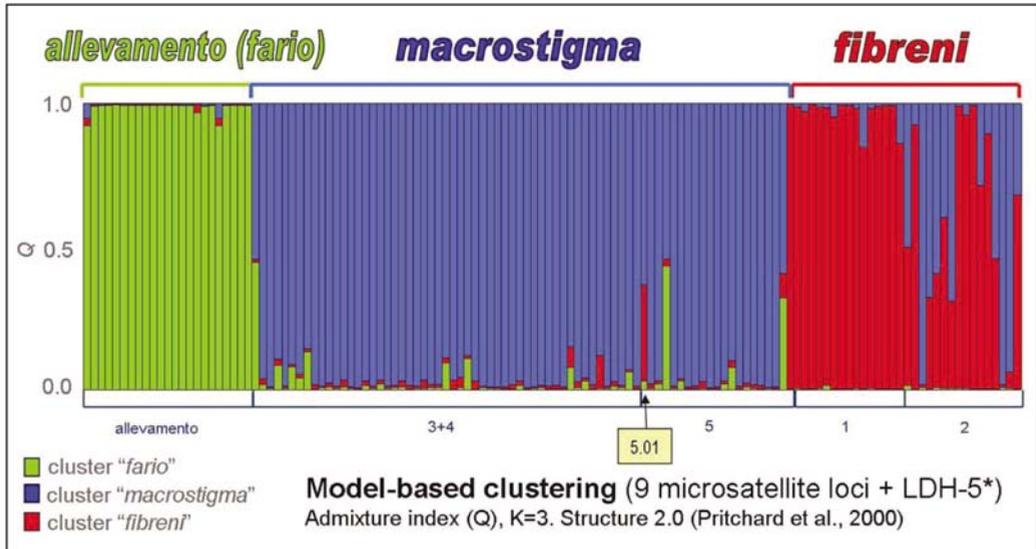


Figura 30 - Clustering Bayesiano eseguito con Structure 2.0 (Pritchard et al., 2000). Ogni barra rappresenta il multigenotipo di un individuo. La proporzione di ogni barra di diverso colore rappresenta la frazione assegnata ad ognuno dei K=3 clusters identificati.

Il sequenziamento della regione di controllo del DNA mitocondriale non ha evidenziato alcuna differenza nucleotidica tra le forme *fibreni* e *macrostigma*, che condividono lo stesso aplotipo appartenente ad una linea diffusa nel bacino mediterraneo. Questo risultato potrebbe anche essere dovuto all'introgresione tra le due specie, ma un tale scenario appare abbastanza improbabile alla luce del chiaro differenziamento a livello del genoma nucleare. Molto più verosimilmente, invece, la condivisione dello stesso marcatore mitocondriale indica la strettissima relazione filogenetica tra le due popolazioni. I nostri risultati, quindi, supportano un'origine estremamente recente di *S. fibreni*, confermando l'ipotesi che questa forma rappresenti un pool genico evolutosi in seguito all'isolamento del bacino del Fibreno e/o alla pressione selettiva dovuta ad un ambiente oligotrofico. Il differenziamento genetico potrebbe essere mantenuto dall'adattamento a condizioni ecologiche differenti o dalla presenza di un parziale isolamento riproduttivo post-copula. Il quadro complessivo si mostra, dunque, estremamente complesso ed affascinante, presentando il bacino del Fibreno come un eccellente esempio di laboratorio naturale per lo studio dell'evoluzione e dei processi ecologici legati alla speciazione.

Conclusioni e suggerimenti per la gestione della risorsa genetica

○ Introgresione di geni alloctoni

I risultati delle analisi genetiche (mtDNA, microsatellite e PCR-RFLP) confermano che la popolazione ascritta a *S. (trutta) macrostigma* del Fibreno si mantiene geneticamente distinta da ceppi di trote da ripopolamento di preponderante origine atlantica. La variabilità genetica è relativamente elevata, e in gran parte sostenuta da varianti genetiche di probabile origine autoctona. Si tratta certamente di una delle popolazioni con maggiori caratteristiche di "naturalità" presenti in Italia (e, per quanto è noto, nel mediterraneo occidentale).

La determinazione su base cromatica del grado di ibridazione degli individui coincide solo occasionalmente con le evidenze genetiche.

I criteri di selezione dei riproduttori per il "progetto macrostigma" appaiono non adeguati alla situazione presente. La prosecuzione degli interventi secondo le pratiche attuali potrebbe avere l'effetto di impoverire ulteriormente la riserva di variabilità genetica senza produrre un significativo miglioramento nella qualità delle popolazioni.

Si rende necessario un programma di monitoraggio che dovrebbe adottare criteri basati sull'osservazione diretta delle caratteristiche genetiche degli individui. A tal fine si renderà opportuna la messa a punto di un set di marcatori genetici di impiego rapido e poco costoso, basata sui risultati delle presenti ricerche.

○ *Rapporti genetici tra le popolazioni di S. fibreni e S. (trutta) macrostigma*

Le analisi genetiche (mt DNA, microsatellite e PCR-RFLP) mostrano che *S. fibreni* rappresenta un pool genico chiaramente distinguibile rispetto alle altre popolazioni di trote del Fibreno, pur essendo presenti chiare evidenze di flusso genico tra le popolazioni di *macrostigma* e almeno una parte di quelle di *S. fibreni*.

Campioni di *fibreni* catturati a poche centinaia di metri (e pochissimi giorni) di distanza hanno evidenziato un significativo differenziamento genetico, mostrando che la pur piccola popolazione di questa specie possiede un certo grado di struttura.

L'introgresione localizzata di alleli *macrostigma* sembra essere la principale determinante della struttura genetica. La distribuzione spaziale ed ecologica dei campioni suggerisce che essa possa essere in parte mantenuta da meccanismi di scelta dell'habitat o di selezione di genotipi specializzati in microhabitat differenti. I risultati supportano l'ipotesi che *S. fibreni* si sia evoluto in tempi molto recenti, a partire da popolazioni locali di trote.

La scoperta di una importante ibridazione tra *S. fibreni* e *S. (trutta) macrostigma* impone l'approfondimento delle conoscenze sui rapporti tra i due taxa indigeni del bacino. È necessario indagare a fondo l'origine dell'ibridazione, chiarendo le possibili implicazioni delle modificazioni ambientali di natura antropica nella situazione attuale, e gli interventi eventualmente auspicabili. L'attuale ricerca dovrebbe essere estesa per potersi considerare rappresentativa di tutta la popolazione di *S. fibreni*. Ulteriori ricerche potrebbero essere condotte in relazione alle caratteristiche ecologiche e comportamentali del taxon.

Anche in questo caso è altamente auspicabile l'attuazione di un programma di monitoraggio genetico della popolazione di *S. fibreni* diretto al controllo periodico della integrità del pool genico di questa specie endemica, che rappresenta un importante valore nel patrimonio di biodiversità del nostro Paese.

Ringraziamenti

Le ricerche oggetto della presente nota sono state effettuate con contributi della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno e dell'Assessorato Ambiente della Regione Lazio.

Si ringraziano a tal fine il Dr. Raniero De Filippis e l'Arch. Giovanna Bargagna della Direzione Ambiente e Cooperazione tra i Popoli. Si ringraziano inoltre per la cortese e fattiva collaborazione il Sig. Antonio Lecce, il Dott. Emiliano Agrillo, e le Dott.sse Nunzia Rossi e Cristina Saltari e Valentina Todisco.

Bibliografia

- Alfei L., Cavallo D., Eleuteri P., Grollino M. G., Colombari P. T., Ferri A., Onali A., De Vita R. (1996) Nuclear DNA content in *Salmo fibreni* in Lake Posta Fibreno, Italy. *Journal of Fish Biology* 48, 1051-1058.
- Apostolidis A. P., Triantaphyllidis C., Kouvatsi A., Economidis P. S. (1997) Mitochondrial DNA sequence variation and phylogeography among *Salmo trutta* L. (Greek brown trout) populations. *Molecular Ecology* 6, 531-542.
- Belkhir K., Borsa I., Goudet J., Chikhi L., Bonhomme F. (1996-2001) Genetix, logiciel sous Windows™ pour la génétique des populations. Laboratoire Génome et populations, CNR UPR 9060. Université de Montpellier, Montpellier (France).

- Berrebi P., Poteaux C., Fissier M., Cattaneo-Berrebi G. (2000) Stocking impact and allozyme diversity in brown trout from Mediterranean southern France. *Journal of Fish Biology* 56, 949-960.
- Bernatchez L. (2001) The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* 55 (2), 351-379.
- Chiappi T. (1924) Le trote del lago della Posta. Tipografia del Senato, Roma, 8pp.
- Carbone A. (1965) Vicalvi, Posta Fibreno, il Fibreno. Tipografia dell'Abbazia di Casamari, Frosinone, 554 pp.
- Cortey M., García Marín J.L. (2002) Evidence for phylogeographically informative sequence variation in the mitochondrial control region of Atlantic brown trout. *Journal of Fish Biology* (2002) 60, 1058-1063.
- Cortey M., Pla C., García Marín J.L. (2004) Historical biogeography of mediterranean trout. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 33, 831-844.
- Doyle J.J., Doyle J.L. (1987) A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemistry Bulletin* 19, 11-15.
- Estoup A., Presa P., Krieg F., Vaiman D., Guyomard R. (1993) (CT)_n and (GT)_n microsatellites: a new class of genetic markers for *Salmo trutta* L. (brown trout). *Heredity* 71, 488-496.
- Estoup A., Rousset F., Michalakis Y., Cornuet J. M., Adriamanga M., Guyomard R. (1998) Comparative analysis of microsatellite and allozyme markers: a case study investigating microgeographic differentiation in brown trout (*Salmo trutta*). *Molecular Ecology* 7, 339-353.
- Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A. (1991). I pesci delle acque interne italiane. Ministero dell'ambiente. Zecca Poligrafica dello stato. Roma.
- Goudet J. (2001) FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3) Available from <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>.
- Gratton P., Allegrucci G., Sbordoni V. (2007) Caratterizzazione genetica della popolazione. In "Indagini sulle trote presenti nella Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio". Amaltea Edizioni, Raiano (AQ).
- Hamilton K. E., Ferguson A., Taggart J. B., Tómason T., Walker A., Fahy E. (1989) Post-glacial colonization of brown trout, *Salmo trutta* L. *Ldh-5* as a phylogeographic marker locus. *Journal of Fish Biology*, 35, 651-664.
- Hansen M. A., Ruzzante D. E., Nielsen E.E., Mensberg K. D. (2000) Microsatellite and mitochondrial DNA polymorphism reveals life-history dependent interbreeding between hatchery and wild brown trout (*Salmo trutta* L.). *Molecular Ecology* 9, 583-594.
- Hansen M. A., Ruzzante D. E., Nielsen E.E., Bekkevold D., Mensberg K. D. (2002) Long-term effective population sizes, temporal stability of genetic composition and potential for local adaptation in anadromous brown trout (*Salmo trutta*) populations. *Molecular Ecology* 11, 2523-2535.
- Ketmaier V., Bianco P.G. (2004) Monitoraggio genetico e ibridazione tra popolazioni Atlantiche e Mediterranee di *Salmo trutta* in Abruzzo e Campania. *Atti del XIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia*.
- McMeel O. M., Hoey E. M., Ferguson A. (2001) Partial nucleotide sequences, and routine typing by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism, of the brown trout (*Salmo trutta*) lactate dehydrogenase, LDH-C1*90 and *100 alleles. *Molecular Ecology* 9, 29-34.

- Machordom A., García Marín J. L., Sanz N., Almodóvar A., Pla C. (1999) Allozyme diversity in brown trout (*Salmo trutta*) from Central Spain: Genetic consequences of restocking. *Freshwater Biology* 41, 707-717.
- Marconato E., Ketmaier V., Riva M. A., Busatto T., Maio G., Salviati S., Recchia F., Colantoni A., Basilavecchia A., Di felice P. (2006) Identificazione, conservazione e recupero del popolamento autoctono di trota di torrente nella provincia di Pescara. *Biologia Ambientale* 1, 109-115.
- Nei M. (1978) Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89, 583-590.
- Nonnis Marzano F., Corradi N., Papa R., Tagliavina J., Gandolfi G. (2003). Molecular evidence for introgression and loss of genetic variability in *Salmo (trutta) macrostigma* as a result of massive restocking of Apennine populations (Northern and Central Italy). *Environmental Biology of Fishes* 68: 349-356.
- Patarnello T., Bargelloni L., Caldara F., Colombo L. (1994). Cytochrome b and 16S rRNA sequence variation in the *Salmo trutta* (Salmonidae, Teleostei) species complex. *Molecular Phylogenetic and Evolution* 3, 69-74.
- Poteaux C., Bonhomme F., Berrebi P. (1999) Microsatellite polymorphism and genetic impact of restocking in mediterranean brown trout (*Salmo trutta* L.). *Heredity* 82, 645-653.
- Presa P., Guyomard R. (1996) Conservation of microsatellites in three species of salmonids. *Journal of Fish Biology* 49, 1326-1329.
- Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. (2000) Inference of population structure from multilocus genotype data. *Genetics* 155, 945-959.
- Rasmussen G. (1986) The population dynamics of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to year-class size. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 33, 489-508.
- Salviani I. (1554) *Aquatilium animalium historiae. Liber primis, cum eorundem formis aere excusis.* Roma, 256 pp.
- Schneider S., Roessli D., Excoffier L. (2000) Arlequin ver. 2.000: a software for population genetics data analysis. Genetics and biometry laboratory, University of Geneva, Switzerland.
- Schöffmann J., Susnik S., Snoj A. (2007) Phylogenetic origin of *Salmo trutta* L 1758 from Sicily, based on mitochondrial and nuclear DNA analyses. *Hydrobiologia* 575, 51-55.
- Splendiani A., Giovannotti M., Nisi Cerioni P., Caniglia M.L., Caputo V. (2006) Phylogeographic inferences on the native brown trout mtDNA variation in central Italy. *Italian Journal of Zoology* 73 (2), 179-189.
- Swofford D. L. (1998). PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and Other Methods). Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Weir B.S., Cockerham C.C. (1984) Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38, 1358-1370.
- Zerunian S. (2002) Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei Pesci d'acqua dolce indigeni in Italia. Edagricole, Bologna, 220 pp.
- Zerunian S. e Gandolfi G. (1986) Considerazioni preliminari sulle trote presenti nel Lago di Posta Fibreno (Lazio) (Pisces, Salmonidae). *Acta nat.* 22, 53-63.
- Zerunian S. & Gandolfi G. (1990). *S. fibreni* specie endemica nel bacino del Fibreno in Italia centrale (Osteichthyes, Salmonidae). ATTI 3) Congresso Associazione Italiana Ittiologi Acque Dolci. Perugia. *Rivista Idrobiologica* 29, 521-532.

IL GAMBERO ROSSO DELLA LOUISIANA *PROCAMBARUS CLARKII* (GIRARD, 1852) NELLA RISERVA NATURALE REGIONALE "LAGO DI POSTA FIBRENO": PROBLEMATICHE DI GESTIONE E PRIORITÀ DI AZIONE PER IL FUTURO.

S. CHIESA[°], D. CELAURO^{*}, M. SCALICI[†], A. MONACO^{*}, M. SCALISI[†], G. GIBERTINI[†]

Introduzione

Le attività di studio del nostro gruppo di ricerca presso la Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno" hanno avuto inizio nel 2001, inserite in un progetto di dottorato il cui principale obiettivo era quello di valutare lo status popolazionistico del gambero di fiume indigeno *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858 e le principali cause che minacciavano, e minacciano tutt'ora, la sua esistenza nei principali bacini idrici del Lazio. Il crescente interesse legato alle problematiche di gestione e conservazione del gambero di fiume, ha inevitabilmente portato gli autori ad approfondire le conoscenze di una delle principali cause di rarefazione di *A. pallipes*: i gamberi esotici, e tra questi il gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), riconosciuto da tutti gli esperti astacologi come il gambero più invasivo tra quelli introdotti (Fig. 31).



Figura 31 - *Procambarus clarkii*.

Areale primario e distribuzione in Italia e nel mondo di *Procambarus clarkii*

P. clarkii è un crostaceo decapode della famiglia Cambaridae Hobbs, 1942, quest'ultima presente in tutto il settore centrale ed occidentale del Nord America (inclusa l'isola di Cuba), nell'estremità orientale dell'Asia ed in Giappone (Hobbs, 1988). La specie presentava originariamente un areale primario abbastanza grande, dal Messico nord-orientale alla regione centro-orientale degli Stati Uniti, fino al Tennessee ed all'Illinois. Il suo limite occidentale era rappresentato dallo stato del Texas, e quello orientale dall'Alabama (Hobbs, 1972).

L'importanza che il gambero rosso della Louisiana ha raggiunto nel corso degli anni nel settore economico (sia dal punto di vista alimentare che da quello ricreativo), ha portato questa specie a diventare uno dei gamberi più conosciuti al mondo, presente in tutti i continenti, ad eccezione dell'Australia e dell'Antartide (Huner 1977, Huner e Avault, 1979). Le innumerevoli traslocazioni hanno fatto sì che ad oggi *P. clarkii* sia una specie cosmopolita, essendo largamente presente nelle isole Hawaii, in centro e sud America, Giappone, Cina, Taiwan, Filippine, Uganda, Zambia, Kenya, Repubblica del Sud Africa, ed il numero di nazioni dove vengono segnalati nuovi avvistamenti è probabilmente destinato ad aumentare (Huner, 2002). A questo fenomeno non si sono ovviamente sottratti alcuni paesi europei, tra cui la Spagna che rappresenta una delle principali nazioni importatrici (Fig. 32).

[°] Università degli Studi «Roma Tre», Dipartimento di Biologia, v.le G. Marconi 446, 00146 - Roma (Italy)

^{*} Agenzia Regionale per i Parchi del Lazio, via del Pescaccio 96, 00166 - Roma (Italy)

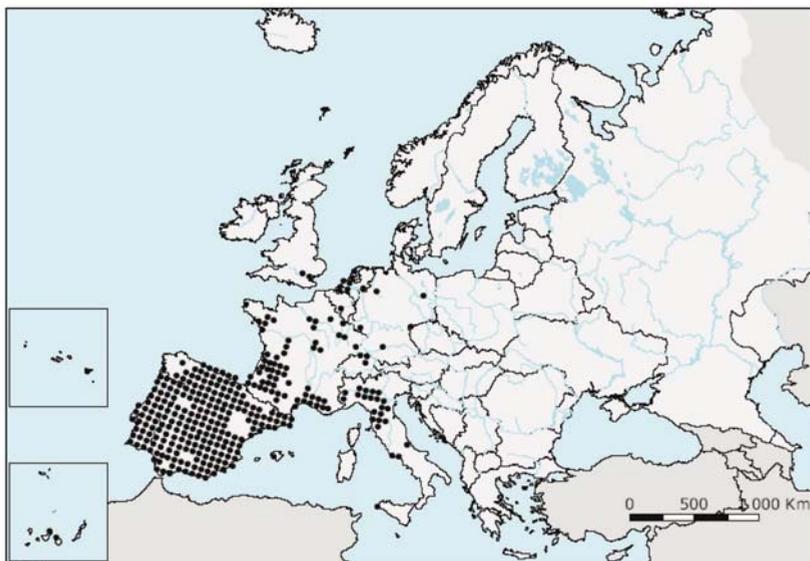


Figura 32 - Distribuzione di *Procamburus clarkii* in Europa (da Souty-Grosset et al., 2006).

La prima introduzione di *P. clarkii* in Europa è avvenuta nel giugno del 1973, quando uno stock di gamberi rossi della Louisiana venne importato legalmente da New Orleans, Louisiana (USA), presso un allevamento nella provincia spagnola di Badajoz (Hasburgo-Lorena, 1986), e l'anno successivo un secondo stock di maggiori dimensioni venne rilasciato in una pozza di anguille nel basso Guadalquivir, Puebla del Río, Sevilla (Gutiérrez-Yurrita et al., 1999). *P. clarkii* si è rapidamente naturalizzato: l'assenza di filtri e sbarramenti nei siti di rilascio ha permesso alla specie di colonizzare facilmente i fossi ed i canali adiacenti (Gherardi, 2006). A causa del prezzo elevato, l'espansione del gambero rosso è stata favorita anche dall'attività dei pescatori, che ne hanno seminato molti individui in tutta l'area paludosa del Guadalquivir e nel Parco Nazionale della Doñana. Questo ha rappresentato il primo passo per la successiva espansione della specie, da prima nell'intera penisola iberica, incluse le Azzorre (São Miguel), le Baleari (Maiorca), e le isole Canarie (Tenerife), e successivamente verso gli altri paesi europei (Gherardi, 2006). Mentre la prima introduzione di *P. clarkii* in Europa è ben documentata, la sua rapida espansione nel resto del continente non è altrettanto chiara: recenti indagini genetiche (Barbaresi et al., 2003) hanno infatti dimostrato un'elevata variabilità genetica in diverse popolazioni europee, probabile conseguenza di numerose e successive introduzioni da differenti stocks, non solo dalla Spagna, ma anche dagli Stati Uniti e dall'Africa (Gherardi, 2006).

In Italia il gambero rosso della Louisiana è stato osservato per la prima volta da Delmastro (1992) in Piemonte, e successivamente in altre Province del nord e del centro (Gherardi et al., 1999). In Piemonte ed Emilia Romagna la specie è già naturalizzata in molte aree del bacino del Po, ove sorgono numerose coltivazioni di riso, uno degli habitat favoriti dalla specie. Tuttavia, l'intensa attività fossoria di questi animali può danneggiare seriamente gli argini dei canali e dei corsi d'acqua, causando uno squilibrio idrico con gravi danni alle coltivazioni (Correia e Ferreira, 1995; Salvi, 1999; Gherardi e Barbaresi, 2000). Barbaresi e Gherardi (2000) hanno segnalato un'ampia diffusione anche in Toscana, in particolare nell'area del lago di Massaciuccoli, in Versilia (nelle Province di Lucca, Massa, Carrara), nei pressi di Pisa, nella Provincia di Firenze (Osmannoro e Sesto Fiorentino), ed in quelle di Prato e Pistoia. In Liguria la specie è presente lungo il fiume Magra (Provincia di Genova), e la sua presenza è ormai accertata anche in Umbria, in Abruzzo, nelle Marche e nel Lazio. In questa Regione, in particolare, Gibertini et al. (1998) hanno osservato la sua presenza nelle Province di Roma e Rieti, segnalazioni poi confermate nel 2002 (Scalici e Gibertini), ed estese successivamente anche alla Provincia di Latina e Viterbo (Scalici e Gibertini, 2002; Chiesa et al., 2006a, b; Scalici et al., 2006). Lungo il litorale, è

particolarmente diffuso nell'area pontina, presso le località di Foce Verde, Borgo S. Michele, Fogliano, Caprolace (Parco Nazionale del Circeo), S. Isidoro; ed in Provincia di Roma presso la località di Pomezia, alla Foce del Fiume Arrone (Fregene), ed all'interno del Monumento Naturale di Torre Flavia (Chiesa, 2006). Nella Riserva Naturale Regionale del Lago di Posta Fibreno la specie è stata osservata per la prima volta nel 2002 (A. Lecce, comunicazione personale); infine, nel corso del 2007, la sua presenza è stata accertata dal nostro gruppo di ricerca anche presso il Lago di Bracciano. La Tabella (7) mostra nel dettaglio le principali località di dispersione di *P. clarkii* nel Lazio.

Tabella 7 - Segnalazioni di *Procambarus clarkii* nella regione Lazio.

	Provincia	Località	Sito
1	Viterbo	Marta	Fiume Marta
2	Viterbo	Gradoli. Bolsena. Capodimonte	Lago di Bolsena
3	Viterbo	Castel Sant'Elia	Fosso del Ponte
4	Rieti	Madonna della Luce	Lago di Piediluco
5	Rieti	Rivodutri	Fosso Rivodutri
6	Rieti	Rivodutri	Riserva Nat. Parz. Laghi Lungo e Ridasottile
7	Roma	Casale Marcielliana	Area Privata
8	Roma	Diga di Castel Giubileo - Roma	Fiume Tevere
9	Roma	Roma	Basso corso del Fiume Aniene
10	Roma	Roma	Fosso di Vaccina
11	Roma	Torre Flavia	Monumento Naturale di Torre Flavia
12	Roma	Ponte Galeria - Roma	Fiume Tevere
13	Roma	Pomezia	Cava Sacconi
14	Roma	Roviano	Area Privata
15	Roma	Roma	Villa Doria Pamphili
16	Roma	Fregene	Foce del Fiume Arrone
17	Roma	S. Maria di Galeria	Fiume Arrone
18	Roma	Anquillara	Lago di Bracciano
19	Latina	Foce Verde	Area Privata
20	Latina	Borgo S. Michele	Area Privata
21	Latina	Fogliano	Parco Nazionale del Circeo
22	Latina	Caprolace	Parco Nazionale del Circeo
23	Latina	S. Isidoro	Canale Bonifica Pontina
24	Latina	Ninfa	Lagheti di Ninfa
25	Frosinone	Posta Fibreno	RNR Lago Posta Fibreno

Riconoscimento ed ecologia di *Procambarus clarkii*

Gli esemplari di *P. clarkii* si riconoscono principalmente per i seguenti caratteri: un solo dente post-orbitale; il rostro stretto che si allarga progressivamente dall'apice verso la base; le chele rugose; le ganasce delle chele ornate da tubercoli e rientranze opposte tra loro a formare un organo di presa efficace; uno sperone sul carpopodite (l'articolo che precede le chele) molto robusto, arcuato ed accompagnato da spine più piccole; il cefalotorace rugoso davanti e dietro il solco cervicale.

La colorazione è tipicamente rossastra, tendente allo scuro, con tubercoli sulla porzione anteriore del corpo di colore rosso vivo. Negli adulti sono state descritte anche varianti di colore blu, giallo, bianco e nero. I giovanili possono presentare una colorazione verde chiaro, con bande scure ai lati dell'addome, e una banda più chiara sul dorso (Souty-Grosset et al., 2006). Le femmine presentano una struttura ventrale tipica, sotto l'inserzione del 4° paio di pereopodi (arti toracici) chiamata "annulus ventralis", (figura 33) che permette di mantenere anche fino ad 8 mesi le spermatofore del maschio, prima che gli spermatozoi fecondino le uova (Mancini,

1986). Entrambi i sessi sono caratterizzati dall'alternanza di due diverse forme, I e II, che si presentano dopo il raggiungimento della maturità sessuale: nei maschi la forma I corrisponde al periodo di attività sessuale, viene mantenuta per tutto il periodo riproduttivo ed è caratterizzata dalla presenza di piccoli denti uncinati (spine) alla base del 3° e 4° paio di pereopodi (che aiutano il maschio a trattenere la femmina durante l'accoppiamento), dall'ingrossamento delle chele e dalla sclerotizzazione dei gonopodi (Mancini, 1986).

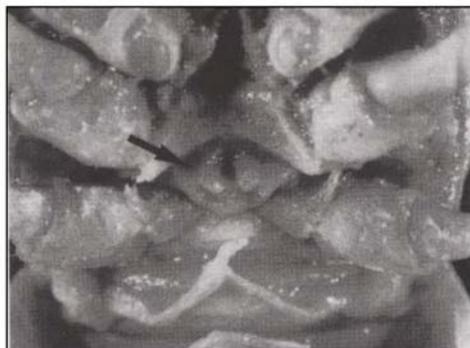


Figura 33- Annulus ventralis, indicato dalla freccia nera (da Scholtz, 2002).

In condizioni di laboratorio, *P. clarkii* può raggiungere l'età di quattro anni, ma in natura raramente supera i 12-18 mesi di vita (Huner, 2002), ed è caratterizzato dalla presenza di non oltre 3 classi di età (Lozano-Guerra ed Escamilla-Niño, 1995; Chiesa et al., 2006a). La taglia massima si aggira attorno ai 15 cm di lunghezza, il peso massimo ai 100 g.

È una specie tipicamente *r*-selezionata, caratterizzata da un ciclo biologico breve e da fecondità elevata (Gherardi et al., 1999). Alle latitudini più favorevoli, particolarmente nelle aree soggette a lunghi periodi di piovosità e disponibilità di acqua, possono comparire anche due generazioni l'anno (Souty-Grosset et al., 2006). È una specie molto prolifica: una femmina di 6 cm arriva a produrre negli ovari maturi fino a 50 uova, una di 9 cm fino a 300, ed una di 12 cm fino a 600 uova per ciclo riproduttivo (Huner, 2002). Lo sviluppo embrionale è fortemente legato alla temperatura, ha una durata di circa 2-3 settimane a 22°C e si arresta al di sotto dei 10°C (Souty-Grosset et al., 2006). La specie è potenzialmente in grado di riprodursi durante tutto l'anno (Gutierrez-Yurrita e Montes, 1999), ma l'effettivo svolgimento può variare in relazione alle condizioni ambientali: nel Lazio si riproduce nel periodo compreso tra la fine della primavera e l'inizio dell'autunno (Chiesa et al., 2006a) come in altre regioni del centro Italia (Scalici e Gherardi, 2007) (Fig. 34), e probabilmente anche in primavera, come già osservato in Europa da altri Autori (Cano e Ocete, 1997; Gutierrez-Yurrita e Montes, 1999). La maturità sessuale, precocissima, viene raggiunta a tre-cinque mesi di età, ad una lunghezza totale variabile, da 4.5 a 12.5 cm (Huner, 2002). Nel Lazio, è stata osservata attorno a 5 cm (Chiesa et al., 2006a).

Procambarus clarkii è una specie caratteristica di acque calde, fortemente aggressivo ed abile scavatore. Costruisce tane lungo gli argini dei canali e dei corsi d'acqua, dalla struttura particolarmente complessa (Fig. 35), che possono raggiungere anche la profondità di 2m; ciò gli consente di sopravvivere ai periodi di prolungata siccità e di adattarsi e sopravvivere anche alle basse temperature (Souty-Grosset et al., 2006).

I suoi habitat preferenziali sono le paludi, i piccoli corsi d'acqua, i canali di irrigazione e di scarico, le pozze, le coltivazioni di riso (Souty-Grosset et al., 2006).

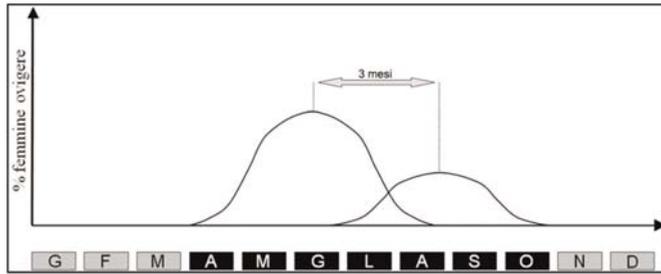


Figura 34 - Periodo riproduttivo nelle popolazioni di *P. clarkii* del centro Italia (da Scalici e Gherardi, 2007).

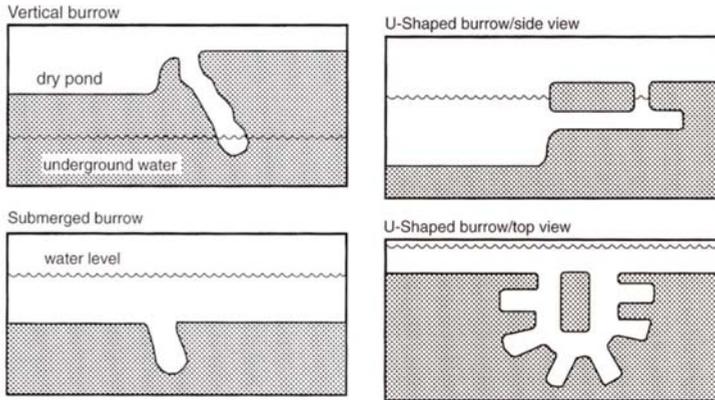


Figura 35 - Esempi di tane di *P. clarkii* (da Gherardi, 2002).

Il gambero rosso della Louisiana è in grado di adattarsi facilmente ai nuovi ambienti, grazie alla forte capacità dispersiva, può percorrere infatti fino a 3-4 km al giorno (Gherardi e Barbaresi, 2000) anche fuori dall'acqua, ed all'elevata tolleranza a pesticidi, inquinanti, basse concentrazioni di ossigeno disciolto ed elevata salinità.

Inoltre, è una specie in grado di sfruttare numerose risorse trofiche, sia di natura animale (larve ed adulti di insetti, crostacei, avannotti pesci) sia di natura detritica e vegetale (Chiesa et al., 2006a; Gherardi, 2006) con una netta prevalenza di quest'ultima componente, risultando estremamente dannoso per le macrofite acquatiche (García-Murillo et al., 1993; Gutierrez-Yurrita e Montes, 1999; Acquistapace et al., 2004); diffuso è anche il cannibalismo (Nyström, 2002).

Nell'abbondanza delle varie componenti, la struttura della dieta può variare in relazione all'area geografica ed all'ambiente (Fig. 36).

Il gambero rosso della Louisiana è ormai tristemente noto in Europa come portatore sano della cosiddetta "peste del gambero", causata dall'agente fungino *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1902), al quale mostra una notevole resistenza, che è invece una delle cause principali della rarefazione e della scomparsa delle popolazioni astacicole europee, molto sensibili alla malattia (Mancini, 1986).

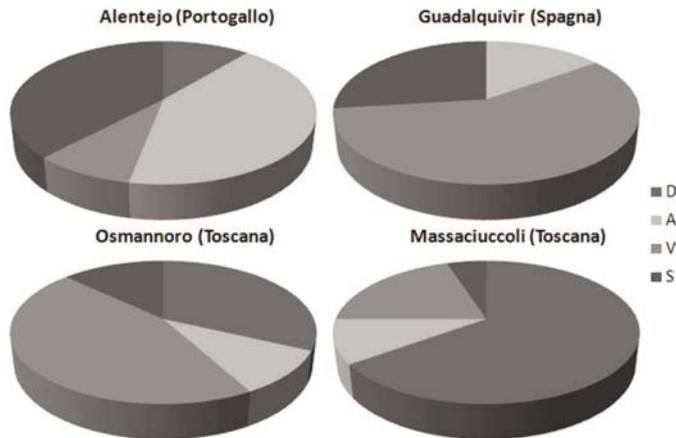


Figura 36 - Abitudini alimentari in diverse popolazioni europee di *P. clarkii* (da Gherardi, 2006). A: materiale animale; D: materiale detritico; S: sedimenti; V: materiale vegetale.

Inoltre, nella muscolatura addominale vengono frequentemente osservati i protozoi del genere *Psorospermium*, responsabili di una parassitosi; la specie è anche sensibile al virus della vibriosi, e rappresenta un intermediario per numerosi "vermi" parassiti dei vertebrati (Souty-Grosset et al., 2006). Recentemente, è stato dimostrato anche il suo ruolo di portatore e di vettore di trasmissione all'uomo della tularemia (Anda et al., 2001): si tratta di una patologia grave, causata dal batterio *Francisella tularensis* che generalmente viene trasmessa all'uomo dai roditori attraverso vettori quali zecche e zanzare. Anda et al. (2001) hanno verificato come il gambero rosso sia in grado di accumulare il batterio nei suoi organi interni, e di trasmetterlo attraverso il contatto con la pelle o l'ingestione delle carni, come avvenuto nella Spagna centrale in occasione di un'epidemia della forma ulceroghiandolare, verificatasi proprio tra i pescatori di gamberi.

Impatto Ambientale ed Annotazioni Gestionali

I danni derivanti dalla naturalizzazione di *P. clarkii* possono essere molteplici ed insistere a più livelli, tanto che gli è valso anche il nome di gambero killer. Da un punto di vista ecologico, il gambero rosso della Louisiana può arrecare danno soprattutto alla componente floristica, come dimostrato dall'analisi della nicchia trofica. Anche le componenti zoologiche possono risentire negativamente della sua presenza, perché si tratta di una specie piuttosto aggressiva, che può disturbare la fauna ittica soprattutto nel periodo di frega, e predare uova ed avannotti (Gibertini et al., 1998). Inoltre, gli adulti sembrano impattare maggiormente sulle macrofite acquatiche, mentre i giovanili sulla comunità dei macroinvertebrati (Souty-Grosset et al., 2006). Studi condotti in aree umide italiane, come la palude di Fucecchio, hanno mostrato come nel giro di pochi anni questa specie abbia determinato il crollo delle popolazioni di anfibi e macroinvertebrati acquatici, verificatosi parallelamente alla rapida espansione del gambero (Bartolini, 2004). La forte diminuzione, quando non addirittura la scomparsa, di molte di queste specie ha influenzato anche l'attività dell'avifauna: *P. clarkii* ha sostituito le prede abituali, utilizzate in passato da aironi e specie affini, nella dieta di questo gruppo di uccelli acquatici (Bartolini, 2004). Tuttavia, se nel breve periodo tale condizione può favorire una crescita numerica sostenuta di alcune specie coloniali, essa può nascondere delle insidie; è noto infatti che l'andamento demografico di specie invasive come *Procambarus clarkii* è soggetto a fluttuazioni molto marcate: un improvviso crollo della popolazione dopo una fase culminante potrebbe ripercuotersi assai negativamente sui ciconiformi, la cui varietà di fonti trofiche risulta notevolmente ridotta proprio a causa dell'impatto del gambero (Bartolini, 2004). Lo stesso Autore, inoltre, riferendosi alle specie del canneto, indica la mancanza di elementi specifici di valutazione, ma sottolinea come trattandosi di specie ad attività prevalentemente crepuscolare, esse potrebbero risultare danneggiate dall'intorbidamento delle acque (dovuto all'azione di continua movimentazione del sedimento operata dal gambero), che rende indubbiamente più difficoltosa l'individuazione delle prede.

Tyler et al. (1998) ipotizzano che in alcune aree umide del Regno Unito l'intorbidamento delle acque, dovuto a variazioni dell'idrologia indotte da *P. clarkii*, può aver seriamente danneggiato il tarabuso. E' evidente che in una situazione, peraltro comune a molte altre aree umide italiane, nella quale nuovi equilibri nella componente biotica dell'ecosistema si stanno sostituendo ai precedenti, l'acquisizione di tali informazioni può avere una certa importanza anche ai fini della ricerca di nuove misure di gestione ambientale (Bartolini, 2004). Il gambero rosso costituisce anche una risorsa alimentare disponibile per i ratti, con ovvie conseguenze sanitarie. Inoltre, è da sottolineare come *P. clarkii* sia ormai utilizzato anche in Italia a scopo alimentare, e ciò implica un potenziale rischio per salute umana: ad esempio a causa dell'elevata capacità di bio-accumulo di metalli pesanti, quali nichel, cadmio e piombo (Gherardi et al., 1998 cit. in: Barbaresi et al., 2001), e di trasmissione di agenti patogeni gravi, quali la tularemia (Anda et al., 2001), legati alla pesca ed al consumo del gambero rosso della Louisiana.

Attualmente, la maggior parte dei paesi europei, Italia compresa, non dispone di alcun strumento giuridico che regoli il trasporto e la detenzione del gambero rosso della Louisiana. La legislazione spagnola è principalmente relativa alla pesca commerciale e sportiva, che è vietata solo in alcune aree, e solo in poche zone la commercializzazione di animali vivi è bandita (Souty-Grosset et al., 2006). Nel Regno Unito la detenzione è ovunque vietata, anche se la specie non è stata ancora inserita nella scheda 9 del "Wildlife & Country-side Act" come specie invasiva o "peste" (Souty-Grosset et al., 2006).

Procambarus clarkii nella RNR "Lago di Posta Fibreno"

A partire dall'estate 2002 la presenza di *P. clarkii* è stata segnalata per la prima volta all'interno della Riserva Naturale Regionale di Posta Fibreno da parte dei pescatori professionisti operanti nel lago. In collaborazione con l'Agenzia Regionale Parchi (A.R.P.), è stato avviato nell'estate del 2007 un progetto il cui scopo era quello di valutare la distribuzione e lo stato del gambero di fiume della Louisiana all'interno dell'area protetta.

Con l'ausilio di 58 nasse metalliche posizionate lungo il perimetro del lago (5.163m) e lungo i canali principali, per una lunghezza totale di circa 9000m (Fig. 37), è stato possibile eseguire la cattura di un ristretto numero di esemplari, nel periodo compreso tra il 16 ed il 20 luglio 2007.

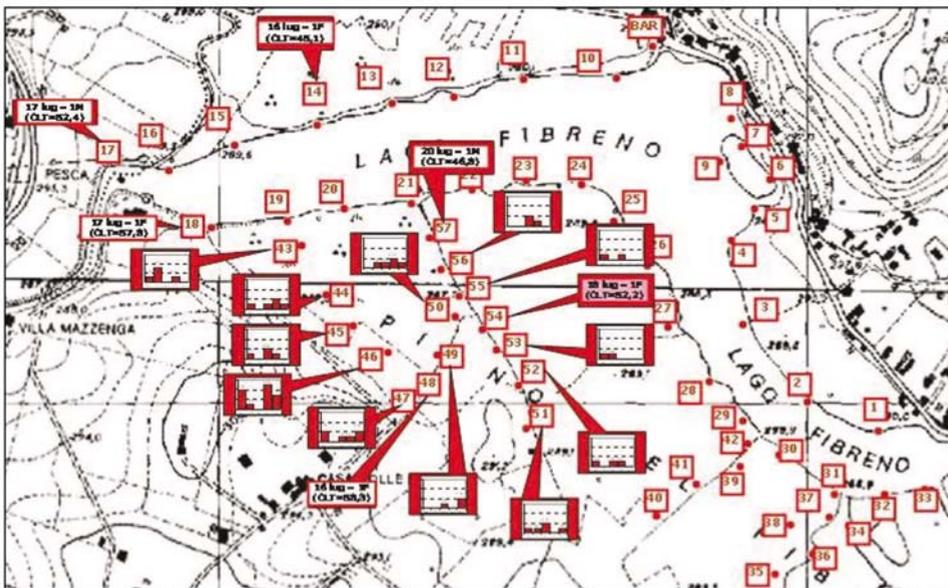


Figura 37 - Posizione delle nasse lungo il perimetro del Lago e nei canali adiacenti. Gli istogrammi si riferiscono al numero di gamberi catturati nei diversi giorni di campionamento.

L'intera sessione di campionamento ha fornito un totale di 62 animali (33 femmine e 29 maschi) con sex ratio non diversa da 1:1 (Fig. 38). Nel campione esaminato non sono state riscontrate femmine ovigere. Il limitato numero di animali catturati non ha permesso di stimare in modo certo la struttura della popolazione con il metodo di calcolo dello sforzo per unità di cattura (catch per unit effort, CPUE).

La mappa delle catture mostra che la maggior parte è avvenuta lungo la sponda sud-occidentale del Lago, ed in particolare nei canali, e si sviluppa secondo un gradiente originatosi dalla località di "colle laruscio", verso la sponda opposta del Lago (come dimostrato dalle sporadiche catture delle nasse 14 e 17). La nassa che conteneva la maggior parte dei gamberi catturati è estremamente vicina alla pozza privata. Il basso numero di esemplari catturati, sia nel lago che nei canali che all'interno della pozza privata, non ha permesso un'analisi dettagliata della popolazione, ne ha consentito di stimare l'effettivo grado di acclimatazione/naturalizzazione di questa specie nel Lago di Posta Fibreno. Tuttavia gli esemplari sembravano presentare un buono stato di salute, non essendo state riscontrate malformazioni, menomazioni e parassitosi.

La cattura degli animali può essere spiegata in termini di diversità ambientale. Infatti i parametri chimico-fisici rilevati (quali temperatura, pH, conducibilità, ddp, potenziale ossidoriduttivo, tensione di ossigeno disciolto in acqua) per mezzo di una sonda multiparametrica e sottoposti ad un'analisi multivariata di ordinamento, hanno rivelato che lago e canali presentano condizioni abbastanza differenti (Fig.39).

La presenza/ assenza dei gamberi nelle nasse sembra essere influenzata da alcuni dei parametri chimici e fisici misurati, in particolare temperatura, ossigeno disciolto e potenziale ossidoriduttivo.

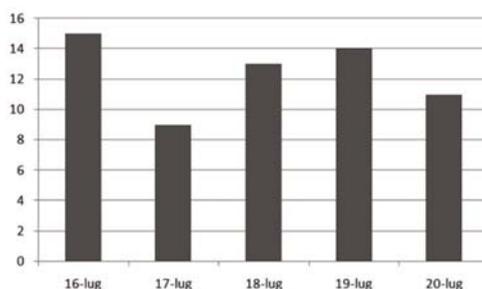


Figura 38 - Numero di individui catturati lungo le sponde del lago e dei canali (in ordinate) nei cinque giorni di campionamento (da Gibertini et al., 2007).

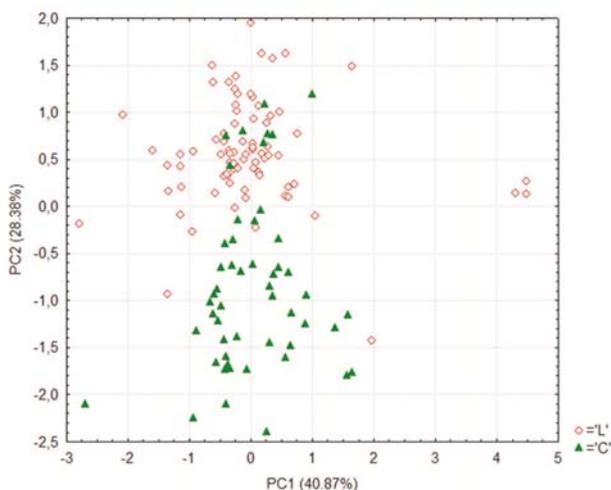


Figura 39 - Analisi multivariata dei parametri rilevati nel lago (L) e nei canali (C) (da Gibertini et al., 2007).

Il test di correlazione di Spearman tra il numero di gamberi catturati ed i valori dei parametri rilevati per ciascuna nassa ha mostrato una correlazione positiva con la temperatura ($r = 0,61$; $P < 0.05$), mentre una correlazione negativa è stata osservata con l'ossigeno disciolto, sia in percentuale ($r = -0,41$; $P < 0.05$) che in p.p.m. ($r = -0,44$; $P < 0.05$) e con il potenziale ossidoriduttivo ($r = -0,37$; $P < 0.05$). Anche l'indice di cattura (numero di animali catturati/numero di nasse) era fortemente influenzato dalla temperatura (Fig. 40).

La correlazione negativa rilevata tra il numero di gamberi catturati e l'ossigeno disciolto potrebbe derivare, come conseguenza indiretta, da quella positiva rilevata tra numero di animali e temperatura, essendo il tenore di ossigeno disciolto inversamente proporzionale alla temperatura dell'acqua.

Nei giorni immediatamente successivi alla sessione di campionamento, è stata effettuata anche un'operazione di cattura in una pozza privata, adiacente ai canali sud ovest del Lago (località Colle Iaruscio), avente forma quadrangolare e lato approssimativamente di 30m. Il campionamento effettuato nella pozza privata ha fornito invece 125 animali: 58 femmine e 67 maschi; ulteriori 30 animali, 16 femmine e 14 maschi, catturati nei canali strettamente adiacenti alla pozza, sono stati forniti dal proprietario. Anche in questo caso la sex ratio non si discosta dal rapporto 1:1.

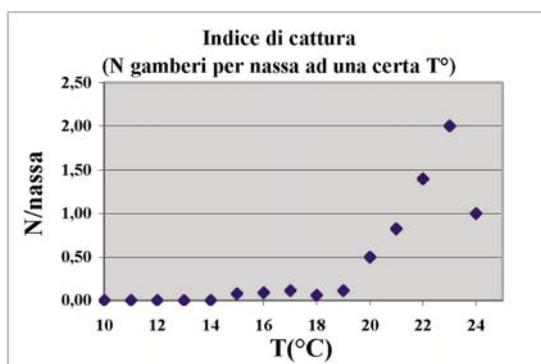


Figura 40 - Andamento dell'indice di cattura al variare della temperatura (da Gibertini et al., 2007).

In questo caso il tasso di cattura, calcolato come n. animali/nassa/giorno/metri, è risultato notevolmente maggiore. Inoltre, dal rilevamento della lunghezza del cefalotorace (CTL, Fig. 41) è stato possibile notare che sia il campione di sesso femminile che quello di sesso maschile

poteva essere diviso in tre classi modali, comparabili a tre classi di età (Fig. 42). La Tabella (8) mostra i valori medi e le deviazioni standard delle classi modali per entrambi i sessi.

L'analisi popolazionistica eseguita non ha permesso di rilevare lo stato di salute del gambero rosso della Louisiana nel Lago di Posta Fibreno.

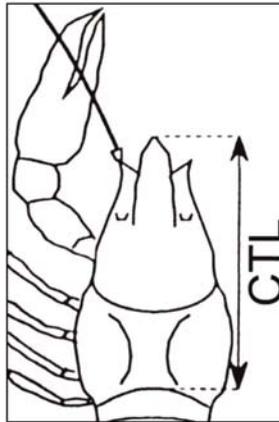


Figura 41 - Lunghezza del cefalotorace (CTL).

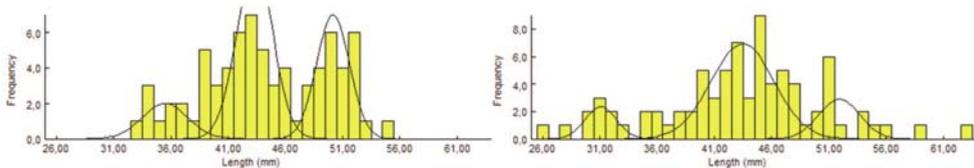


Figura 42 - Classi di età rilevate in base ai valori del cefalotorace (CTL) nelle femmine (a sinistra) e nei maschi (a destra) catturati nella pozza privata. Frequency = numero individui, Length = lunghezza cefalotorace (da Gibertini et al., 2007).

Tabella 8 - Caratteristiche delle classi di età rilevate in base ai valori di CTL negli esemplari catturati nella pozza privata. M = lunghezza media stimata in ciascuna classe di età; DS = deviazione standard; N = numero teorico di individui utilizzati per ottenere la classe modale (da Gibertini et al., 2007).

classe	M	DS	N
femmine			
1	35.50	2.01	10
2	43.34	1.59	39
3	50.17	1.42	25
maschi			
1	31.08	1.35	8
2	43.47	2.76	48
3	51.90	1.80	13

Sebbene gli esemplari catturati non abbiano mostrato segni di intolleranza al nuovo ambiente o particolari difficoltà nell'accrescimento, è pur vero che i valori di densità ed

abbondanza di questa specie si presentano ancora molto bassi se paragonati a quelli tipici della specie, anche lì dove sono maggiormente concentrati (canali principali adiacenti al lago e pozza privata). La bassa temperatura dell'acqua dell'area di studio, quindi, sembra essere, almeno per adesso, il fattore limitante alla espansione di questa specie.

Proposte di Gestione: Monitoraggio Ambientale e Lenta Rimozione Meccanica

L'introduzione di specie alloctone costituisce, dopo la distruzione degli habitat, la più grave minaccia per la biodiversità (Genovesi, 2002). Pertanto, l'individuazione di attività di gestione efficaci nei confronti delle specie aliene, allo scopo di mitigarne l'espansione e gli impatti, risulta di prioritaria importanza.

Le diverse strategie di approccio al problema possono essere suddivise in tre categorie: "prevenzione", "controllo", "eradicazione".

La prima rappresenta certamente il programma più efficace per supplire ai danni conseguenti alle immissioni, ed è senza dubbio la forma più economica ed efficace, nonché eticamente la meno problematica. Tuttavia, un efficace programma di prevenzione richiede l'esistenza di un affidabile e funzionale meccanismo di controllo delle importazioni, della detenzione e dell'allevamento di specie potenzialmente nocive, sostenuto da una severa regolamentazione. Inoltre, perché la strategia di prevenzione risulti valida nel tempo, è indispensabile non trascurare il contesto sociale e programmare efficaci campagne di informazione e sensibilizzazione.

Quando prevenire diviene impossibile, poiché una specie risulta ormai insediata con successo, le uniche alternative di gestione sono l'eradicazione o il controllo numerico delle popolazioni. L'eradicazione è fattibile solo nelle prime fasi dell'insediamento di una specie, prima della sua eccessiva diffusione sul territorio, quando è ancora localizzata e di piccole dimensioni (Genovesi, 2005), ed è indicata soprattutto in aree insulari, circoscritte, o di piccole dimensioni. Da un punto di vista pratico, può rivelarsi di difficile attuazione perché assai dispendiosa a livello di tempo e di denaro, e richiede tecniche di abbattimento specifiche e selettive per non risultare dannosa nei confronti delle altre specie.

Quando l'eradicazione non può essere effettuata, l'unica alternativa valida è il controllo sistematico delle popolazioni, mediante l'abbattimento selettivo di una parte di essa, in ambiti territoriali definiti su base geografica, biologica, o come spesso accade nella realtà, politico amministrativa. Un'operazione di controllo deve essere attentamente pianificata, sulla base delle caratteristiche biologiche della specie e dell'ambiente per poter risultare efficace nel tempo; essa inoltre non rappresenta mai una soluzione definitiva al problema, ed implica un costante impegno economico.

In alternativa all'eradicazione ed al controllo delle popolazioni, esistono altri metodi per limitare i danni provocati dalle introduzioni. I più semplici si basano sul "contenimento", una strategia al limite tra prevenzione e controllo, mediante la costrizione di una specie all'interno di un definito ambito territoriale, ad esempio mediante opportune recinzioni, e che si è rivelato valido solo con animali di grosse dimensioni (Scalera, 2001).

Infine, tra le altre strategie di gestione esistenti, talvolta praticate con risultati soddisfacenti, ma spesso con effetti disastrosi, vale la pena citare quelle incentrate sulla cosiddetta "lotta biologica": il rilascio in natura di un agente di controllo (generalmente anch'esso alloctono) capace di insediarsi sul territorio e controllare naturalmente la dimensione della popolazione della specie aliena per cui è chiamato in causa. Queste strategie hanno avuto un discreto successo soprattutto in ambito agricolo, al fine di controllare i parassiti delle colture, ma sono sconsigliabili nella maggior parte dei casi, perché l'insediamento di nuove specie rappresenta sempre un'incognita dalle conseguenze difficilmente prevedibili.

Come suggerito da Holdich et al. (1999), in un'ottica "cauta" di intervento di gestione, è necessario infatti che i metodi utilizzati (1) siano sicuri per l'ambiente, (2) presentino un'elevata probabilità di successo, (3) non siano costosi, (4) non provochino danni alla salute umana, (5) siano giustificabili di fronte ai pubblici cittadini.

Nell'ambito dell'astacologia, sono state condotte poche esperienze relative all'eradicazione ed al controllo dei gamberi dulcacquicoli, in particolare attraverso l'uso di biocidi, feromoni sessuali e catture intensive. Già partire dalla fine degli '80, negli Stati Uniti Bills e Marking (1988) hanno osservato l'efficacia del controllo chimico rispetto ad altri sistemi di eradicazione dei gamberi, in particolare nei test condotti nei confronti di *Orconectes rusticus*, trattato con l'insetticida rotenone. In Europa, Laurent (1995) ha effettuato per primo un tentativo di eradicazione del gambero americano *Orconectes limosus* attraverso l'uso dell'insetticida organofosfato fenthion. A seguito del trattamento con il fenthion, inoltre, l'autore non riporta episodi di mortalità nei Vertebrati (pesci, anfibi, rettili), mentre è stata osservata la rapida scomparsa di cladoceri ed insetti, nonché di quasi tutti i copepodi ed i rotiferi. Particolarmente colpiti risultavano emitteri ed odonati, mentre i gasteropodi non sembravano aver subito danni dal trattamento. Inoltre, al contrario di quanto osservato in altri studi simili (Ray e Stevens, 1970), in questo caso non sono stati segnalati fenomeni di fuga o dispersione dal corpo idrico degli animali liberi dopo trattamento con l'agente tossico. Il fenthion si è rivelato utile per uccidere gli individui di *Orconectes limosus*, in particolare i giovanili; tuttavia, il suo impiego in questo esperimento pilota è limitato a piccoli corpi idrici ad acque ferme, mentre non può essere utilizzato in quelle correnti, a causa della lentezza con la quale si manifesta la totale mortalità degli individui. Inoltre, la sua persistenza e la sua elevata tossicità nei confronti degli artropodi ne sconsigliano l'uso in aree di particolare pregio ed interesse conservazionistico. Nel tentativo di identificare un potenziale biocida con un basso impatto ambientale, Cabral et al. (1997) hanno sviluppato uno studio dettagliato del surfactante genapol OX-80, biodegradabile, per testarne l'efficacia nei confronti di *Procambarus clarkii*. Anche se l'agente tossico risultava in grado di uccidere il gambero rosso della Louisiana, le dosi necessarie erano comunque troppo elevate per poter essere utilizzate in ambiente naturale. In particolare, i test condotti in parallelo su pesci, serpenti e cladoceri (Cabral et al., 1997), e sulle alghe presenti nelle coltivazioni di riso (Anastacio et al., 2000) indicavano un'elevata tossicità verso questi organismi, rendendo di fatto impossibile l'utilizzo del genapol in natura. Anche i piretroidi sintetici si sono rivelati utili nei test di laboratorio (Eversole e Seller, 1997, Quaglio et al., 2002), ma non sono stati testati in ambiente naturale poiché non autorizzati (Hiley e Peay, 2003). Il piretro naturale, invece, è fotolabile, non genera residui tossici, risulta a bassa tossicità per mammiferi ed uccelli (Hudson et al., 1984; Saxena e Bakra, 1978), e non danneggia le piante acquatiche. Tuttavia, risulta estremamente tossico per altri crostacei acquatici, insetti e pesci (Sanders, 1969; Johnson e Finley, 1980; Mayer e Ellersieck, 1986; Burrigge e Haya, 1997), ed è molto più costoso degli insetticidi contenenti piretroidi sintetici (Peay et al., 2004). Nel 2004, Peay et al., hanno effettuato una sperimentazione in ambiente naturale utilizzando il pyblast, un biocida biodegradabile, meno stabile e persistente dei piretroidi sintetici, contenente il 3% di piretrine, per eradicare il gambero *Pacifastacus leniusculus*. In quella sperimentazione, la struttura del substrato ha influito notevolmente sull'efficacia del pyblast: in particolare, nei test preliminari di tossicità, la somministrazione del biocida, abbinata ad un trattamento di deossigenazione con solfito di sodio, ha permesso di osservare episodi di mortalità già dopo 24 ore, mentre in seguito all'aggiunta di argille e materiale organico sono state necessarie almeno 36 ore (Peay et al., 2004). Numerosi autori hanno sottolineato come il substrato possa ridurre l'efficacia dei pesticidi e mitigarne gli effetti tossici (Kozak e Policar, 2003; Hiley e Peay, 2003), differenze tra i risultati ottenuti nei test di laboratorio e quelli condotti in ambiente naturale sono stati frequentemente osservati (Hendrick et al., 1966; Albaugh, 1972; Laurent, 1995), nei livelli di tossicità rilevata e nelle concentrazioni necessarie per ottenere la mortalità di almeno il 50% degli individui (LC₅₀), notevolmente inferiori in condizioni di laboratorio (Eversole e Seller, 1997). Questa unità di riferimento non può essere considerata del tutto attendibile (Eversole e Seller, 1997), poiché in condizioni naturali numerosi fattori in combinazione tra loro, come la temperatura, la struttura del substrato, la presenza di vegetazione, la profondità dell'acqua, l'esposizione e l'intensità della luce solare durante e dopo il trattamento, possono modificarne gli effetti, influenzando sulla persistenza e sull'efficacia dei pesticidi nei confronti dei gamberi (Peay et al., 2004). Pertanto, in questo tipo di applicazioni sarebbe consigliabile prendere come riferimento la concentrazione alla quale si manifesta la mortalità totale degli individui (LC₁₀₀) in almeno 24 ore (Eversole e Seller, 1997), che potrebbe fornire una stima più efficace per il successo delle attività di eradicazione condotte sul campo. Peay et al. (2004) hanno anche

osservato, al contrario di Laurent (1995), come il trattamento con il pyblast favorisca la tendenza (negli animali liberi) all'abbandono delle tane ed alla fuga dall'acqua, rendendo necessario trattare con il pesticida anche le rive, in particolare le aree ricche di vegetazione o di potenziali rifugi. Infine, non va dimenticato che, come sottolineato dagli stessi autori, nessuna attività di eradicazione con biocidi può essere effettuata senza la completa collaborazione di tutte le parti interessate, siano essi scienziati, enti statali, e comunità locali, sia per le difficoltà tecniche e pratiche nell'utilizzo di tali strumenti, sia per sostenere l'impegno economico che ne deriva. Pertanto, l'utilizzo di biocidi nell'eradicazione dei gamberi alloctoni rimane ad oggi confinato a pochi esperimenti pilota, condotti su scala ridotta, e non può essere ancora considerato un metodo valido di risoluzione del problema.

Per quanto riguarda l'utilizzo di mezzi biologici, in popolazioni isolate l'uso di ceppi virulenti di *Aphanomyces astaci* potrebbe rivelarsi utile e portare ad una relativamente rapida eradicazione dell'invasore, ma non è un metodo accettabile per gli effetti potenziali sulle specie indigene e per la facilità di diffusione delle spore fungine (Gherardi e Acquistapace, 2002). Un metodo alternativo è stato testato da Stebbing et al. (2004), attraverso l'uso di feromoni sessuali, allo scopo di controllare numericamente le popolazioni di *Pacifastacus leniusculus*. Gli autori hanno testato l'effetto di differenti ormoni (sessuali, di stress e di allarme) attraverso l'utilizzo di trappole appositamente strutturate, contenenti gli ormoni derivati dall'urina e veicolati con mezzi specifici, ed un'esca alimentare. Il risultato più interessante è stato senza dubbio la cattura di numerosi maschi nelle trappole con feromoni sessuali femminili, che nel periodo riproduttivo risultano estremamente sensibili a questo segnale chimico. Al contrario, gli altri ormoni non hanno rappresentato, in questo primo studio preliminare, agenti maggiormente attrattivi rispetto a quelli classici (esche alimentari); questi risultati, tuttavia, non includono una caratterizzazione dell'habitat, e non chiariscono come esso possa influire sull'effetto dei feromoni testati. Inoltre, la messa a punto di una complessa strategia come l'utilizzo degli ormoni, richiede conoscenze approfondite sia sul comportamento (interazione sociale e sessuale), sia sulla fisiologia delle specie trattate, nonché un protocollo sperimentale lungo ed articolato.

Di recente, è stata anche condotta in laboratorio una sperimentazione su *Procambarus clarkii* (Aquiloni et al., 2006), volta all'applicazione della cosiddetta SMRT o Sterile Male Release Technique, cioè la sterilizzazione dei maschi di specie invasive, metodologia in uso con successo sin dagli anni '50 per la gestione degli insetti nocivi (Knipling, 1955; Curtis, 1985). In particolare, il trattamento dei maschi riproduttori con raggi X permette di trattare rapidamente diversi individui e presenta un costo relativamente contenuto (Aquiloni et al., 2006). I risultati ottenuti in questo lavoro preliminare, indicano che l'esposizione dei maschi adulti di *P. clarkii* a 20 Gy non ne altera la sopravvivenza o il comportamento, ma ne riduce il successo riproduttivo, con un decremento delle nascite pari al 43% (Aquiloni et al., 2006). Inoltre, il trattamento sembra influenzare la dimensione media delle uova: se fecondate da un maschio trattato, le femmine depongono uova più piccole, a indicazione della loro capacità di allocare una diversa quantità di deutero plasma in relazione alla qualità e/o quantità di sperma o al comportamento del maschio (Aquiloni et al., 2006). Anche se i risultati ottenuti appaiono incoraggianti, l'effetto delle radiazioni su *P. clarkii* deve essere però ulteriormente valutato, perché, come osservato in altri studi (Lux et al., 2000; Weldon, 2005), potrebbe alterare il comportamento dei maschi durante l'accoppiamento, e condizionare la scelta delle femmine, compromettendo l'efficacia della sterilizzazione nella gestione delle popolazioni invasive (Aquiloni et al., 2006).

Per quanto riguarda l'eradicazione e/o il controllo dei gamberi invasivi attraverso le modificazioni dell'habitat, in particolare attraverso il drenaggio o l'essiccamento di stagni o laghi, il ricorso a queste procedure drastiche non appare comunque efficiente, per specie che occupano tane e che sopravvivono per lunghi periodi a condizioni di disidratazione, come il gambero rosso della Louisiana (Gherardi e Acquistapace, 2002).

La rimozione meccanica rimane la strategia meno invasiva nei confronti dell'habitat, anche se non permette di catturare tutte le classi di taglia di una popolazione, in particolare i giovanili, e non tutte le specie, tra cui *Orconectes limosus*, sono attratti dalle trappole (Gherardi e Acquistapace, 2002). Tuttavia, una sperimentazione in tal senso, condotta in

Toscana presso il Lago di Massaciuccoli, ha fornito buoni risultati nel controllo numerico della popolazione di *P. clarkii*, tramite l'utilizzo di bertavelli innescati con carcasse di pesci (soprattutto carassi) (Ercolini, 2002). In questo caso, pur realizzata con metodi tradizionali, la pesca intensiva ha dimostrato di essere, al momento, l'unica forma concreta di contenimento di *P. clarkii*.

Alla luce delle precedenti esperienze condotte nel settore della gestione delle specie esotiche, nella fattispecie gamberi d'acqua dolce, vien da se che non è facile proporre un'ideale azione atta a mitigare l'impatto delle specie introdotte ed ormai radicate nel nuovo ecosistema.

Sebbene lo studio condotto su *P. clarkii* nel Lago di Posta Fibreno ha dimostrato che questa specie non ha ancora raggiunto valori di biomassa e densità elevati, tuttavia esso rappresenta solo un'esperienza preliminare che deve essere necessariamente supportata dalla raccolta di ulteriori dati. La scarsa quantità di dati raccolti non favorisce la messa a punto di una strategia gestionale più dettagliata e complessa, che richiede il proseguimento in futuro dell'attività di ricerca, volta soprattutto ad approfondire la struttura e la dinamica di popolazione, nonché ad ottenere dati riguardanti la dieta, l'accrescimento e l'attività riproduttiva del gambero rosso della Louisiana nella Riserva Naturale del Lago di Posta Fibreno.

I risultati ottenuti attraverso il campionamento nel Lago di Posta Fibreno e nei canali adiacenti, indicano che al momento la densità della specie non ha ancora raggiunto valori elevati, tali da rendere visibili gli impatti derivanti dalla sua introduzione. La distribuzione localizzata delle catture rispecchia con elevata probabilità la reale distribuzione della specie, indicando che il lago non ha rappresentato finora un ambiente ottimale per la sua espansione. Ciò potrebbe rappresentare un vantaggio, nel tentativo di eradicare la popolazione di gambero rosso presente all'interno dell'area protetta. Il ritrovamento di due esemplari nel Torrente Carpello è da ritenersi legato a fenomeni di dispersione, ma rappresenta comunque una situazione da tenere sotto controllo. L'elevato tasso di cattura rilevato nella pozza privata indica invece che lì si mantengono condizioni ottimali per la specie: questa zona pertanto potrebbe costituire un'area "sorgente" per la popolazione, ovvero un bacino di origine e di diffusione degli individui di *P. clarkii* verso le stazioni circostanti, come dimostrato anche dalla distribuzione delle catture. È necessario, quindi, intervenire tempestivamente anche nella pozza privata, per tentare di contenere il più possibile l'espansione dei gamberi verso il lago attraverso uno sforzo di pesca intensivo e continuato.

Se al momento nel Lago *P. clarkii* non risulta ancora invasivo, un eventuale cambiamento dei parametri delle acque, probabilmente l'unico fattore limitante, potrebbe favorire la dispersione degli individui verso aree del Lago più a rischio, perché maggiormente sensibili (ad es. aree frega o di foraggiamento delle specie autoctone). Ciò potrebbe essere anche sostenuto da fenomeni sempre più frequenti di siccità e di riduzione del livello idrico del Lago, che in futuro renderebbero probabile un aumento della temperatura.

Pertanto, la messa a punto di un programma di intervento deve essere rapida e tempestiva, per ottenere buoni risultati, e contrastare efficacemente l'espansione di *Procambarus clarkii*, una delle specie alloctone più invasive e problematiche, in grado di causare gravi danni agli ecosistemi nei quali viene introdotta. Dopo l'eventuale intervento sarà necessario monitorare costantemente tutta l'area della Riserva, per mantenere sempre attivo il controllo sul territorio, prevenire ulteriori immissioni e non compromettere così gli sforzi compiuti.

Il diretto monitoraggio sul territorio rimane la tecnica più efficace, seppure la più onerosa. Si raccomanda, dunque, un costante ed attento controllo dei corpi idrici all'interno della riserva e altresì nelle aree limitrofe private e non, allo scopo di prevenire che i gamberi trovino nuove vie di fuga o, al contrario, di arrivo. È necessario, in questo caso, ricorrere ad alcune accortezze, come quella di svolgere le attività di censimento e cattura al di fuori del periodo riproduttivo delle specie acquatiche autoctone maggiormente a rischio di cattura accidentale (tra i vertebrati, principalmente il carpione del Fibreno, la trota macrostigma, lo spinarello e numerose specie di anfibi).

Ancora una volta, un contributo aggiuntivo al monitoraggio potrebbe essere fornito dagli stessi pescatori, attraverso la registrazione di eventuali individui reperiti, previa un'efficiente azione di sensibilizzazione locale. Infatti, come dimostrato dai numerosi esempi relativi alle specie alloctone fin qui discussi, nessuna attività finora sperimentata è in grado di risolvere del tutto il problema: la migliore strategia di gestione nei confronti delle specie invasive rimane sempre e comunque la prevenzione di nuove introduzioni.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Personale della Riserva per la collaborazione e la realizzazione dei campionamenti e dei rilievi dei parametri chimico-fisici. Un ringraziamento va allo Stabilimento Ittiogenico di Roma per aver messo a disposizione le nasse utilizzate nei campionamenti. Infine, un ringraziamento va al Sig. Vittorio Lecce per aver gentilmente autorizzato il campionamento nella pozza di sua proprietà.

Bibliografia di Riferimento

- Acquistapace P., Cacchiani A., Gherardi F., 2004. Impatto esercitato dal gambero invasivo, *Procambarus clarkii*, sulla comunità acquatica di un ambiente di particolare interesse faunistico e floristico. 10° Congresso Nazionale A.I.I.A.D. "La gestione dell'ittiofauna per la tutela e la conservazione degli ambienti fluviali". Montesilvano (Pe), 2-3 Aprile, 21.
- Albaugh D. W., 1972. Insecticide tolerances of two crayfish populations (*Procambarus acutus*) in South Central Texas. Bulletin of Environmental Contamination And Toxicology, 8: 334-338.
- Anastacio P. M., Holten Lützhøft H. C., Halling-Sørensen B., Marques J. C., 2000. Surfactant (Genapol OX-80) toxicity to *Selenastrum capricornutum*. Chemosphere, 40: 835-838.
- Anda P., del Pozo J. S., Díaz Garcá J. M., Escudero R., Garcá Peña F. J., López Velasco M. C., Sellek R. E., Jiménez Chillarón M. R., Sánchez Serrano L. P., Martínez Navarro J. F., 2001. Waterborne outbreak of Tularemia associated with crayfish fishing. Emerging Infectious Diseases, 7: 575-582.
- Aquiloni L., Becciolini A., Berardi N., Trunfio C., Gherardi F., 2006. Effetto dei raggi X sul successo riproduttivo di *Procambarus clarkii* Girard. - Effects of X-ray radiation on the reproductive potential of *Procambarus clarkii* Girard males. Quaderni ETP- Journal of Freshwater Biology, 34: 195-198.
- Bills T. D., Marking L. L., 1988. Control of nuisance populations of crayfish with traps and toxicants. The Progressive Fish Culturist, 50: 103-106.
- Barbatesi S., Fani R., Gherardi F., Mengoni A., Souty-Grosset C., 2003. Genetic variability in European populations of an invasive American crayfish: preliminary results. Biological Invasions, 5: 269-274.
- Barbatesi S., Gherardi F., 2000. The invasion of the alien crayfish *Procambarus clarkii* in Europe, with particular reference to Italy. Biological Invasions, 2: 259-264.
- Barbatesi S., Salvi G., Gherardi F., 2001. Il gambero *Procambarus clarkii*. Distribuzione, dinamica di popolazione e impatto. In: Gaggi C., Nicolardi V., Santoni S. Programmi e riassunti del XIV° Congresso S.i.t.e. (Società italiana di Ecologia) "Conservazione e gestione degli ecosistemi". Siena - Centro Didattico "Le Scotte", 4-6 ottobre 2004.
- Bartolini A., 2004. Aironi e specie affini. Identificazione, status e conservazione dei Ciconiformi del Padule di Fucecchio. Quaderni del Padule di Fucecchio n°3. Centro di Ricerca, Documentazione e Promozione del Palude di Fucecchio.
- Burridge L. E., Haya K., 1997. Lethality of pyrethrins to larvae and postlarvae of the American lobster (*Homarus americanus*). Ecotoxicology and Environmental Safety, 38: 150-154.
- Cabral J. A., Anastacio R., Carvalho R., Marques J. C., 1997. A non-harmful chemical method of red swamp crayfish *Procambarus clarkii*, population control and non target organisms problematics in the lower Mondego River Valley, Portugal. Freshwater Crayfish, 11: 282-292.

- Cano E., Ocete M. E., 1997. Population biology of the red swamp *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in the Guadalquivir river marshes, Spain. *Crustaceana*, 70: 553-561.
- Chiesa S., 2006. Il Gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) nel Monumento Naturale di Torre Flavia. In: "Biodiversità, gestione, conservazione di un'area umida residuale del litorale tirrenico. La Palude di Torre Flavia". A cura di: Corrado Battisti. Provincia di Roma, Assessorato Alle Politiche Agricole e Dell'Ambiente. Gangemi editore, Roma: 493 pp.
- Chiesa S., Scalici M., Gibertini G., 2006a. Occurrence of allochthonous freshwater crayfishes in Latium (Central Italy). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 883-902.
- Chiesa S., Scalici M., Gibertini G., 2006b. Distribuzione dei decapodi dulcacquicoli alloctoni nei sistemi idrici del Lazio. Atti del XV° Congresso S.i.t.e. (Società italiana di Ecologia) "Ambiente, Risorse e Sviluppo", Torino 12-14 Settembre, 183-188.
- Correia A. M., Ferreira O., 1995. Burrowing behaviour of the introduced red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) in Portugal. *Journal of Crustacean Biology*, 15: 248-257.
- Curtis C. F., 1985. Genetic control of insect pests: growth industry or lead balloon? *Biological Journal of the Linnean Society*, 26: 359-374.
- Delmastro G. B., 1992. Sull'acclimatazione del gambero della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) nelle acque dolci italiane. *Pianura*, 4: 5-10.
- Ercolini P., 2002. Andamento temporale del crostaceo *Procambarus clarkii* nel comprensorio del Lago di Massaciuccoli. Atti del Convegno Nazionale "La gestione delle specie alloctone in Italia. Il caso della nutria e del gambero rosso della Louisiana." Firenze, 24-25 Ottobre, 101-107.
- Eversole A. G., E Seller B. C., 1997. Comparison of relative crayfish toxicity values. *Freshwater Crayfish*, 11: 274-285.
- García-Murillo P., Bernués M., Montes C., 1993. Los macrofitos acuáticos del Parque Nacional de Doñana: aspectos florísticos. *Actas del VI Congreso Español de Limnología*, 31-43.
- Genovesi P., 2002. Introduzioni biologiche: impatto sulla biodiversità e priorità di azione per il futuro. Atti del Convegno Nazionale "La gestione delle specie alloctone in Italia. Il caso della nutria e del gambero rosso della Louisiana." Firenze, 24-25 ottobre, 75-80.
- Genovesi P., 2005. Eradications of invasive alien species in Europe- a review. *Biological Invasions*, 7: 127-133.
- Gherardi F., 2002. Behaviour. In: *Biology of freshwater crayfish*. Holdich D.M. (ed). Blackwell Science, Oxford: 258-290.
- Gherardi F., 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39: 175-191.
- Gherardi F., Acquistapace P., 2002. Tecniche di controllo e di eradicazione dei gamberi invasivi. Atti del Convegno Nazionale "La gestione delle specie alloctone in Italia. Il caso della nutria e del gambero rosso della Louisiana." Firenze, 24-25 Ottobre, 95-99.
- Gherardi F., Baldaccini G. N., Barbaresi S., Ercolini P., De Luise G., Mazzoni D., Mori M., 1999. Alien Crayfish In Europe: The Situation In Italy. In: Gherardi F. and Holdich D.M. (eds). *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* Rotterdam: A. A. Balkema. pp 107-128.
- Gherardi F., Barbaresi S., 2000. Invasive crayfish: activity patterns of *Procambarus clarkii* in the rice fields of the Lower Guadalquivir (Spain). *Archiv für Hydrobiologie*, 150: 153-168.
- Gibertini G., Quattrocchi L., Bonifazi A., Meloni M., 1998. Gamberi autoctoni ed alloctoni nella Riserva dei Laghi Lungo e Ripasottile e nella Provincia di Rieti. *Consorzio Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile*. 22 pp.

- Gibertini G., Scalici M., Celauro D., 2007. Analisi della popolazione di *Procambarus clarkii* nella Riserva Naturale "Lago Di Posta Fibreno" (FR). Relazione Tecnica. 26 pp.
- Gutiérrez-Yurrita P. J., Martínez J. M., Bravo-Utrera M. Á., Montes C., Ilhéu M., Bernardo J. M., 1999. The status of crayfish populations in Spain and Portugal. In: Gherardi F. and Holdich D. M., (eds). Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? Rotterdam: A. A. Balkema. pp 161-192.
- Gutiérrez-Yurrita P. J., Montes C., 1999. Bioenergetics and phenology of reproduction of the introduced red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in Doñana National Park, Spain, and implications for species management. *Freshwater Biology*, 42: 561-574.
- Hasburgo-Lorena A. S., 1986. The status of the *Procambarus clarkii* population in Spain. *Freshwater Crayfish*, 6: 131-136.
- Hendrick R. D., Everett T. R., Caffrey H. R., 1966. Effects of some insecticides on the survival, reproduction and growth of the Louisiana red crawfish. *Journal of Economic Entomology*, 59: 189-192.
- Hiley P. D., Peay S., 2003. Signal crayfish eradication- biocide trails. Project ref. EIT34-01-022. Unpublished report to Environmental Agency, Bristol. 277 pp.
- Hobbs H. H. Jr., 1972. Biota of Freshwater Ecosystems, Identification Manual 9: Crayfishes (Astacidae) of North and Middle America. Water Pollution Control Research Series. US Environmental Protection Agency, Washington DC.
- Hobbs H. H. Jr., 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. In: *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*, (eds. D.M. Holdich & R.S. Lowery), pp 52-82.
- Holdich D. M., Gydemo R., Rogres W. D., 1999. A review of possible methods for controlling nuisance populations of alien caryfish. In: Gherardi F. and Holdich D. M., (eds). Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? Rotterdam: A. A. Balkema. pp 245-270.
- Hudson R. H., Tucker R. K., Haegele M. A., 1984. Handbook of toxicity of pesticides to wildlife, second edition. US Department of The Interior, Fish and Wildlife Service. Washington D.C. 68 pp.
- Huner J. V., 1977. Introductions of the Louisiana red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard): an update. *Freshwater Crayfish*, 3: 193-202.
- Huner J. V., 2002. *Procambarus*. In: *Biology of freshwater crayfish*. Holdich D. M. (ed). Blackwell Science, Oxford. pp 541-584.
- Huner J. V., Avault J. W. Jr., 1979. Introductions of *Procambarus* spp. *Freshwater Crayfish*, 4: 191-194.
- Johnson W. W., Finley M. T., 1980. Handbook of acute toxicity of chemicals to fish and aquatic invertebrates. US Department of The Interior, Fish and Wildlife Service. Washington D.C. 70 pp.
- Knipling E. F., 1955. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *Journal of Economic Entomology*, 48: 459-462.
- Kozak P., Policar T., 2003. Practical elimination of signal caryfish *Pacifastacus leniuscus* (Dana) from a pond. In: Holdich D. M. and Sibley P. J. (eds). *Management and Conservation of Crayfish. Proceedings of a Conference held on the 7th November, 2002*. Environment Agency, Bristol. 217 pp. 200-208.
- Laurent P. J., 1995. Eradication of unwanted crayfish species for astacological management purposes. *Freshwater Crayfish*, 8: 121-133.
- Lozano-Guerra J., Escamilla-Niño A., 1995. Ecology of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard) in the Central Meseta of Spain. *Freshwater Crayfish*, 8: 179-200.

- Lux S. A., Vilardi J. C., Liedo P., Gaggi K., Calcagno G. E., Munyiri F. N., Vera M. T., Manso F., 2000. Effects of irradiation on the courtship behaviour of medfly (Diptera: Tephritidae) mass reared for the sterile insect technique. *Florida Entomologist*, 85: 102-112.
- Mancini A., 1986. *Astacicoltura. Allevamento e pesca dei Gamberi d'acqua dolce*. Edagricole, Bologna. 180 pp.
- Mayer F. L., Ellersieck M. R., 1986. *Manual of acute toxicity: interpretation and database for 410 chemicals and 88 species of freshwater animals*. US Department of The Interior, Fish and Wildlife Resources Publication 160. Washington D.C. 576 pp.
- Nyström P., 2002. Ecology. In: *Biology of freshwater crayfish*. Holdich D.M. (ed). Blackwell Science, Oxford. pp 192-235.
- Peay S., Hiley P. D., Collen P., Martin I., 2004. Biocide treatment of ponds in Scotland to eradicate signal crayfish. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 1363-1379.
- Quaglio F., Malvisi J., Maxia M., Moroli C., Della Rocca G., Di Salvo A., 2002. Toxicity of the synthetic pyrethroid ciflutrin to the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Freshwater Crayfish*, 13: 431-436.
- Ray J., Stevens V., 1970. Using BAYTEX to control crayfish in ponds. *The Progressive Fish Culturist*, 32: 58-60.
- Salvi G., 1999. *Dieta, preferenze alimentari e potenziale impatto del gambero alloctono Procambarus clarkii sugli ecosistemi invasivi*. Master Thesis, Università di Firenze.
- Sanders H. O., 1969. *Toxicity of pesticides to the crustacean Gammarus lacustris*. Technical Paper N. 25, US Department of The Interior, Fish and Wildlife Service. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, 21.
- Saxena S. C., Bakra P. P., 1978. Toxicity of pyrethrum to blue rock pigeon. *Pyrethrum Post*, 14: 47-48.
- Scalera R., 2001. *Invasioni biologiche. Le introduzioni di vertebrati in Italia: un problema tra conservazione e globalizzazione*. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Corpo Forestale dello Stato. 368 pp.
- Scalici M., Chiesa S., Gibertini G., 2006. *Contrazione di Austropotamobius italicus ed espansione dei gamberi alloctoni nel Lazio - Austropotamobius italicus contraction and allochthonous freshwater crayfish expansion in Latium (Central Italy)*". *Quaderni ETP- Journal of Freshwater Biology*, 34: 341-344.
- Scalici M., Gherardi F., 2007. *Structure and dynamics of an invasive population of the red swamp crayfish (Procambarus clarkii) in a Mediterranean wetland*. *Hydrobiologia*, 583: 309-319.
- Scalici M., Gibertini G., 2002. *I gamberi alloctoni nel Lazio (Italia)*. *Atti del Convegno Nazionale "La gestione delle specie alloctone in Italia. Il caso della nutria e del gambero rosso della Louisiana"*. Firenze, 24-25 Ottobre, 109-115.
- Scholtz G., 2002. *Phylogeny and evolution*. In: *Biology of freshwater crayfish*. Holdich D.M. (ed). Blackwell Science, Oxford. 30-52.
- Souty-Grosset C., Holdich D. M., Noël P. Y., Reynolds J. D., Haffner P. (eds), 2006. *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, 187 pp (Patrimoines naturels, 64).
- Sparre P., Venema S. C., 1996. *Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux*. Document technique sur les pêches, 306/1, Rev. 1, Rome, FAO, 401 pp.
- Stebbing P. D., Watson G. J., Bentley M. G., Fraser D., Jennings R., Rushton S. P., Sibley P. J., 2004. *Evaluation of the capacity of pheromones for control of invasive non-native crayfish*. *English Nature Research Reports*, 578. 39 pp.

Tyler G. A., Smith K. W., Burges D. J., 1998. Reedbed management and breeding bitterns *Botaurus stellaris* in UK. *Biological Conservation*, 86: 257-266.

Weldon C. W., 2005. Mass-rearing and sterilisation alter mating behaviour of male Queensland fruit fly, *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae). *Australian Journal of Entomology*, 44: 158-163.

ANALISI LICHENOLOGICA DELLA PIANA DEL FIBRENO

S. RAVERA*, V. GENOVESI*

La Simbiosi Lichenica

o Caratteristiche generali

I licheni rappresentano un *taxon* assai eterogeneo e ampiamente distribuito che ha nella relazione simbiotica tra un fungo (micobionte) ed un'alga (fotobionte) il suo carattere distintivo. I due organismi danno origine ad un'organizzazione morfologica dotata di caratteristiche esclusive e non riscontrabili nei simbionti isolati, come, ad esempio, strutture vegetative e riproduttive, metaboliti secondari peculiari, capacità di colonizzazione di ambienti proibitivi.

I funghi che partecipano alla simbiosi appartengono per la maggior parte agli Ascomiceti (98%), in misura minore agli altri gruppi. Circa l'85-90% dei licheni ha alghe verdi come fotobionti, il 10% cianobatteri mentre una scarsa percentuale vede coesistere entrambi i partner fotosintetici. Tra i fotobionti i partner più comuni sono le *Chlorophyceae* appartenenti ai generi *Trebouxia* e *Trentepohlia* mentre tra i cianobatteri i generi *Nostoc* e *Scytonema*.

Si stima che il numero delle specie esistenti sia compreso tra 13.500 (Hawksworth & Hill, 1984) e 17.000 (Hale, 1974) e oltre 2.300 sono quelle note per l'Italia (Nimis, 2003); ne risulta che circa il 20% dei funghi noti sono coinvolti in un rapporto simbiotico con un'alga verde, un cianobatterio o con entrambi.

Dal punto di vista evolutivo si suppone che, a partire da un'iniziale interazione di tipo parassitico tra i due organismi (fungo su alga), si sia successivamente affermato un rapporto mutualistico nel quale ognuno dei due componenti contribuisce alla sopravvivenza del tallo lichenico: il fungo adsorbe l'acqua necessaria e protegge il partner da un'eccessiva irradiazione solare, l'alga è fonte per il fungo di sostanze nutritive complesse (carboidrati e vitamine), i cianobatteri, oltre a condividere le proprietà delle alghe verdi, fissano l'azoto atmosferico. Le testimonianze principali dell'antico parassitismo ai danni dell'alga sembrano essere sia l'occasionale presenza di strutture tipiche (austori) proprie dei funghi parassiti sia la perdita della capacità riproduttiva dell'alga.

Generalità del tallo iichenico

La struttura interna e l'anatomia del tallo lichenico sono assai semplici e uniformemente riscontrabili in tutte le specie.

In sezione un tipico tallo "eteromero" (Fig. 43) appare costituito da una serie di strati ben riconoscibili: una "cortex" superiore formata da cellule fungine (ife) compatte e appressate tra loro che delimita la superficie esterna del tallo; protetto dalla cortex, lo strato algale concentra il fotobionte sempre a contatto con le ife; più internamente è presente la "medulla" costituita da ife lasse; in alcuni casi è presente un cortex inferiore che interagisce con la superficie colonizzata attraverso specifiche strutture di ancoraggio. Un cenno a parte meritano i cianolicheni poiché presentano una peculiare organizzazione del tallo ("omeomero") che non risulta suddivisa in strati ben distinti e riconoscibili; questi licheni, in condizioni di idratazione, assumono una caratteristica consistenza gelatinosa che li rende immediatamente riconoscibili.

* Dipartimento Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e Territorio, Università degli Studi del Molise Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (IS) - email sonia.ravera@unimol.it

* Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Biologia Vegetale - Orto Botanico di Roma L.go Cristina di Svezia, 24 00165 Roma

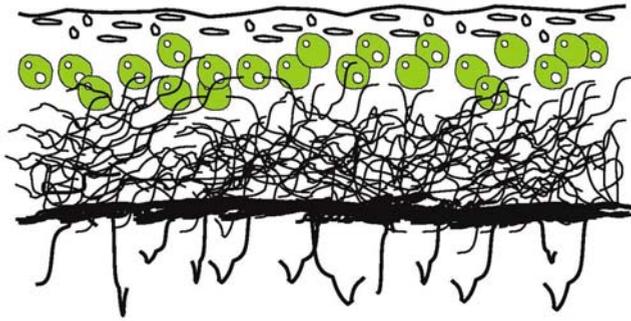


Figura 43 - Schema di sezione di tallo lichenico eteromero, il più diffuso, con la suddivisione delle componenti la simbiosi lichenica in strati ben distinti (dettagli nel testo).

La morfologia esterna, pur risultando molto varia, è sempre riconducibile alle tre fondamentali forme di crescita tradizionalmente riconosciute: crostosa, foliosa e fruticosa (Fig. 44).



Figura 44 - Principali forme di crescita nei licheni. A sinistra: crostosa (*Aspicilia* sp.); al centro: fogliosa (*Xanthoria parietina*); a destra: fruticosa (*Cladonia* sp.)

La prima si caratterizza per l'aspetto di un'incrostazione adesa al substrato. Il tallo di tipo folioso è costituito da lobi a simmetria dorsoventrale, si sviluppa parallelo al substrato ma non aderisce strettamente ad esso e può esserne facilmente separato. Infine, il tallo di tipo fruticoso è formato da lobi di forma da piatta a cilindrica fino a filiforme, aggregati lassamente o a formare cespuglietti più o meno densi, eretti o pendenti, che aderiscono solo per una piccola porzione basale.

I licheni hanno strategie differenti di dispersione. Come già accennato, nella riproduzione sessuata è caratteristica esclusiva del micobionte e si realizza attraverso la produzione di spore all'interno di strutture specializzate, a forma di disco piatto o di piccola scodella (apotecio), localizzate sulla superficie del tallo (Fig. 45). Quando la struttura assume una forma di fiasco con un poro sulla sommità che permette la fuoriuscita delle spore, il corpo fruttifero prende invece il nome di "peritecio" (Fig. 46).

Le spore successivamente entrano in contatto con il simbionte e dividendosi originano il tallo lichenico.



Figura 45 - Immagine di apoteci del lichene folioso *Xanthoria parietina*.



Figura 46 - Immagine al microscopio di peritecio.

La propagazione vegetativa del lichene coinvolge invece entrambi i simbionti che si disperdono mediante varie forme di diaspore vegetative che rappresentano una colonia lichenica *in nuce*.

Le strutture più comunemente adibite a questa funzione (Fig. 47) sono gli isidi (estroflessioni della superficie superiore del tallo provvisti di cortex) e i soredi ("gomitoli" di ife fungine ed alghe non strutturati). I siti di formazione dei soredi sono generalmente delimitati e prendono il nome di "soralì".

In alcuni casi, invece, la propagazione vegetativa avviene più semplicemente per frammentazione, mediante il distacco di piccole porzioni di tallo.

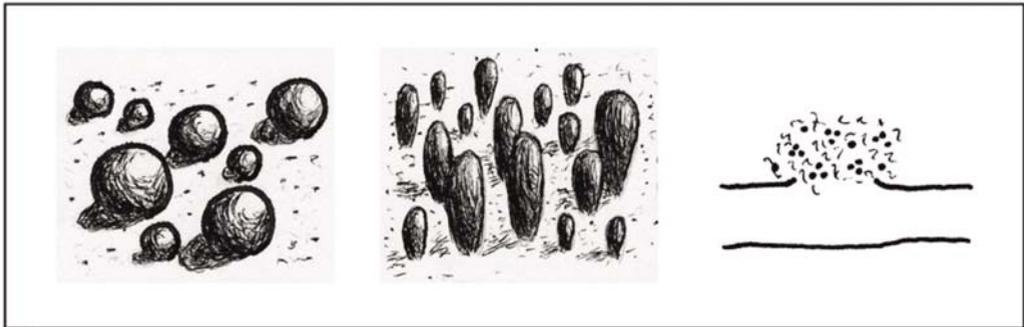


Figura 47 - Esempi di strutture per la propagazione vegetativa. A sinistra e al centro isidi globulari e digitiformi; a destra, soralì da dove alghe e ife già in contatto (soredi) vengono dispersi nell'ambiente.

○ Licheni bioindicatori ambientali

Con il termine biomonitoraggio vengono riunite tutte le metodiche che si prefiggono di "stimare il grado di conformità ad uno standard predeterminato o l'entità della deviazione da situazioni normali" di componenti degli ecosistemi reattivi a stress ambientali di varia natura (Nimis *et al.*, 2002).

Nell'ambito delle tecniche di biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico, i licheni occupano un ruolo preminente a causa delle loro particolari caratteristiche fisiologiche ed

ecologiche. L'assenza di una cuticola impermeabile e di meccanismi o strutture deputati alla regolazione degli scambi gassosi (come gli stomi sulle foglie delle piante) o all'assorbimento di acqua e nutrienti dal substrato (come le radici) vincola i licheni a dipendere per il proprio fabbisogno dall'umidità atmosferica e dalle numerose sostanze ivi disperse in aerosol, rendendoli direttamente esposti anche ad inquinanti di origine antropica.

La differente sensibilità dei licheni agli inquinanti li rende adatti per ambedue i campi di applicazione degli organismi biologici al monitoraggio ambientale: il bioaccumulo e la bioindicazione. Nel bioaccumulo è sfruttata la capacità del lichene di intrappolare e accumulare elementi in tracce come metalli pesanti, radionuclidi, ecc. senza danni letali; analizzando i talli con tecniche spettrofotometriche si fornisce una valutazione *quantitativa* del loro livello di presenza nell'area presa in esame. Nella bioindicazione si utilizzano le modificazioni morfologiche e strutturali dei licheni, o più spesso delle comunità di licheni, per una stima *qualitativa* del livello di alterazione ambientale. I licheni sono un eccellente strumento per le indagini di biomonitoraggio anche per l'attività metabolica pressoché ininterrotta nel corso dell'intero anno e l'ampia distribuzione sul territorio.

Un notevole, anche se meno noto, campo di applicazione è nell'ambito degli ecosistemi forestali. Oltre ai vari ruoli ecologici come, ad esempio, la pedogenesi, la fissazione dell'azoto atmosferico da parte dei cianolicheni, l'assorbimento e la ridistribuzione di acqua e nutrienti al suolo e sui tronchi oppure come fonte di cibo per varie specie animali, è dimostrata la sensibilità di alcuni *taxa* (*Caliciales*, *Lobaria*, *Sticta*, *Pannaria*, ecc.) alle variazioni microclimatiche indotte da interventi di gestione e conservazione forestale, così da poter essere considerati dei buoni indicatori di continuità forestale.

o Conservazione della flora lichenica

Il primo passo nella conoscenza del patrimonio naturalistico di un territorio è la redazione di elenchi il più possibile dettagliati degli organismi presenti, i quali determinano quella che viene comunemente definita "biodiversità".

Nonostante lo straordinario incremento nelle conoscenze relative all'ecologia e la distribuzione della componente lichenica degli ecosistemi e la sempre maggiore comprensione e delucidazione del loro ruolo, i licheni ad oggi non sono oggetto di misure di conservazione da parte di nessuno dei più importanti strumenti giuridici e normativi nazionali ed internazionali.

L'unica eccezione sono rappresentate dall'inclusione del subgenere *Cladina* nell'allegato E del decreto di attuazione della Direttiva Habitat (D.P.R. 357, 8 settembre 1997) e del lichene *Cetraria islandica* (L.) Ach. nell'allegato D della Convenzione Internazionale di Washington (CITES).

Nel nostro paese l'unico strumento per la salvaguardia della flora lichenica sono quindi le liste rosse, regionali e nazionali, nelle quali vengono comprese, sulla base delle segnalazioni note, tutte le specie che si ritengono soggette ad un certo grado di rischio. Tali strumenti sono in costante adeguamento ed aggiornamento sulla base dell'approfondimento delle conoscenze floristiche del territorio e, sebbene con i dovuti limiti, risultano utili nell'individuare zone o situazioni di particolare pregio e meritevoli di considerazione e salvaguardia.

Caratterizzazione della Flora Lichenica

La flora lichenica della Piana del Fibreno è stata rilevata tra ottobre e dicembre 2007.

I rilievi sono stati effettuati, considerando l'articolata realtà del territorio, sia nell'ambito della vegetazione spontanea, sia sui coltivi e nel paese, sui ligustri accanto al Comune.

Per rappresentare quanto più completamente la diversità lichenica, sono stati campionati olmi e pioppi per la vegetazione ripariale, roverelle ed ornielli per i nuclei di boschi residui, noci e olivi per le coltivazioni locali.

Nel paragrafo successivo sono segnalati i 77 *taxa* rinvenuti e il tipo di albero colonizzato. Per la nomenclatura aggiornata dei licheni si fa riferimento a Nimis (2003) e Nimis & Martellos (2003)

per le piante superiori a Conti *et al.* (2006); l'abbreviazione degli Autori è riportata secondo Brummitt & Powell (1992).

○ **Flora Lichenica Epifita della Piana del Fibreno**

I licheni sono riportati in ordine alfabetico, tra parentesi le sigle degli alberi colonizzati, come segue: "Fo", *Fraxinus ornus* L. ; "Li" *Ligustrum* sp.; "Ol" *Olea europaea* L.; "Po" *Populus* sp.; "Qu" *Quercus pubescens* Willd.; "Ul" *Ulmus minor* Mill s.l..

Lista Floristica:

Agonimia opuntiella (Poelt & Buschardt) Vězda (Qu), *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid. (Qu), *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb. (Qu), *Arthonia radiata* (Pers.) Ach. (Ol-Ul), *Arthopyrenia cinereopruinosa* (Schaer.) A.Massal. (Fo), *Arthopyrenia salicis* A.Massal. (Li), *Bacidia rubella* (Hoffm.) A.Massal. (Qu), *Caloplaca cerina* (Hedw.) Th.Fr. var. *cerina* (Po-Li), *Caloplaca cerinella* (Nyl.) Flagey (Ul), *Caloplaca ferruginea* (Huds.) Th.Fr. (Qu), *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th.Fr. (Po-Li), *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein (Po-Li), *Candelariella reflexa* (Nyl.) Lettau (Qu), *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau (Qu-Li), *Chrysothrix candelaris* (L.) J.R.Laundon (Qu), *Collema conglomeratum* Hoffm. (Qu), *Collema flaccidum* (Ach.) Ach. (Qu), *Collema furfuraceum* (Arnold) Du Rietz (Qu-Ol), *Collema subflaccidum* Degel. (Qu-Ol), *Collema subnigrescens* Degel. (Qu), *Degelia atlantica* (Degel.) M.Jørg. & P.James (Ol), *Dendriscoaulon umhausense* (Auersw.) Degel. (Qu), *Evernia prunastri* (L.) Ach. (Qu), *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale (Qu-Ol), *Fuscopannaria mediterranea* (Tav.) M.Jørg. (Qu), *Gyalecta truncigena* (Ach.) Hepp (Qu), *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt (Qu-Po-Li), *Koerberia bififormis* A.Massal. (Qu), *Lecania cyrtellina* (Nyl.) Sandst. (Pi), *Lecania naegelii* (Hepp) Diederich & Van den Boom (Ul), *Lecanora carpinea* (L.) Vain. (Qu), *Lecanora chlarotera* Nyl. (Qu-Li), *Lecanora expallens* Ach. (Qu), *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *hagenii* (Pi), *Lecanora horiza* (Ach.) Linds. (Qu-Po-Li), *Lecanora varia* (Hoffm.) Ach. (Ul), *Lecidella elaechroma* (Ach.) M.Choisy (Qu-Li), *Lepraria* sp. (Qu), *Leptogium brebissonii* Mont. (Qu), *Leptogium lichenoides* (L.) Zahlbr. (Qu), *Leptogium microphyloides* Nyl. (Ol-Ul), *Melanelia elegantula* (Zahlbr.) Essl. (Qu), *Melanelia subaurifera* (Nyl.) Essl. (Qu-Ol), *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala (Ol), *Naetrocymbe punctiformis* (Pers.) R.C.Harris (Fo), *Normandina pulchella* (Borrer) Nyl. (Qu), *Ochrolechia* cfr. *androgyna* (Qu), *Opegrapha varia* Pers. (Pi), *Pannaria conoplea* (Ach.) Bory (Qu), *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. (Qu), *Parmelia sulcata* Taylor (Qu-Ol), *Parmelina quercina* (Willd.) Hale (Ol), *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale (Qu-Ol), *Parmotrema chinense* (Osbeck) Hale & Ahti (Qu), *Pertusaria albescens* (Huds.) M.Choisy & Werner (Qu-Ol), *Pertusaria amara* (Ach.) Nyl. (Qu), *Pertusaria flavida* (DC.) J.R.Laundon (Ol), *Phaeophyscia chloantha* (Ach.) Moberg (Li), *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg (Ul), *Phaeophyscia hirsuta* (Mereschk.) Essl. (Qu-Ul-Ju), *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg (Po-Li), *Phlyctis argena* (Spreng.) Flot. (Qu-Ol), *Physcia adscendens* (Fr.) H.Olivier (Qu-Po-Ol), *Physcia aipolia* (Humb.) Fűrnrh. (Qu-Li-Ol), *Physcia biziana* (A.Massal.) Zahlbr. var. *biziana* (Li), *Physcia leptalea* (Ach.) DC. (Qu-Li), *Physconia distorta* (With.) J.R.Laundon (Qu), *Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt (Qu), *Physconia grisea* (Lam.) Poelt subsp. *grisea* (Qu-Ul), *Physconia perisidiosa* (Erichsen) Moberg (Qu), *Physconia servitii* (Nádv.) Poelt (Qu-Li-Ol), *Physconia venusta* (Ach.) Poelt (Qu-Ol), *Punctelia borreri* (Sm.) Krog (Qu-Li-Ol), *Punctelia ulophylla* (Ach.) van Herk & Aptroot (Qu-Ol), *Ramalina* sp. (Qu), *Tephromela atra* (Huds.) Hafellner var. *torulosa* (Flot.) Hafellner (Qu), *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. (Qu-Po-Li-Ol).

○ **Caratterizzazione Biologica**

La flora lichenica epifita è rappresentata da cinque tipologie di forme di crescita, come rappresentato in Fig. 48. La differenza principale tra la flora della Piana del Fibreno e quella regionale di ambienti simili si può individuare nella minore percentuale di licheni con tallo di crescita crostoso, compensata da licheni foliosi, soprattutto a lobi stretti.

L'ampio scarto tra i due valori (13%) si ritiene principalmente correlato alla scarsa presenza di cenosi boschive ben strutturate. La scorza di alberi più o meno isolati, in condizione di buona illuminazione, in tipi di suolo sia suburbano che agricolo, è infatti prevalentemente colonizzata da comunità appartenenti allo *Xanthorion parietinae*, nitrofile ed eliofile, dove prevalgono licheni foliosi a lobi stretti tipo *Physcia*.

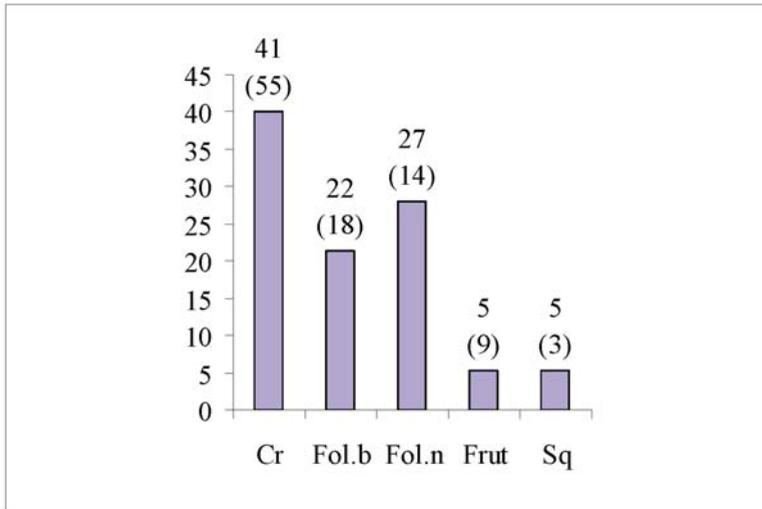


Figura 48 - Caratterizzazione della flora: forma di crescita (%) nella Piana del Fibreno e nella fascia submediterranea della Regione Lazio (tra parentesi). Cr: crostosi, Fol.n: foliosi a lobi stretti, Fol.b: foliosi a lobi ampi, Frut: fruticosi, Sq: squamulosi (da Nimis, 2003).

La variazione del tipo di fotobionte (Fig. 49) nel tempo, consente di monitorare sia i cambiamenti climatici e il riscaldamento globale che lo stato di conservazione. In particolare, la presenza di *Trentepohlia*, rappresenta un adattamento a condizioni di clima caldo-umido (eg. Friedl & Büdel, 1996; van Herk *et al.*, 2002), trattandosi di un genere prevalentemente tropicale, mentre la simbiosi con cianobatteri indica una correlazione con ridotte condizioni di stress (eg. Rose, 1988; Kuusinen, 1996; Fos, 1998; Zedda, 2002).

I canobatteri per caratteristiche intrinseche sono più esposti nei confronti di stress ossidativi; la fissazione di azoto atmosferico, che li rende elementi fondamentali nell'ecosistema, è pH dipendente: le variazioni nell'acidità della pioggia, ad esempio, sono fortemente limitanti per la loro vitalità. La presenza dei cianolicheni nell'area è favorita dall'elevato tasso di umidità atmosferica determinato dalla presenza del lago e la loro conservazione in un buono stato, data la loro maggiore sensibilità, sarebbe fortemente auspicabile.

In relazione alla strategia riproduttiva, le specie sono più o meno equamente suddivise tra propagazione vegetativa e riproduzione (Fig. 50): il 53% si riproduce sessualmente, grazie all'attività del micobionte, mentre il tipo di propagazione prediletto è tramite soredi (36%).

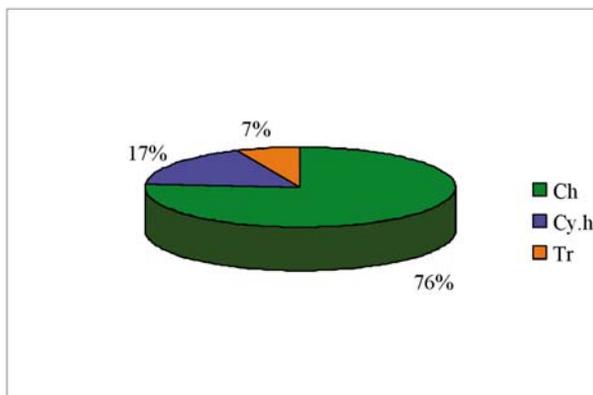


Figura 49 - Caratterizzazione della flora: fotobionte. Ch: alghe verdi ad eccezione di *Trentepohlia*, Tr: *Trentepohlia*, Cy.h: cianobatteri.

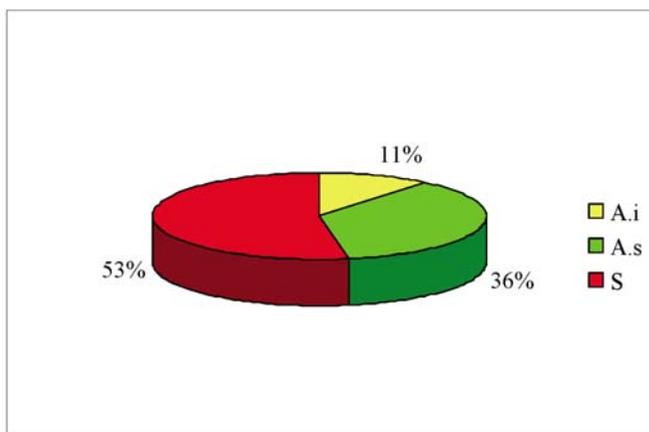


Figura 50 - Caratterizzazione della flora: tipo di propagazione prevalente. S: riproduzione sessuale, A.s: propagazione tramite soreidi, A.i: tramite isidi o strutture simili.

o **Caratterizzazione ecologica**

La Fig. 51 mostra l'incidenza dei licheni nei gruppi ecologici (da 1 a 5) relativi all'acidità del substrato, al fotofitismo, all'igrofitismo e al nitrofitismo, secondo gli indici ecologici proposti per i licheni da Wirth (1980) e successivamente adattati alla flora lichenica italiana (Tab. 9).

La flora appare caratterizzata da una preferenza per substrati acidi sino a subneutri (60%) rispetto a substrati basici e per situazioni di buona illuminazione (85%). La predilizione per mezzi poveri in nutrienti (68%) indica uno scarso o assente uso di fertilizzanti azotati nell'area circostante. Per quel che riguarda l'igrofitismo, le specie sembrano essere eterogenee con poco più di un quarto di licheni mesofili, mentre in tutti i gruppi risultano scarsi i licheni ad ampia tolleranza ecologica (0-1%).

Tabella 9 - Rappresentazione degli indici ecologici e corrispondenti valenze ecologiche (da Nimis, 2003).

		Affinità Ecologiche				
		pH del	Fotofitismo	Igrofitismo	Nitrofitismo	
I N D I C I	E C O L O G I C I	1	substrati molto acidi	in siti molto ombrosi	specie igrofila	in siti non eutrofizzati
		2	substrati acidi	in siti ombrosi	specie abbastanza igrofila	in siti molto poco eutrofizzati
		3	substrati da subacidi a subneutri	in siti con luce diffusa	specie mesofita	in siti debolmente eutrofizzati
		4	substrati debolmente basici	in siti esposti al sole	specie xerofila	in siti piuttosto eutrofizzati
		5	substrati molto basici	in siti con luce diretta	specie molto xerofila	in siti molto eutrofizzati

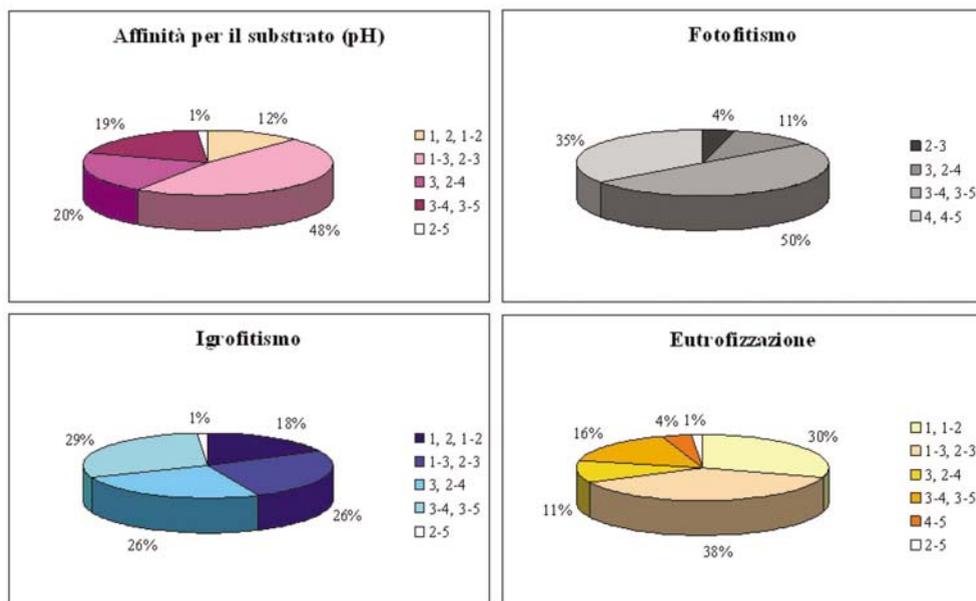


Figura 51 - Caratterizzazione ecologica della flora lichenica della Piana del Fibreno attraverso la presenza percentuale (%) di taxa per valore indicizzato di affinità per il substrato, fotofitismo, igrofitismo e nitrofitismo. Dettagli nel testo.

o **Caratterizzazione Qualitativa**

Tra le specie rilevate, alcune si evidenziano per il loro particolare interesse. Si tratta, in particolare di:

- 1) nuove segnalazioni per la Regione;
- 2) specie di pregio, affini ad ambienti indisturbati;
- 3) specie incluse nella proposta per l'inserimento di 328 taxa in una lista rossa dei licheni d'Italia (Nimis, 2003).

Nuove Segnalazioni

La flora lichenica della Piana del Fibreno annovera tre specie la cui presenza nel Lazio non era mai stata segnalata: *Leptogium microphyloides*, *Mycocalicium subtile*, *Punctelia ulophylla*. L'interesse per questi taxa si deve inoltre alla loro particolare rarità in tutto il territorio italiano.

Leptogium microphyloides non è mai stato segnalato in Italia ma nell'Erbario lichenologico dell'Università di Trieste (TSB) sono conservati campioni provenienti dalla Basilicata, dalla Puglia e dalle Marche.

Nell'area è stato osservato solo due volte, su scorza di olivo e querce.

Mycocalicium subtile colonizza il legno, soprattutto di conifere, dove vive da saprofita.

Nella Piana del Fibreno è strettamente correlato alla presenza dei vecchi impianti di olivo non trattati dove rimangono alberi morti in piedi.

Punctelia ulophylla è noto esclusivamente per Friuli-Venezia Giulia e Trentino-Alto Adige: si tratta della prima segnalazione per l'Italia centro-meridionale.

Nell'area è diffuso e colonizza scorze di olivo e querce.

Specie di pregio

Per valutare lo stato dell'ambiente si utilizza l'indice di poleofobia (Fig. 52) che fornisce una misura del grado di tolleranza delle specie all'intervento umano sull'habitat. Da rilevare nell'area di studio la presenza di specie (21%) caratteristiche di ambienti non antropizzati e soprattutto di *Degelia atlantica*, *Dendriscoecaulon umhausense*, *Gyalecta truncigena* e *Pannaria conoplaea*, legate ad ambienti con lunga continuità ecologica (boschi ben strutturati con alberi vetusti), in condizioni vicine alla naturalità.

Lista Rossa

La flora lichenica di Posta Fibreno annovera una specie inclusa nella lista rossa per la regione Lazio e di cui si propone l'inserimento nella lista rossa nazionale, *Pannaria conoplaea*.

Pannaria conoplaea è un cianolichene folioso, prevalentemente epifita, occasionalmente lo si può rinvenire anche su rocce silicee ricoperte di muschio in condizioni di elevata umidità e luce diffusa anche se non diretta. In declino in tutta Europa, l'ultima segnalazione nel Lazio risale alla fine degli anni '80 (Rose, 1988). Le altre segnalazioni nella Regione sono precedenti al 1935 (Nimis, 1993). Trova nei nuclei di querceti circostanti il Lago di Posta Fibreno l'habitat ideale.

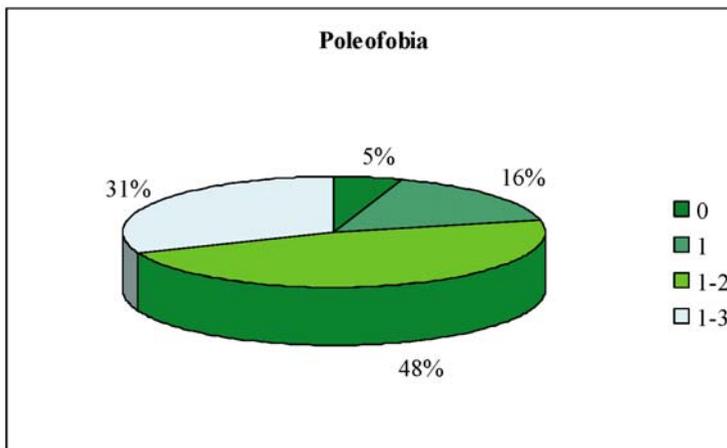


Figura 52 - Presenza percentuale (%) delle specie per valore indicizzato di poleofobia. 0: è usato solo per gli epifiti, e seleziona le specie legate a substrati con lunga continuità ecologica (alberi e foreste antichi), in condizioni vicine alla naturalità; 1: in ambienti non antropizzati; 2: in ambienti moderatamente antropizzati (piccoli villaggi, paesaggi agrari con case sparse e senza agricoltura intensiva, etc.); 3: in ambienti fortemente antropizzati (grandi aree urbane ed industriali) (Nimis, com. pers.).

Indagini di Biomonitoraggio

Nel 2007 è stato avviato il progetto di una rete di biomonitoraggio permanente dell'area protetta SIC/ZPS - IT 6050015 Lago di Posta Fibreno con l'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.) allo scopo di valutare eventuali alterazioni ambientali per un arco temporale di nove anni.

I licheni sono particolarmente sensibili agli stress ambientali specialmente per quanto riguarda l'inquinamento, la gestione forestale, l'eutrofizzazione ed i cambiamenti climatici (Giordani, 2006). Questa elevata sensibilità che caratterizza i bioindicatori più idonei, è dovuta principalmente alla totale dipendenza dei licheni dall'atmosfera per i processi metabolici e all'assenza di uno strato cuticolare con funzione protettiva e di sistemi di escrezione.

In zone densamente antropizzate si assiste spesso ad una modificazione a vari livelli (morfologico, fisiologico, ecologico) della flora lichenica locale, che si concretizza nella riduzione del numero totale di specie e nella diminuzione del numero di individui appartenenti a ciascuna specie (per recenti reviews: Kricke & Loppi, 2002; van Haluwyn & van Herk, 2002). Mentre le alterazioni morfologiche e fisiologiche sono scarsamente quantificabili e spesso di difficile interpretazione, le variazioni ecologiche permettono di tradurre le risposte dei licheni in valori numerici, riferibili ai diversi livelli di alterazione ambientale. Su tale base sono state

proposte dall'APAT le linee-guida per la valutazione della Biodiversità Lichenica (AA.VV., 2001), alle quali si riferisce la metodologia adottata in questa sede.

o Materiali e Metodi

L'approccio proposto fa riferimento ad un sistema di campionamento basato su una scelta oggettiva e riproducibile del campione esaminato.

Il sistema di campionamento utilizzato per il calcolo dell'I.B.L. considera la popolazione campione di celle territoriali di forma e superficie definita. Tale sistema si basa su un insieme di Unità di Campionamento Primarie (UCP) e Unità di Campionamento Secondarie (UCS) interne alle UCP.

Nella Rete Nazionale (AA.VV., 2001) la selezione delle UCP avviene in maniera sistematica utilizzando una griglia di 18x18 km, modificabile utilizzando sottomultipli di 18, in funzione della scala territoriale. I punti d'intersezione della griglia rappresentano il centro delle unità.

In ciascuna UCP di 1 km² sono presenti 16 UCS di forma circolare di 125 m di raggio. La scelta degli alberi da campionare si effettua entro le UCS.

Lo schema di Fig.53 riporta l'ordine di sostituzione nell'eventualità che le unità di campionamento non risultino idonee. Una UCP è considerata rilevabile se esiste al suo interno almeno una UCS rilevabile; a sua volta, una UCS è rilevabile se esiste al suo interno almeno un albero su cui è possibile effettuare il rilievo. Il numero di UCP previste e sostituibili è di 9: se nessuna di queste è rilevabile, si parla di *deserto lichenico*.

La valutazione dell'alterazione ambientale si basa su una misura della B.L. su tronchi d'albero, definita come la somma delle frequenze delle specie presenti entro un reticolo di area costante esposto in corrispondenza dei 4 punti cardinali N, E, S, W.

Gli alberi da rilevare per il calcolo dell'I.B.L. sono scelti in base a specifiche caratteristiche:

- distanza minima dal centro dell'UCS,
- circonferenza di almeno 60 cm (per evitare di scegliere alberi troppo giovani con flora lichenica pioniera),
- inclinazione non superiore a 10° (poiché l'eccessiva inclinazione potrebbe favorire fenomeni di eutrofizzazione),
- assenza di segni evidenti di disturbo (verniciature, gravi malattie della pianta, etc).

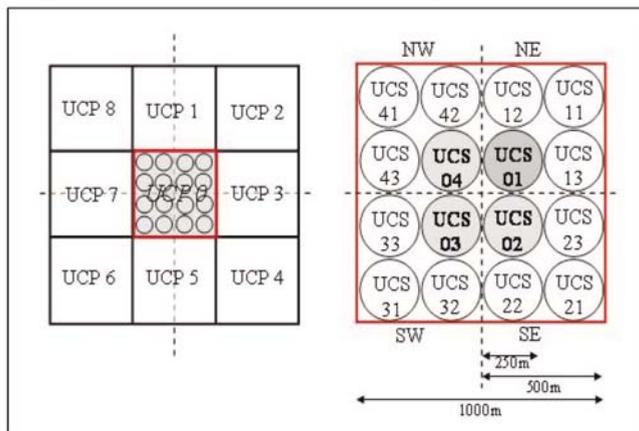


Figura 53 - (A sinistra) Schema della disposizione delle UCP da seguire, in vista delle eventuali sostituzioni: al centro, contrassegnata in rosso, l'UCP 0 iniziale e la posizione delle altre numerate progressivamente. (A destra) Ingrandimento della UCP 0 con disposizione delle 16 UCS al suo interno. La scelta degli alberi da rilevare ha inizio dalla UCS 01 e procede secondo la numerazione indicata. L'ordine numerico indica la modalità di sostituzione in caso di assenza di alberi adatti.

○ Risultati

La Rete istituita per il Sito Natura 2000 "Lago di Posta Fibreno" include le seguenti 9 UCP (coordinate UTM, zona 33) collocate ad una distanza di 1x1 km (Fig. 54, Tab. 10):

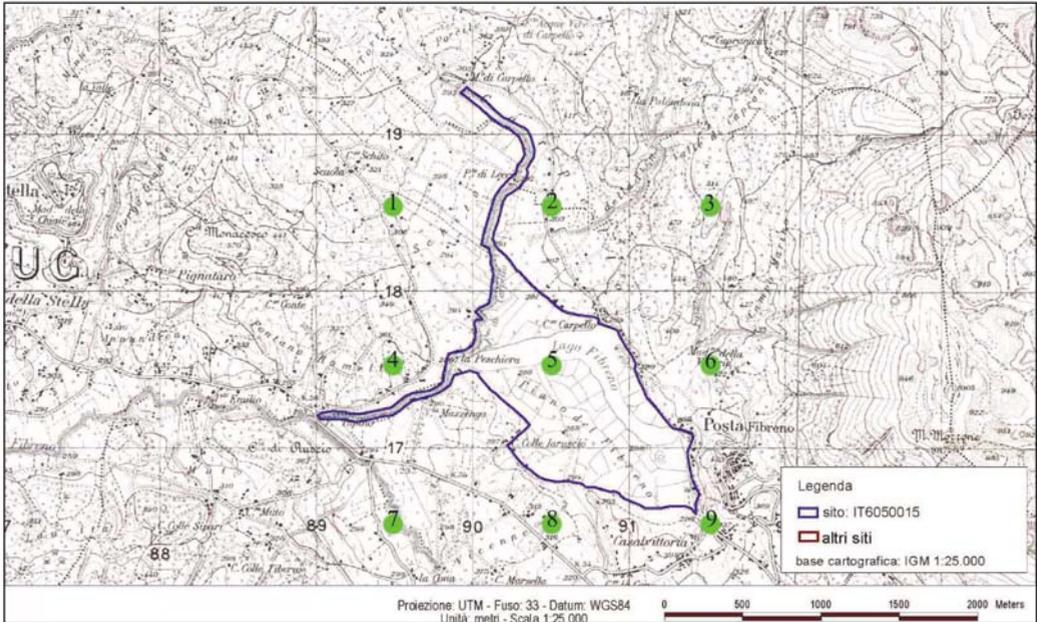


Figura 54 - Mapa schematica del SIC/ZPS - IT 6050015 Lago di Posta Fibreno con l'indicazione delle Unità di Campionamento Primarie (Fonte cartografica: Ministero della Tutela dell'Ambiente e del Territorio e del Mare).

Tabella 10 - Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.) delle UCP del SIC/ZPS - IT 6050015 Lago di Posta Fibreno.

UCP	Longitudine	Latitudine	Albero	I.B.L.
1	389.500	4.618.500	olmo	53
2	390.500	4.618.500	roverella	100
3	391.500	4.618.500	roverella	93
4	389.500	4.617.500	olmo	97
5	390.500	4.617.500	pioppo	68
6	391.500	4.617.500	roverella	71
7	389.500	4.616.500	roverella	119
8	390.500	4.616.500	noce	145
9	391.500	4.616.500	ligustro	72

Gli Indici di Biodiversità Lichenica rilevati sono compresi tra 53 e 145 e sono stati calcolati su diversi tipi di alberi poiché l'area, nonostante le sue ridotte dimensioni, è estremamente articolata e complessa. Con cadenza triennale i valori saranno verificati sugli stessi forofiti, evidenziando le variazioni in atto attraverso il confronto degli I.B.L.

Per l'interpretazione degli indici è stata utilizzata la scala proposta da Giordani (2004) per gli alberi a scorza subacida in ambito submediterraneo (Tab. 11) includendo nell'elaborazione solo i rilievi effettuati su alberi con questo tipo di scorza.

Nella scala, i valori di B.L. sono divisi in 7 classi comprese tra 0 e >187, con un incremento di circa 30 nel passaggio da una classe alla successiva.

Tabella 11- Scala d'interpretazione utilizzata per i rilievi su querce e alberi a scorza subacida. Per ciascun intervallo di valori si riportano la corrispondente classe di naturalità/alterazione e il colore corrispondente nella mappa.

I.B.L.	Classe di naturalità/alterazione		Colore
>187	1	Naturalità molto alta	Blu scuro
156-187	2	Naturalità alta	Blu chiaro
125-156	3	Naturalità media	Verde scuro
94-125	4	Naturalità bassa/alterazione bassa	Verde chiaro
63-94	5	Alterazione media	Giallo
32-62	6	Alterazione alta	Arancione
0-31	7	Alterazione molto alta	Rosso

La Fig. 55 rappresenta la mappa dell'alterazione ambientale del Sito Natura 2000 e delle aree circostanti. Sebbene non si evidenzino aree con naturalità alta e molto alta, tuttavia non si riscontrano neanche fenomeni di alterazione allarmante, sono del tutto assenti sia aree di alterazione molto alta che alta (campiture rossa ed arancione).

I livelli medi di alterazione, evidenziati dalla campitura gialla, sono circoscritti al settore orientale che individua l'abitato di Posta Fibreno a sud-est e l'area esterna al Sito (Fig. 54). Si tratta di un territorio in cui si concentra un urbanizzato continuo con scarse aiuole isolate e impianti recenti di olivo, raggiungibile dalla strada principale.

Il Sito (evidenziato dal perimetro), nel quale centralmente si colloca il lago, ricade quasi completamente nella classe intermedia "naturalità bassa/alterazione bassa" (campitura verde chiaro), con una tendenza al miglioramento (naturalità media, campitura verde scuro) verso il settore occidentale e nord-occidentale.

L'assenza di fenomeni di grave alterazione individua la corretta gestione del territorio: la vegetazione naturale dell'area è stata da tempi immemori sostituita da oliveti ovunque sia stato possibile ma ricognizioni in loco hanno permesso di stabilire che si tratta di produzioni locali, alcuni impianti sono pluricentenari e gli alberi abitualmente non vengono trattati.

L'impatto delle attività connesse alla cava sul settore settentrionale è evidenziato dalla differenza dei valori riscontrati in ambienti simili (i querceti delle UCP 2 e UCP 3) ma la presenza delle aree boschive (es. Colle Roccia, UCP 2) è chiaramente conservativa nei confronti della diversità lichenica che infatti si stabilizza su valori più alti dove l'urbanizzato si dirada includendo lembi di querceto con alcuni vecchi esemplari (es. UCP 7).

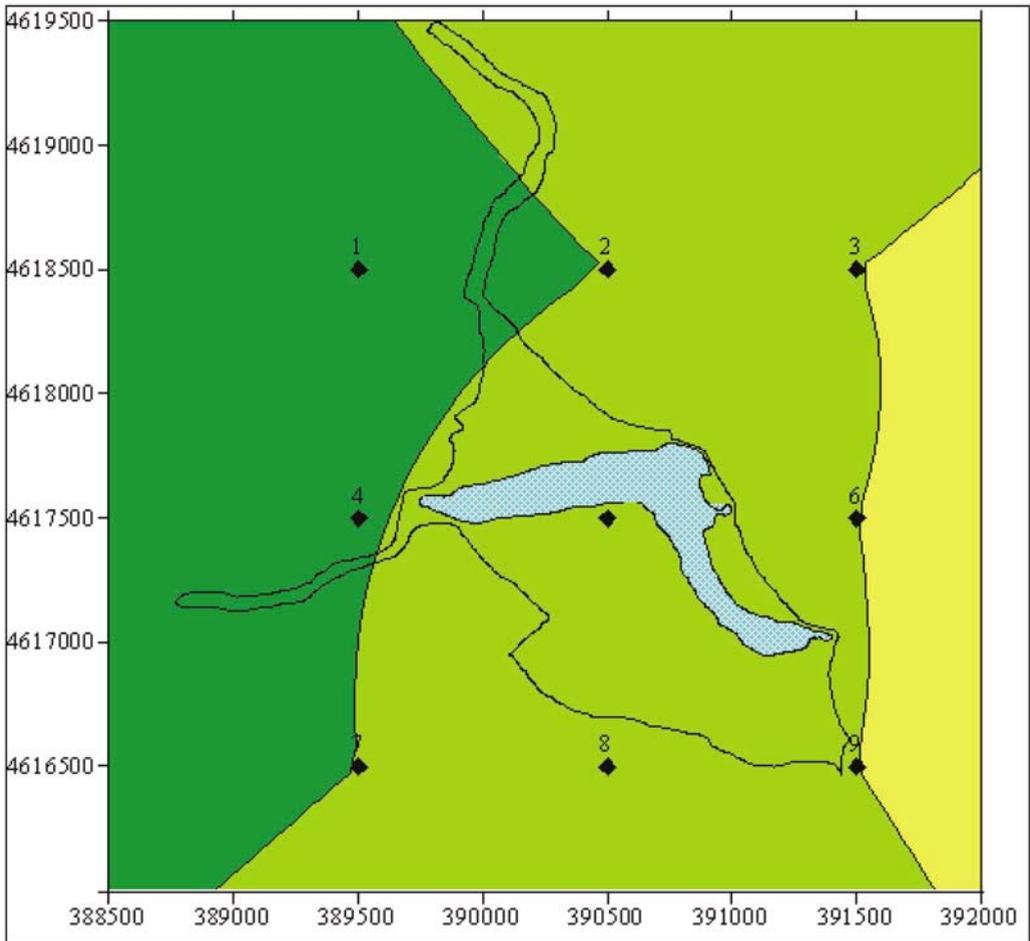


Figura 55 - Mappa della biodiversità lichenica del SIC/ZPS Lago di Posta Fibreno e aree adiacenti. Con il programma SURFER (Golden Software inc., Colorado - USA) si è proceduto all'elaborazione bidimensionale usando l'algoritmo Kriging.

Indicazioni per la gestione

Lo sviluppo del tallo lichenico è essere limitato da due fattori principali:

1) condizione di idratazione del tallo: i licheni sono metabolicamente attivi soltanto quando sono in una condizione idratata ossia pur difettando del meccanismo per regolare l'assorbimento e la perdita d'acqua, lo sviluppo del lichene è circoscritto al momento in cui i talli sono idratati;

2) irradiazione: quando i talli sono idratati e metabolicamente attivi, lo sviluppo è limitato dall'irradiazione.

Le minacce principali alle quali sono sottoposti i licheni sono le attività che direttamente interessano l'habitat o la popolazione stessa, compresa la rimozione del substrato colonizzato e l'alterazione del microclima, che determinano la riduzione della popolazione. Un'altra seria minaccia è rappresentata dall'inquinamento atmosferico dovuto ad inquinanti ad ampio spettro (SO_2 , CO_x , NO_x). Nell'ambito del SIC quest'ultimo fattore è considerato con particolare attenzione ed è stata attivata una campagna di biomonitoraggio con i licheni epifiti che permetterà il controllo degli effetti dell'inquinamento per un arco temporale di nove anni. Quindi, considerato già avviato questo primo importante passo, le indicazioni proposte di seguito

saranno strettamente correlate a tutte le attività che implicino una variazione nell'habitat (in particolare: struttura della vegetazione, natura del substrato) e nel microclima.

Dallo studio generale si evince che i *taxa* di interesse lichenologico possono essere inclusi in 2 gruppi principali:

- 1) specie con indice di poleofobia pari a 0 (ed in subordine pari a 1),
- 2) licheni inclusi nelle liste rosse e/o uniche segnalazioni per il Lazio.

○ **Licheni con indice di poleofobia pari a 0 e pari a 1**

Descrizione

Le specie con indice di poleofobia uguale a 0 offrono un'indicazione puntuale delle aree in cui la vegetazione è ben conservata, in condizioni vicine alla naturalità. Quelle con indice uguale a 1 sono comunque associate ad ambienti non antropizzati. Le aree nelle quali sono stati rilevati licheni che rispondono a queste caratteristiche si ritiene debbano essere salvaguardate perché sia possibile la conservazione delle specie licheniche rilevate.

Status e minacce

Sono state segnalate 4 specie con indice di poleofobia uguale a 0 (*Degelia atlantica*, *Dendriscoaulon umhausense*, *Gyalecta truncigena* e *Pannaria conoplaea*) e 12 specie con indice di poleofobia uguale a 1 (*Agonimia opuntiella*, *Arthopyrenia salicis*, *Collema furfuraceum*, *Fuscopannaria mediterranea*, *Koerberia biformis*, *Leptogium brebissonii*, *Melanelia elegantula*, *Mycocalicium subtile*, *Ochrolechia androgyna*, *Pertusaria flavida*, *Physconia servitii*, *Physconia venusta*).

Perché sia assicurata la conservazione di questi licheni è necessario che siano mantenute le condizioni di naturalità degli ambienti nei quali si sviluppano, sostanzialmente dei querceti e dei vecchi impianti di olivo. Si teme soprattutto qualsiasi evento che possa rappresentare un disturbo per la vegetazione boschiva e che ne possa modificare la struttura, in particolare:

- cambiamento dell'uso del suolo;
- attività estrattiva (cave);
- cambiamento del regime idrogeologico dei corsi d'acqua (drenaggio, derivazioni, sbarramenti, ecc.);
- semplificazione del reticolo idrico e bonifiche anche parziali;
- cattivo governo delle specie arbustivo-erbacee e del sottobosco;
- cambiamento delle pratiche agricole nei terreni circostanti;
- uso generalizzato e/o eccessivo di diserbanti e composti fertilizzanti nelle aree circostanti.

Indicazioni

- Mantenimento o ricostituzione della struttura della vegetazione;
- mantenimento o ricostituzione della ricchezza specifica del corteggio floristico delle specie spontanee;
- definizione di idonee misure per la regolamentazione degli accessi e della circolazione per la fruizione turistica, attività di vigilanza e prevenzione dagli incendi boschivi;
- incentivazione di pratiche di agricoltura biologica,
- per eventuali rimboschimenti, utilizzare essenze appropriate, di provenienza locale,
- controllo delle specie alloctone.

- **Licheni con diverso grado di rarità (lista rossa nazionale, regionale, prime ed uniche segnalazioni per il Lazio)**

Descrizione

Le liste rosse nazionali e regionali sono ad oggi l'unica forma di interesse per la salvaguardia dei licheni in Italia. Sono in continuo aggiornamento e strettamente dipendenti dal monitoraggio della flora a diversa scala territoriale.

Status e Minacce

Nell'area è stata rilevata *Pannaria conoplea* inclusa in entrambe le liste. Oltre a queste specie, sono state rinvenute anche le seguenti specie note nel Lazio esclusivamente in quest'area e qui segnalate per la prima volta: *Leptogium microphyloides*, *Mycocalicium subtile*, *Punctelia ulophylla*.

Indicazioni

Oltre alla salvaguardia degli ambienti che ne permettono la presenza nell'area, è opportuno il monitoraggio della flora e della diversità lichenica, in grado da assicurarne un controllo costante. In particolare, si suggerisce di controllare periodicamente le stazioni note per verificare la condizione delle popolazioni segnalate, determinarne il limite ed analizzarne i principali fattori ecologici.

Nel caso in cui le medesime comunità licheniche fossero presenti in ambiti territoriali contigui all'area e fossero sottoposte a stress e pressioni di vario tipo, potrebbe risultare opportuno controllarle per determinarne la risposta e gli effetti sulla popolazione.

Ringraziamenti

A Letizia Cavallo per la collaborazione nel lavoro di campo, a Laura Casella e Emiliano Agrillo per l'attenzione costante nei riguardi del Lago e dell'Isola e in particolare a Giuseppe Massari per esserci sempre da guida.

Bibliografia di Riferimento

- AA.VV., 2001. *I.B.L.: Indice di Biodiversità Lichenica*. Serie Manuali e Linee Guida, 2/2001. ANPA. Roma.
- Brummitt R.K. & Powell C.E. (eds.), 1992. *Authors of plant names*. Royal Botanic Garden, Kew, 732 pp.
- Conti F., Abbate G., Alessandrini A., Blasi C. (eds.), 2005. *An Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora*. Palombi Editori, Roma. 420 pp.
- Fos, S., 1998. Líquenes epífitos de los alcornoques ibéricos. Correlaciones bioclimáticas, anatómicas y densimétricas con el corcho de reproducción. *Guineana* 4: 507 pp.
- Friedl, T. & Büdel B., 1996. *Photobionts*. In: Nash III, T.H. (Ed.), *Lichen Biology*. Cambridge University Press, Cambridge: 8-23.
- Giordani P., 2004. *Licheni epifiti come biomonitori dell'alterazione ambientale. Influenza delle variabili ecologiche sulla diversità lichenica*. Tesi di dottorato. Università di Trieste.
- Giordani P., 2006. Variables influencing the distribution of epiphytic lichens in heterogeneous areas: A case study for Liguria, NW Italy. *Journal of Vegetation Science* 17: 195-206.
- Hale M.E. Jr., 1974. *The Biology of Lichens*. 2nd ed. Edward Arnold, London.
- Kricke R & Loppi S., 2002. Bioindication: the I.A.P. approach. In: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (Eds.), *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. NATO Sciences Series IV. Earth and Environmental Sciences, Vol. 7: 21-37. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Kuusinen M., 1996. Cyanobacterial macrolichens on *Populus tremula* as indicators of forest continuity in Finland. *Biological Conservation* 75: 43-49.

- Nimis P.L., 1993. *The Lichens of Italy. An Annotated Catalogue*. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino. Monografia XII. 897 pp.
- Nimis P.L., 2003. *Checklist of the Lichens of Italy 3.0*. University of Trieste, Dept. of Biology, IN3.0/2 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).
- Nimis P.L., & Martellos S., 2003. *A second checklist of the Lichens of Italy with a thesaurus of synonyms*. Museo Regionale di Scienze Naturali, Saint Pierre-Aosta, Monografie, IV.
- Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (eds.), 2002. *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. NATO Sciences Series IV. Earth and Environmental Sciences - Vol. 7. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 408 pp.
- Rose F., 1988. Phytogeographical and ecological aspects of Lobarion communities in Europe. *Botanical Journal of the Linnean Society* 96: 69-79.
- van Haluwyn C. & van Herk K.C.M., 2002. Bioindication: the community approach. In: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (Eds.), *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. NATO Sciences Series IV. Earth and Environmental Sciences, Vol. 7: 39-64. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- van Herk C.M., Aptroot A. van Dobben H.F., 2002. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *Lichenologist* 34 (2): 141-154.
- Wirth V., 1980. *Flechtenflora. Ökologische Kennzeichnungen und Bestimmung der Flechten Suedwestdeutschlands und angrenzender Gebiete*. Eugen Ulmer, GmbH & Co., Stuttgart. 552 pp.
- Zedda L., 2002. The epiphytic lichens on *Quercus* in Sardinia (Italy) and their value as ecological indicators. *Englera* 24: 457 pp.

LA CHIROTTEROFAUNA DELLA RISERVA NATURALE REGIONALE LAGO DI POSTA FIBRENO: UNA PRIMA CHECKLIST

L. CISTRONE* & D. RUSSO**

Introduzione

Per molto tempo, la filosofia della conservazione della natura è stata dominata da un approccio che ha premiato specie particolarmente vistose o evocative, cosiddette "carismatiche", generalmente rappresentate da grandi vertebrati (Linnell et al., 2000). Questa strategia ha inizialmente avuto l'effetto di intercettare l'attenzione del grande pubblico, facendo emergere l'istanza della tutela delle specie minacciate e dell'impatto dell'uomo sugli ecosistemi naturali. In tal modo, si intendeva conferire alle specie "bandiera" il ruolo di ambasciatrici di una problematica ben più ampia, che investe taxa ed ecosistemi fortemente diversificati, obiettivo sia pure parzialmente raggiunto. È innegabile, però, che un "effetto collaterale" di questa tendenza è stato quello di non educare il pubblico al riconoscimento dell'importanza che componenti meno cospicue delle comunità biologiche hanno per il mantenimento della funzionalità degli ecosistemi di cui fanno parte, nonché per la produzione dei cosiddetti "servizi" offerti dalla biodiversità dai quali la nostra stessa vita sul Pianeta dipende invece strettamente.

Negli ultimi anni, questo approccio sta gradualmente attenuandosi in favore di una lettura più complessiva, in cui la tutela si estende a molte specie che, seppur ignorate a lungo perché poco cospicue, elusive o dotate di scarso "appeal", sono oggi soggette a un declino preoccupante; la sparizione di queste specie è spesso accompagnata da una perdita di funzioni importanti associate alla biodiversità.

Il caso dei chirotteri (pipistrelli) in Italia rappresenta un efficace esempio di questa inversione di tendenza. A lungo trascurati anche dallo stesso ambiente scientifico, nel giro di pochi anni hanno visto un netto incremento della considerazione da parte dei ricercatori come del legislatore. Ciò è accaduto in quanto i chirotteri sono ormai fortemente minacciati, su scala europea, dalla trasformazione antropogenica di habitat e paesaggi, dall'inquinamento e dalla sostanziale perdita di rifugi idonei allo svernamento o alla riproduzione. Vale la pena ricordare che questi mammiferi sono oggi protetti in Italia sia dal D.P.R. 357/97 (che recepisce sul territorio nazionale la Direttiva Habitat 92/43/CE), sia dalla L. 27 maggio 2005 n. 104, con la quale il nostro Paese ha aderito all'accordo internazionale per la protezione dei chirotteri europei "EUROBATS". Entrambi gli strumenti normativi pongono l'accento non soltanto sulla tutela delle singole specie, ma anche e soprattutto sulla necessità di proteggere adeguatamente i loro habitat.

È innegabile che questa nuova attenzione normativa ha avuto tra i suoi risultati un aumento delle attività di studio, non solo su scala ampia ma anche a carattere locale, finalizzate alla programmazione di adeguati piani di gestione e conservazione.

In questo quadro si inserisce lo studio dei chirotteri della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno (Frosinone), del quale si presentano in questo contributo i primi risultati.

Materiali e Metodi

La prima fase dello studio (2006-2008) è stata condotta mediante un'accurata ispezione dei siti potenzialmente utili come rifugio dai chirotteri (edifici, ipogei) ed attraverso una ricognizione dell'area di studio realizzata con la tecnica del rilievo bioacustico.

Le ispezioni presso le grotte e gli edifici rurali in abbandono sono state condotte in collaborazione con il personale del servizio di sorveglianza della riserva.

* Forestry and Conservation, Italy - email: luca.cistrone@gmail.com

** Laboratorio di Ecologia Applicata, Dipartimento Ar.Bo.Pa.Ve., Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II. - email: danrusso@unina.it

* School of Biological Sciences, University of Bristol, United Kingdom. - email: danrusso@unina.it

I rilievi bioacustici sono stati effettuati con un bat detector Pettersson D1000X, strumento in grado di campionare gli ultrasuoni con elevata frequenza di campionamento e di memorizzarne quindi la struttura e le frequenze originarie sotto forma di file audio WAV (campionamento diretto).

Le registrazioni sono state condotte applicando un approccio "opportunistico", ossia selezionando siti le cui caratteristiche ambientali risultassero potenzialmente promettenti rispetto alle esigenze di foraggiamento dei chiroteri. Sono state così effettuate registrazioni su punti di ascolto selezionati in oliveti, popolamenti forestali, ambienti agrari ed aree con ricca vegetazione ripariale, così come lungo le sponde del Lago di Posta Fibreno.

Le registrazioni sono state quindi analizzate in laboratorio mediante il software BatSound ver. 3.31 (Pettersson Elektronik). Ai fini dell'analisi è stata applicata una finestra di Hamming delle dimensioni di 512 punti/campione. I parametri considerati per la diagnosi sono stati le frequenze iniziale, finale, centrale e di massima energia (in kHz), nonché la durata e l'intervallo di tempo tra due successivi segnali (in secondi).

Le misure di frequenza sono state tratte dagli spettrogrammi con l'eccezione della frequenza di massima energia, ottenuta a partire dallo spettro di potenza del segnale. La durata dei singoli segnali e l'intervallo temporale tra due segnali successivi sono invece stati misurati dagli oscillogrammi.

L'identificazione delle specie è avvenuta applicando le funzioni discriminanti illustrate in Russo e Jones (2002). Si rimarca che siffatti classificatori non danno *certezza* dell'identificazione per tutte le specie, tuttavia assicurano all'analisi maggiore oggettività e ripetibilità e, in sostanza, una più elevata attendibilità (Russo, 2004).

Si sottolinea inoltre che l'indagine è tuttora in corso alla data di stesura di questo contributo (marzo 2008): si auspica perciò che ulteriori rilievi, anche condotti attraverso catture temporanee, possano integrare l'elenco faunistico finora compilato.

Risultati e Discussione

o Identificazione di rifugi

La Riserva non offre grandi potenzialità di rifugio per la chiroterofauna, soprattutto per quanto riguarda le specie a tendenza troglifila (abitatrici degli ipogei) e fitofila (che si insediano nelle cavità arboree). I soli ipogei disponibili sono infatti di dimensioni ridotte e mancano boschi di latifoglie di maturità sufficiente ad ospitare cavità significative. Sono stati esplorati ipogei e ruderi nelle località Colle Roccia, Carpello, Valle della Pica, Valle di Capranica, Case Capranica, Fosso Cupo, Campo Marino e Villa Gallio. Nel corso dei sopralluoghi, sono stati identificati individui torpidi appartenenti a due specie, il rinolofa maggiore (*Rhinolophus ferrumequinum*) e quello minore (*R. hipposideros*).

Nel periodo estivo è stata censita una colonia riproduttiva di 36 individui di pipistrello albolimbato (*Pipistrellus kuhlii*) rinvenuta all'interno di un fabbricato in località Case la Cona. L'identificazione della specie è stata effettuata su base acustica analizzando i segnali di ecolocalizzazione registrati durante l'emergenza dei chiroteri.

o Rilevi bioacustici

Una prima sessione di registrazioni è stata effettuata in punti di ascolto dislocati lungo un transetto, percorrendo la strada che costeggia il lago ed attraversa le località Posta Fibreno e Carpello, giungendo poi in località Fontana Romella. Presso il lago, le specie più frequenti sono risultate il pipistrello pigmeo (*Pipistrellus pygmaeus*), il pipistrello albolimbato (*P. kuhlii*) e il molosso di Cestoni (*Tadarida teniotis*). Discretamente frequenti pure il pipistrello nano (*P. pipistrellus*) e il vespertilio di Daubenton (*Myotis daubentonii*). Sono stati anche registrati rari contatti con la nottola di Leisler (*Nyctalus leisleri*), il miniottero (*Miniopterus schreibersii*) e il pipistrello di Savi (*H. savii*). Alcuni segnali, riconducibili a specie appartenenti al genere *Myotis*, non hanno permesso un'identificazione affidabile al livello specifico.

Una seconda sessione di registrazioni è stata effettuata lontano dal bacino, all'interno di altri ambienti (oliveti, boschi, coltivi ed aree urbane) generalmente utilizzati come aree di foraggiamento dai chiroterteri nel nostro Paese (Russo e Jones, 2003). Sono state riscontrate una elevata attività di foraggiamento e una frequente emissione di social call (Russo e Jones, 1999; 2000), specialmente nelle ore più tarde. Le specie rilevate in questo caso sono state sostanzialmente le stesse osservate presso il lago, con l'eccezione di *M. daubentonii* e *N. leisleri*, risultate assenti. In questi casi, è risultato frequente *P. kuhlii* e discretamente frequente *H. savii*.

In totale, sono state censite dieci specie, alcune delle quali (*M. daubentonii*, *P. pygmaeus* e *N. leisleri*) più o meno strettamente legate agli ecosistemi acquatici per l'alimentazione (Vaughan et al. 1997; Russo e Jones, 2003). Altre, come *P. kuhlii*, sono più ampiamente diffuse in virtù della loro spiccata plasticità ecologica e della capacità di sfruttare una varietà di habitat di foraggiamento (Russo e Jones, 2003).

È interessante rimarcare come certe aree riparie del lago siano particolarmente sfruttate da *T. teniotis*, i cui forti segnali di ecolocalizzazione, di frequenza udibile (Russo e Jones, 2002), sono facilmente percepibili a partire da una mezz'ora circa dopo il tramonto.

I primi dati qui esposti evidenziano che il territorio della Riserva risulta importante soprattutto per l'alimentazione di alcune specie, grazie alla presenza del lago e delle sue fasce riparie ancora piuttosto ben conservate. La scarsità di rifugi ipogei giustifica la presenza minoritaria di taxa troglodili, anche se l'area è visitata per l'alimentazione da *M. schreibersii*, specie tipicamente osservata in grotta. Si tratta di un volatore veloce e capace di coprire lunghe distanze per il foraggiamento (Serra-Cobo et al., 2000), caratteristica in base alla quale è ipotizzabile che gli individui osservati nell'area provengano in realtà da rifugi anche significativamente distanti.

Una strategia di conservazione commisurata alle potenzialità e alle caratteristiche della Riserva dovrà prevedere anzitutto grande attenzione nella tutela della qualità dell'ecosistema acquatico, gestendo opportunamente le aree di vegetazione riparia che sono molto importanti per l'alimentazione della chiroterrofauna (Vaughan et al., 1997; Russo e Jones, 2003). A quest'azione si potranno affiancare sia la protezione dei rifugi (ivi inclusi quelli negli edifici), sia una campagna di educazione rivolta sia agli abitanti locali sia ai visitatori.

Bibliografia di Riferimento

- Linnell, J.D.C., Swenson, J.E., e Andersen, R. (2000). Conservation of biodiversity in Scandinavian boreal forests: large carnivores as flagships, umbrellas, indicators, or keystones? *Biodiversity and Conservation* 9: 857-868.
- Russo D. Tecniche e metodi di monitoraggio. (2004) In: *Linee guida per il monitoraggio dei chiroterteri. Indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia*. A cura di P. Agnelli, A. Martinoli, E. Patriarca, D. Russo, D. Scaravelli e P. Genovesi. Ministero dell'Ambiente e Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, Ozzano dell'Emilia (Bologna).
- Russo D. e Jones G. (1999). The social calls of Kuhl's pipistrelles *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1819): structure and variation (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Zoology, London* 249: 476-481.
- Russo D. e Jones G. (2002). Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology, London* 258: 91-103.
- Russo D. e Jones G. (2003). Use of foraging habitats by bats (Mammalia: Chiroptera) in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography* 26: 197-209.
- Serra-Cobo, J., López-Roig, M, Marquès-Bonet, T. e Lahuerta E. (2000). Rivers as possible landmarks in the orientation flight of *Miniopterus schreibersii*. *Acta Theriologica* 45: 347-352.

Vaughan, N., Jones, G. e Harris, S. (1997). Habitat use by bats (Chiroptera) assessed by means of a broad-band acoustic method. *Journal of applied Ecology* 34: 716-730.



Figura 56 - Individuo di rinolofo minore (*Rhinolophus hipposideros*) in stato di torpore all'interno di uno sgrottamento esplorato nell'area di studio.

**INDIVIDUAZIONE DI METODICHE SPERIMENTALI NELLA PRODUZIONE DI GIOVANILI DI TROTA
MACROSTIGMA SALMO TRUTTA MACROSTIGMA (DUMÉRIL, 1858) DA DESTINARE AL
RIPOPOLAMENTO**

P.T. COLOMBARI*, R. BERERA* & D. MAURIZI*

Introduzione

Negli ultimi anni, in Italia, è andata sempre più crescendo l'attenzione degli Enti preposti, degli operatori settoriali e di vasti strati dell'opinione pubblica alle problematiche associate agli impatti di natura antropica sugli ambienti acquatici, considerati come risorse naturali da tutelare e da gestire secondo modelli conservativi. Ciò anche in conseguenza dell'ampia diffusione delle indicazioni programmatiche scaturite nell'ambito di numerose convenzioni internazionali (Conferenza di Rio, Agenda 21, Convenzioni sulla Diversità Biologica, ecc.), tutte finalizzate all'identificazione di modelli di sviluppo sostenibili, in grado di garantire la conservazione e la rinnovabilità delle risorse stesse.

In tale contesto anche le popolazioni ittiche delle acque interne, in quanto risorse naturali rinnovabili, richiederebbero un'appropriata gestione a livello decentrato che comprenda sia la regolamentazione dei prelievi connessi alle attività alieutiche sia azioni di conservazione e reintegro degli stock ittici. Se da un lato apposite leggi regionali tendono a disciplinare l'esercizio della pesca (professionale e sportiva) e ad identificare precisi indirizzi gestionali, dall'altro appare evidente la carenza di un adeguato sviluppo di impianti di acquacoltura da ripopolamento con utilizzo di riproduttori autoctoni.

Le limitate conoscenze, necessarie per la messa a punto di tecniche colturali appropriate, e la mancanza di opportuni riferimenti scientifici sull'attuale presenza e distribuzione delle popolazioni ittiche autoctone dalle quali attingere i riproduttori fanno sì che gran parte dei ripopolamenti ittici siano basati sull'immissione in natura di esemplari transfaunati da altri distretti zoogeografici. Tali attività, eseguite senza le necessarie conoscenze biologiche ed ecologiche delle popolazioni indigene, hanno causato e continuano a causare profonde alterazioni dei popolamenti ittici originari, con la progressiva alterazione dei pools genici, la conseguente riduzione della biodiversità ed il pericolo di diffusione di patologie.

Appare dunque di fondamentale importanza promuovere un'attività ittiogenica che consenta lo sviluppo di linee di produzione innovative e certificabili, attraverso la messa a punto di metodiche produttive idonee alla produzione di giovanili da ripopolamento "certificabili", in coerenza con il Codice di Condotta per una Pesca Responsabile e nel pieno rispetto della Convenzione sulla Biodiversità.

Per tali ragioni il presente lavoro è stato finalizzato all'identificazione di metodologie di allevamento più efficienti grazie all'incremento delle conoscenze tecnico-scientifiche da applicare, eventualmente, in un processo di produzione di novellame ittico certificato.

In particolare è stata presa in esame la Trota macrostigma, *Salmo trutta macrostigma* (Duméril, 1858), endemismo italiano attualmente a rischio e riportata nell'Allegato II della Direttiva Comunitaria "Habitat" 92/43/CEE tra le "specie animali e vegetali d'interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione".

Materiali e Metodi

- Fecondazione delle uova

Le prove sperimentali sono state effettuate presso lo Stabilimento Ittiogenico di Roma (A.R.S.I.A.L. - Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio) utilizzando i riproduttori di trota macrostigma impiegati nelle attività di ricerca dell'impianto.

* ASP-ARSIAL Osservatorio Faunistico Regionale - Stabilimento Ittiogenico di Roma - Via R. Lanciani, 38 00162 Roma

La fecondazione delle uova è stata eseguita nel corso della giornata del 1° febbraio 2007 prelevando le uova dalle femmine mature e miscelandole con il liquido seminale maschile (Fig.57). Dopo questa operazione è stato necessario effettuare un lavaggio sotto acqua corrente per eliminare eventuali impurità e tracce di liquido seminale; fatto ciò le uova fecondate sono state disposte nell'apparato di incubazione.



Figura 57 - Procedura di fecondazione artificiale.

Per le uova dei Salmonidi, particolarmente delicate ed esigenti in ossigeno disciolto, viene comunemente impiegata la vasca a "truogolo" (Fig.58).

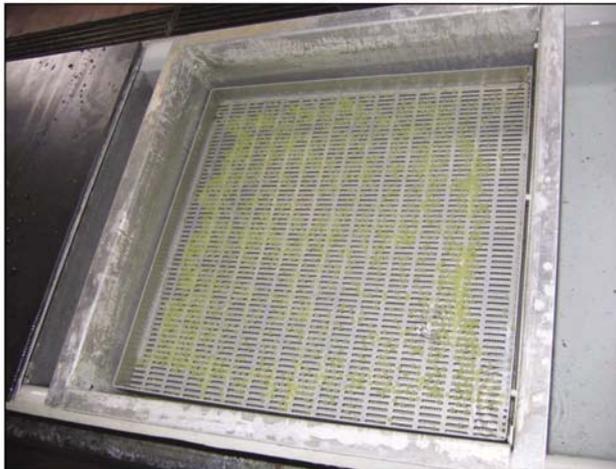


Figura 58 - Apparato di incubazione a "truogolo" (Particolare della vaschetta)

Tale contenitore si compone di vaschette in alluminio sulle quali poggiano dei telai muniti di feritoie di ampiezza tale da impedire la caduta delle uova. Fornendo un flusso di acqua in entrata, quella in eccesso fuoriesce dal truogolo da un apposito scarico protetto da una griglia con fori di 1.5 mm di diametro. Una volta giunto il momento della schiusa (ecclosione) gli avannotti, essendo sottili e di uno spessore longitudinale inferiore alle uova, scivolano attraverso le feritoie dei telai andandosi ad adagiare sulla base della vaschetta munita di minuscoli fori che permettono il solo passaggio dell'acqua. Una volta ultimata la schiusa delle uova vengono rimossi i telai e gli avannotti vengono lasciati sul fondo della vaschetta iniziando il periodo di assorbimento del *sacco vitellino*. Successivamente, onde permettere le corrette procedure di alimentazione, i giovanili di trota macrostigma sono stati trasferiti in una vasca di stabulazione nella quale sono seguite le procedure di svezzamento tramite nauplii vivi di *Artemia franciscana*

prima e mangimi microincapsulati con dimensioni crescenti a seconda degli stadi di sviluppo poi (0.3 mm, 0.75 mm e 1.3 mm di diametro).

- Elaborazione dati

La disponibilità di dati relativi alla lunghezza totale ed al peso degli esemplari campionati ha permesso di effettuare delle regressioni, tra questi due fattori, basate sull'equazione di accrescimento di Bagenal (1978):

$$P = a * Lt^b$$

dove: a = intercetta della curva sull'asse delle ordinate

b = coefficiente di regressione (può assumere valori compresi fra 2 e 4)

P = peso in g

Lt = lunghezza totale in cm.

La valutazione del coefficiente di regressione risulta particolarmente utile nella descrizione dell'accrescimento. Quando "b" è uguale a 3 la crescita è isometrica, indicando un accrescimento regolare e proporzionato nelle tre dimensioni dello spazio; quando "b" è diverso da 3 si ha, invece, un accrescimento di tipo allometrico. In particolare, se "b" è maggiore di 3, si ha la tendenza ad una crescita maggiore in altezza rispetto alla lunghezza (esemplari corti e tozzi rispetto alle proporzioni standard); viceversa se "b" è minore di 3 si osserva una crescita maggiore in lunghezza piuttosto che in altezza (esemplari esili e longilinei). Il valore di "b" non è sempre lo stesso per una data specie poiché può variare, all'interno di questa, in base alle condizioni nutrizionali e, di riflesso, in funzione dell'ambiente (Bagenal, 1978).

Inoltre, utilizzando il parametro SGR (Specific Growth Rate) sono state monitorate le variazioni istantanee della lunghezza totale rispetto al valore fatto registrare nel campionamento precedente (Frost & Brown, 1967) come riportato nella seguente formula:

$$SGR = \frac{\ln LT - \ln Lt}{T - t} \times 100$$

dove: - LT = lunghezza totale al tempo T

- Lt = lunghezza totale al tempo precedente t

- T - t = intervallo di tempo tra le due misure

L'elaborazione dell'SGR permette, quindi, di seguire l' accrescimento su base giornaliera fornendo dati utilizzabili per la valutazione della risposta dei giovanili alle pratiche di allevamento utilizzate.

Risultati e Discussione

- Prove sperimentali di allevamento

Dopo la "premitura" e la relativa fecondazione, le uova sono state poste in incubazione nel truogolo ad una temperatura media di 11.5° C. La nascita dei primi avannotti è avvenuta il 9 marzo con un periodo di incubazione minimo di 37 giorni (425.5 gradi/giorno). L'elevata rusticità di questa specie rende piuttosto difficoltoso il suo adattamento a condizioni di allevamento artificiali. Particolarmente delicata, infatti, risulta la fase di svezzamento degli avannotti, cioè il periodo che segue il riassorbimento del sacco vitellino e che si protrae fino alla regolare alimentazione con mangime. Durante questo stadio, l'allevamento della trota macrostigma, richiede lo svezzamento con nauplii di *Artemia franciscana* particolarmente indicati sia per l'elevato contenuto proteico sia per le ridotte dimensioni che li rendono facilmente predabili anche da avannotti di piccola taglia.

La procedura di preparazione dei nauplii ha seguito le seguenti fasi:

- idratazione delle cisti
- decapsulazione

- incubazione e schiusa

Le cisti di *Artemia franciscana* sono costituite da un embrione dormiente ricoperto e protetto da un guscio a tre strati (cuticola dell'embrione, membrana esterna, corion). Quando le condizioni sono favorevoli l'embrione si attiva rompendo il guscio, dopo di ciò fuoriesce sotto forma di nauplius. In acquacoltura questa fase solitamente viene velocizzata ed ottimizzata tramite un procedimento chimico denominato decapsulazione (Sorgeloos et Al. 1977), che permette di rimuovere completamente lo strato esterno delle cisti. Inizialmente, seguendo le procedure appropriate (Saroglia & Ingle, 1992), le cisti sono sottoposte ad un periodo di idratazione di 2 ore durante le quali sono tenute in continua agitazione mediante aeratore. Al termine dell'operazione le cisti vengono filtrate mediante filtro con maglie da 125 μm . Successivamente si procede alla preparazione della soluzione di decapsulazione caratterizzata da una fonte di ipoclorito (ipoclorito di sodio NaOCl liquido o ipoclorito di calcio $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ in polvere) e da pH alcalino (NaOH nel caso di NaOCl o Na_2CO_3 nel caso di $\text{Ca}(\text{OCl})_2$). Nell'ambito della presente sperimentazione è stato utilizzato il metodo che prevede l'utilizzo di ipoclorito di sodio (13% in volume, 3.8 ml per g di cisti) ed idrossido di sodio (40% in volume, 0.33 ml per g di cisti). Alla suddetta soluzione è stata poi aggiunta acqua distillata pari a 14 ml per ogni grammo di cisti da trattare. La reazione di decapsulazione risulta leggermente esotermica ed è quindi necessario mantenere la temperatura compresa tra i 15 ed i 20° C per tutto il processo. L'avvenuta rimozione del guscio esterno richiede solitamente 8-12 minuti ed è indicata dal cambiamento nella colorazione delle cisti, da marrone ad arancio (Fig.59, 60).



Figura 59 - Cisti di *Artemia franciscana* non decapsulate.

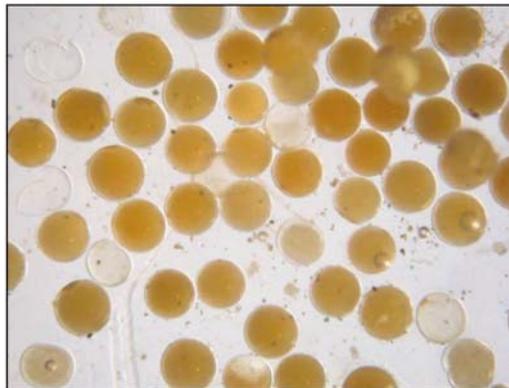


Figura 60 - Cisti di *Artemia franciscana* decapsulate e prive di corion.

Terminata l'operazione è necessario rimuovere ogni residuo di cloro effettuando dei lavaggi in una soluzione di sodio tiosolfato ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) per circa un minuto. Dopo di ciò le cisti decapsulate vengono poste in una troncoconica (Fig. 61) con acqua a 28° C e con una salinità compresa tra 30 e 35 g/l dove schiederanno in un periodo massimo di 48 ore; in seguito i nauplii vengono filtrati per poi essere somministrati nella vasca di allevamento.



Figura 61 - Troncoconica impiegata per coltura dei nauplii.

In alternativa le cisti decapsulate possono essere conservate per alcuni giorni in una soluzione saturata di cloruro di sodio a 4° C per poi essere riattivate tramite lavaggio in acqua corrente per circa 1 minuto e poste in coltura come descritto precedentemente. Le cisti utilizzate per lo svezzamento della trota macrostigma provengono dalla baia di San Francisco (U.S.A.) e sono caratterizzate da dimensioni particolarmente ridotte (circa 280.000 cisti/g). In particolare il lotto utilizzato per lo svezzamento, in seguito alle analisi realizzate al momento della produzione, presenta valori di proteine pari al 62% e di carboidrati pari al 22% del peso secco con una percentuale di schiusa dichiarata superiore al 90%. La decapsulazione offre notevoli vantaggi in acquacoltura tra i quali la notevole ottimizzazione della percentuale di schiusa, la contrazione dei tempi di produzione e la possibilità di ottenere nauplii più nutrienti non dovendo dissipare energie nella rottura del corion esterno. Inoltre si evita l'ingestione, da parte degli avannotti, dei residui dei gusci con i relativi problemi di digestione a livello intestinale (Sorgeloos et al., 2002). Uno degli scopi del progetto è stato indubbiamente quello di individuare una metodica di svezzamento che permettesse agli avannotti di mantenere, almeno in parte, il loro istinto predatorio pur vivendo in un ambiente artificiale. Per tale motivo, onde prolungare la sopravvivenza e la motilità dei nauplii (limitata a qualche minuto in acqua dolce), gli stessi sono stati mantenuti in acqua salata e trasferiti gradualmente nella vasca di svezzamento mediante un tubo ad effetto Venturi. In un secondo tempo, in sovrapposizione al completo riassorbimento del sacco vitellino (33° giorno di vita) sono stati impiegati mangimi microincapsulati a diametro crescente. In tabella 12 sono rappresentate le differenti tipologie di alimenti utilizzati per lo svezzamento premettendo che il passaggio da un alimento a quello successivo è stato progressivo, con la somministrazione contemporanea di entrambi i cibi per un dato periodo di tempo. Inoltre, monitorando il tasso di accrescimento specifico (SGR) è stato possibile evidenziare eventuali cali di resa di un alimento inducendo quindi all'utilizzo dell'alimento successivo.

Tabella 12 - Progressione utilizzata nella somministrazione del cibo relativamente all'allevamento di trota macrostigma presso lo Stabilimento Ittico.

Alimento	Periodo	Carboidrati	Proteine	Grassi	Ceneri	Umidità	Fibre	Fosforo
<i>Artemia franciscana</i>	dal 10° al 45° giorno	22%	62%	5.60%	6.10%	-	-	-
Ø 0.3 mm	dal 38° al 61° giorno	-	57%	17%	10%	7%	0.50%	1.30%

Ø 0.75 mm	dal 59° al 118° giorno	-	55%	18%	10%	7%	0.50%	1.30%
Ø 1.3 mm	dal 116° al 125° giorno	-	52%	20%	10%	7%	0.50%	1.30%

L'allevamento di *Salmo trutta macrostigma* è stato svolto in un lasso di tempo di 125 giorni nei quali sono stati prelevati 23 sub-campioni di 5 individui. Gli esemplari sono stati pesati e misurati (Lt) al fine di ottenere un valore medio relativo ad ogni prelievo. La curva di regressione individuata (Fig. 62) mette in luce una correlazione tra lunghezza totale e peso con un r^2 pari a 0.94 e con il coefficiente di regressione b pari a 2.43 che evidenzia un accrescimento di tipo allometrico, individui esili e longilinei. Si potrebbe ipotizzare che tale risultato sia condizionato da stadi larvali immediatamente successivi alla schiusa. D'altra parte lo stesso Bagenal afferma che gli stadi larvali sono in genere caratterizzati da accrescimenti di tipo allometrico che, in fase di maturità, tendono gradualmente ad orientarsi verso l'isometria.

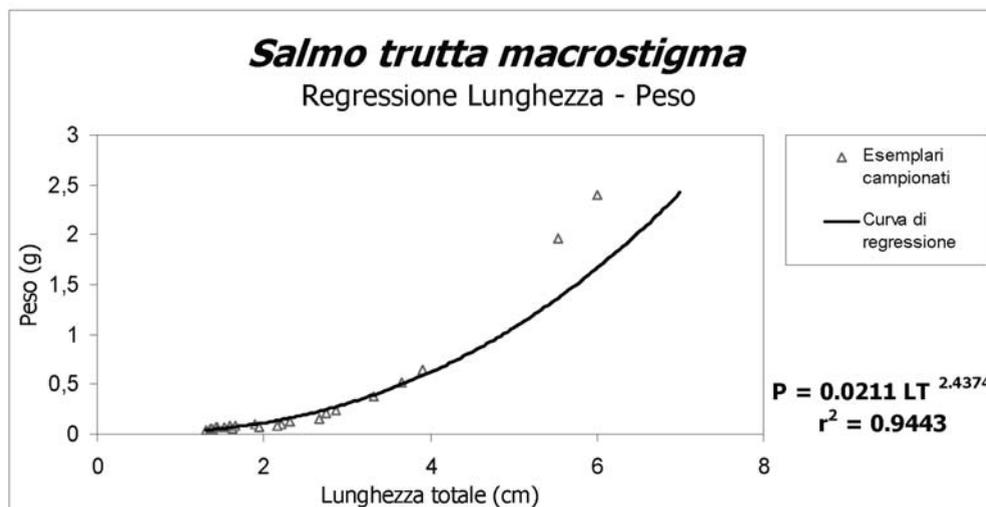


Figura 62 - Curva di regressione per la trota macrostigma.

L'allevamento è stato caratterizzato da un'alternanza di alimenti allo scopo di fornire un riscontro oggettivo per la valutazione dell'efficienza nelle procedure di svezamento. In questo caso, quindi, lo "Specific Growth Rate" è stato utilizzato quale strumento di monitoraggio dell'accrescimento in funzione dell'alimento utilizzato (Fig. 63). Ciò ha permesso, quindi, di valutare la possibilità di passare all'alimentazione successiva nel momento in cui sono state individuate delle diminuzioni percentuali dell'accrescimento specifico giornaliero. I nauplii di *Artemia* sono stati somministrati tra il 10° ed il 45° giorno. All'interno di tale periodo, e precisamente nel corso del 33° giorno, è stato osservato il riassorbimento completo del sacco vitellino al quale corrisponde un aumento dell'SGR. Nei giorni successivi è stata registrata una diminuzione di tale parametro forse causata dalla diminuzione dell'efficienza dell'alimento vivo rispetto alle dimensioni corporee raggiunte dai giovanili di trota. Per tale motivo, somministrando mangime microincapsulato da 0.3 mm tra il 38° ed il 61° giorno, è stato possibile osservare un aumento dell'SGR forse riconducibile all'apprezzamento della nuova risorsa trofica. Seguendo la stessa metodica, l'andamento dell'accrescimento specifico è stato monitorato fino al calo successivo fatto registrare nel corso del 61° giorno. In risposta a questa diminuzione è stato somministrato mangime da 0.75 mm tra il 59° ed il 118° giorno. Come nei casi antecedenti, l'immissione in vasca del nuovo alimento ha determinato una rapida risposta da parte degli avannotti che si è tradotta nell'aumento dell'SGR.

A partire dall'80° giorno l'accrescimento non ha subito variazioni considerevoli anche in seguito alla somministrazione dell'ultima tipologia di mangime (1.3 mm) prevista dal protocollo di allevamento. L'alimento in questione è stato introdotto il 116° giorno ed è stato utilizzato fino alla fine della sperimentazione. L'indagine condotta ha evidenziato una relazione tra la tipologia di alimento destinato allo svezzamento e la risposta degli avannotti tramite l'analisi dell'SGR.

Accanto al protocollo sopra descritto, la metodica prevede la verifica della qualità delle larve e giovanili prodotti, con l'utilizzo di descrittori morfologici. La tecnica del monitoraggio scheletrico permette una valutazione qualitativa su base morfologica del prodotto d'allevamento. Nelle attività di ripopolamento un problema da non sottovalutare riguarda la messa a punto di tecniche che garantiscano la "qualità" del prodotto, non solo per fini cosiddetti 'estetici' ma anche funzionali. Un pesce con gravi anomalie scheletriche presenterà, infatti, una fitness inferiore rispetto al normale: faticherà di più nel nuoto e, di conseguenza, anche nell'alimentarsi o per sfuggire ai predatori, rendendo in questo modo meno efficace la pratica di ripopolamento stessa.

La valutazione della qualità su base morfologica dei giovanili ottenuti rappresenta un importante strumento nel verificare l'idoneità stessa della tecnica di allevamento. Durante l'ontogenesi, infatti, l'espressione di un fenotipo geneticamente predeterminato è modulata dall'omeostasi di sviluppo che interviene per contrastare eventuali disturbi genetici o ambientali (Clarke, 1995). Quando questi prevalgono, l'efficienza dei normali processi di differenziamento diminuisce e possono così insorgere teratologie di vario genere (Boglione et al. 2006). Per questo tipo di analisi, ARSIAL si avvale di una collaborazione con il Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

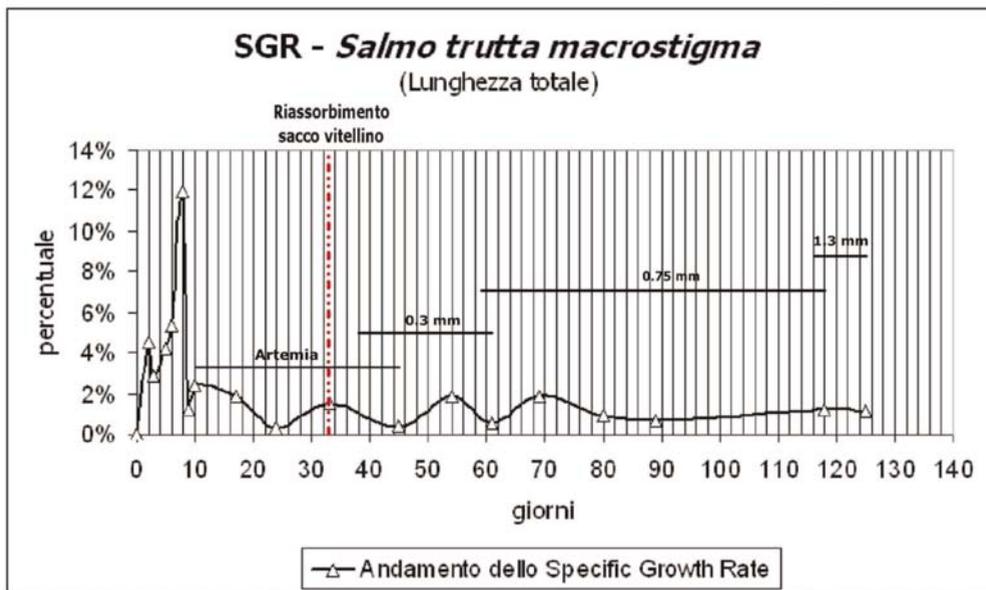


Figura 63 - Specific Growth Rate calcolato per i giovanili di trota macrostigma. Nel grafico sono riportati i periodi di somministrazione delle differenti tipologie di alimento.

Conclusioni

Lo sviluppo di un'attività ittiogenica rigorosamente regolamentata e gestita secondo criteri scientifici ha lo scopo di tutelare ciò che resta delle biodiversità originarie.

La situazione italiana è emblematica: da una quarantina di specie ittiche autoctone per le acque interne si è passati, nell'arco di alcuni decenni, ad oltre settanta specie, gran parte delle quali provenienti dalla regione danubiana e dal Nord America. Tali problematiche sono ancora

più evidenti nelle acque interne della Regione Lazio. Ad esempio, da recenti studi eseguiti nel tratto regionale del Tevere, sono state censite 27 specie "stenoaline dulcicole" di cui soltanto otto probabilmente originarie nel bacino. Gli impatti sui popolamenti originali sono quindi fin troppo evidenti (Tancioni, com. per.)

La messa a punto di protocolli sperimentali nella produzione di giovanili certificabili da destinare al ripopolamento è finalizzata alla conservazione di ciò che resta delle biodiversità nei corsi d'acqua regionali.

Per il perseguimento di tale obiettivo, si rende necessario il contributo della ricerca di base, finalizzato all'identificazione della struttura genetica delle popolazioni naturali, alla messa a punto di opportune tecniche di riproduzione e primo allevamento ed alla definizione di criteri di qualità, utili per la certificazione delle produzioni. Fondamentale appare, inoltre, l'identificazione di interventi gestionali di riqualificazione e conservazione del patrimonio ittiofaunistico regionale attraverso la localizzazione di popolazioni autoctone, nell'ambito dei bacini idrografici, al fine di avviare programmi di ripopolamento responsabile.

Bibliografia di Riferimento

- Bagenal T.B., 1978. *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. Blackwell, London.
- Boglione C., Giganti M., Sessi P. & Tancioni L., 2006. Considerazioni sulla messa a punto di produzioni eco-compatibili di giovanili di Persico reale (*Perca fluviatilis*, L. 1758) destinati al ripopolamento: quantità o qualità? *Biologia Ambientale* - 2006, 20 (1): pp. 127-133. Atti 10° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Montesilvano (PE), 2-3 aprile 2004. A.I.I.A.D.
- Bruno S. & Maugeri S., 1992. *Pesci d'acqua dolce. Atlante d'Europa. Le guide di Airone* - Editoriale Giorgio Mondadori.
- Clarke G.M., 1995. The genetic basis of the developmental stability. II. Asymmetry of extreme phenotypes revisited. *Am. Nat.*, 146(5): pp. 708-725.
- Colombari P.T. & Gelosi E., 2004. *Manuale della pesca. Ambiente, fauna, pesca, attrezzi, leggi delle acque del Lazio*.
- Forneris G., Pascale M. & Perosino G. C., 1996. *Idrobiologia*. EDA. Torino. 372
- Frost W.E. & Brown M.E., 1967. *The Trout*. Collins, London.
- Gandolfi G. & Zerunian S., 1987. I pesci delle acque interne italiane: aggiornamento e considerazioni critiche sulla sistematica e la distribuzione. *Atti soc. Ital. Sci. Nat. Museo civ. stor. nat. Milano* 128, (I-II), pp. 3-56.
- Grimaldi E. & Manzoni P., 1990. *Enciclopedia illustrata delle Specie Ittiche d'acqua dolce di interesse commerciale e sportivo in Italia*. Camera di Commercio di Como. Istituto geografico De Agostini.
- Saroglia M. & Ingle E., 1992. "Tecniche di acquacoltura". Edizioni Edagricole.
- Sorgeloos P., Bossuyt B., Lavina E., Baeza-Mesa M. & Persoone G., 1977. "Decapsulation of *Artemia* cysts: a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture" *Aquaculture* 12. pp. 311-316.
- Sorgeloos P., Lim L. C., Cho Y.L., Dhert P., Wong C.C., Nelis H., 2002. "Use of decapsulated *Artemia* cysts in ornamental fish culture". *Aquaculture Research* 33. pp. 575-589.
- Zerunian S., 2002. *Iconografia dei pesci delle acque interne d'Italia*. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio. pp. 130-133, 201-203.

ECOLOGIA TROFICA DEL CORMORANO (*PHALACROCORAX CARBO*) NEL LAGO DI POSTA FIBRENO: DATI PRELIMINARI

D. CELAURO *, G. LARICCIA * & S. SARROCCO *

Introduzione

La Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno" è gestita dal Comune di Posta Fibreno e rientra in un Sito d'Importanza Comunitaria ed in una Zona di Protezione Speciale (IT 6050015), essendo caratterizzata dalla presenza di habitat e specie delle direttive comunitarie 79/409/CE e 92/43/CE. Il Lago è un bacino alimentato da un insieme di sorgenti carsiche, le cui acque hanno origine dalle montagne della Marsica occidentale. Il sito ospita elementi floristici e faunistici di importanza rilevante, quali ad esempio il carpione del Fibreno *Salmo fibreni*, piccolo Salmonide endemico. La conservazione di questa specie e dell'altro Salmonide presente nell'area, la trota macrostigma *Salmo (trutta) macrostigma*, la cui popolazione locale mostra evidenti segni di riduzione, costituisce la motivazione centrale di questo studio, mirato ad identificare e quantificare il prelievo predatorio sulle due specie di Salmonidi da parte della popolazione di cormorani svernante presso il Lago.

Il cormorano (*Phalacrocorax carbo*) è un predatore prettamente ittiofago, gregario, di grandi dimensioni (Cramp & Simmons, 1977). La sottospecie presente in Italia, *P. c. sinensis*, è l'unica veramente migratrice del gruppo e in Italia è prevalentemente svernante; nidifica regolarmente solo in alcuni siti del Piemonte, del Veneto, dell'Emilia Romagna ed in Sardegna (Brichetti e Fracasso, 2003). Ritenuto un pericoloso competitore dello sfruttamento della risorsa ittica, ha subito in passato una pressante persecuzione che ha portato alla contrazione della popolazione europea, ridotta, alla fine degli anni '70, ad alcune migliaia di coppie (3000-5000 coppie nidificanti: Hagemeyer and Blair, 1997). Nel 1979 la Direttiva Uccelli ha incluso il cormorano tra le specie protette. La specie successivamente si è ripresa, espandendo l'areale di svernamento e di nidificazione, ed attualmente è stata esclusa dall'Allegato I della Direttiva Uccelli 79/409/CE, pur rimanendo non cacciabile.

Il cormorano ha fatto la sua comparsa regolare nella Riserva negli anni '90: una piccola popolazione svernante si è insediata presso l'Area protetta nella seconda metà di questo decennio ed è andata via via aumentando di consistenza, fino a raggiungere il valore attuale di circa un centinaio di individui (Brunelli *et al.*, 2004). La specie utilizza come *roost* diurno e notturno un gruppo di salici bianchi che borda un piccolo tratto della sponda sud del Lago (ved. figura 64).

La concentrazione del maggior nucleo di animali nello spazio ridotto di pochi alberi rende tale *roost* un sito adatto alla raccolta dei boli alimentari (borre), la cui analisi consente di risalire alle specie ittiche predate tramite identificazione dei resti ossei in essi contenuti. In rapporto alle stime di popolazione derivanti dagli studi ittologici effettuati nell'area, al termine della presente indagine sarà possibile estrapolare il tasso di predazione gravante sulle specie ittiche minacciate, valutarne la consistenza ed eventualmente intervenire con adeguate misure di gestione.

* via G. Ricci Curbastro 34, 00149 - Roma - email: harobed@tiscali.it

* Parco Naturale Regionale dei Monti Simbruini, via Roma 48 - 00020 Jenne (RM) - email: g.lar@libero.it

* Agenzia Regionale Parchi del Lazio, via del Pescaccio 96-98, 00166 - Roma - email: sarrocco.arp@parchilazio.it

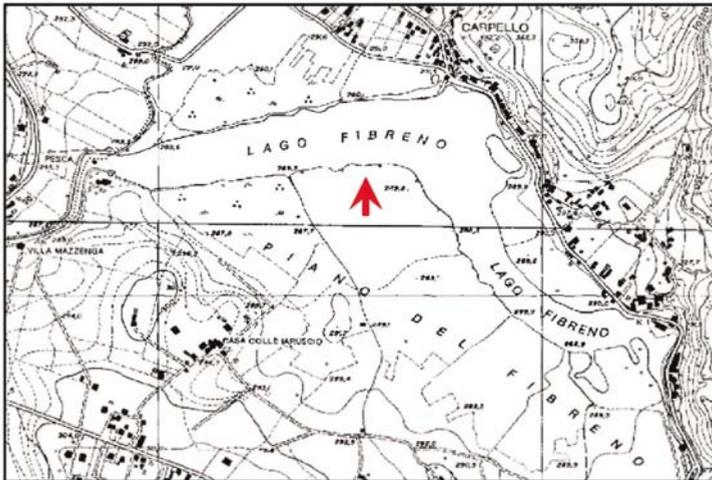


Figura 64 - Posizione del roost.

Materiali e Metodi

- Raccolta ed Analisi dei Campioni

La dieta del cormorano è stata analizzata utilizzando il metodo dell'analisi dei boli alimentari (borre). Le borre sono state raccolte allestendo appositamente sotto il roost 5 reti ombreggianti rettangolari, ampie 4m x 5m ciascuna e poste ad 1 m di altezza rispetto al livello dell'acqua. Le sessioni di raccolta (figura 65), svolte in collaborazione con il Personale della Riserva, sono state effettuate con cadenza quindicinale da Novembre 2006 a Marzo 2007 e sono state condotte utilizzando tutti i dispositivi di protezione (tute integrali, soprascarpe, guanti in gomma, mascherine e occhiali di protezione, il tutto usa e getta) previsti per la manipolazione di materiale organico prodotto da uccelli migratori, come precauzione contro l'influenza aviaria. Al momento della raccolta, per evitare stime errate del prelievo predatorio giornaliero, le borre presenti nelle reti sono state selezionate conservando solo quelle integre per la stima della dieta giornaliera; quelle non integre e i singoli frammenti sono stati conservati separatamente, essendo utilizzabili al solo scopo di ottenere ulteriori informazioni qualitative.



Figura 65 - A sinistra: schema della posizione delle reti ; a destra: un momento della raccolta dei campioni.

I boli sono stati riscaldati per 1 ora a 70°C come trattamento precauzionale contro l'influenza aviaria e successivamente conservati in alcool a 100° fino al momento dell'analisi. Quest'ultima è stata effettuata diluendo i campioni in acqua e separando i pezzi ossei dalla matrice semiliquida, con l'ausilio di uno stereomicroscopio fino a 4x ingrandimenti e di pinzette di precisione. Le ossa estratte sono state pulite con acqua e lasciate asciugare a temperatura ambiente.

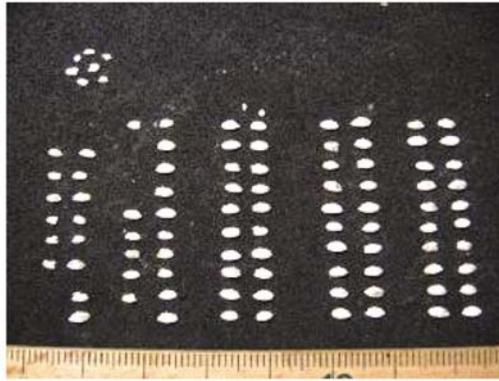


Figura 66 - Conteggio degli individui tramite abbinamento degli otoliti speculari.

Successivamente, le ossa pari dalla forma specie-specifica, in particolare gli otoliti e i denti faringei, sono state abbinare per uguali dimensioni e per forma speculare, per consentire il conteggio degli individui reperiti; individuando ed appaiando le ossa pari è infatti già possibile distinguere le differenti specie e contare gli individui predati anche nel caso non siano state ancora identificate le specie di appartenenza (figura 66).

o Collezione Osteologica e Identificazione dei Reperti Ossei

L'identificazione dei resti reperiti nei boli alimentari si basa sul principio della specie-specificità di alcune strutture ossee dei Pesci, in particolare le strutture dentarie e gli otoliti. I reperti osteologici estratti dai boli sono identificati per confronto con una collezione delle strutture ossee di specie note, la cui presenza è documentata nell'area di studio; in tal modo è possibile risalire alle specie predate.

È stata allestita una collezione osteologica basata sulle specie ittiche censite nella Riserva in una precedente indagine di base (Zerunian, 1988), che aveva rilevato le seguenti specie:

- | | |
|---|----------------------|
| - <i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784) | lampreda di ruscello |
| - <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758) | anguilla |
| - <i>Salmo fibreni</i> Zerunian & Gandolfi, 1990 | carpione del Fibreno |
| - <i>Salmo [trutta] macrostigma</i> (Dumèril, 1858) | trota macrostigma |
| - <i>Salmo [trutta] trutta</i> (Linnaeus, 1758) | trota fario |
| - <i>Leuciscus souffia muticellus</i> Bonaparte, 1837 | vairone |
| - <i>Barbus plebejus</i> Bonaparte, 1839 | barbo |
| - <i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758) | tinca |
| - <i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758) | carpa |
| - <i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758) | carassio dorato |
| - <i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linnaeus, 1758) | spinarello |

A questa lista di potenziali specie predabili sono state aggiunte la scardola *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) ed il cavedano *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758), per la prima specie la presenza nel Lago è nota già da qualche tempo, mentre la seconda è stata rilevata solo recentemente (Seminara & D'Orsi, questo stesso volume).

Sulla base di questa checklist, la collezione osteologica è stata quindi assemblata effettuando un campionamento in collaborazione con lo Stabilimento Ittiogenico, durante il quale è stato prelevato almeno un esemplare per ciascuna specie, ad eccezione di quelle di interesse quali il carpione del Fibreno e la trota macrostigma, per le quali si è fatto riferimento

a collezioni già esistenti o esemplari reperiti già morti. Le ossa sono state estratte dopo bollitura degli esemplari, per 15' a 100°C in acqua e bicarbonato per ammorbidirne i tessuti. Ove le condizioni di conservazione degli esemplari ne hanno reso possibile la manipolazione, prima della bollitura i pesci reperiti sono stati misurati e pesati, allo scopo di utilizzare tali parametri morfometrici per associarli alle dimensioni delle ossa e stimare così la taglia delle prede reperite nelle borre. Dagli esemplari sono state estratte successivamente le strutture scheletriche, le quali una volta pulite sono state catalogate e conservate.

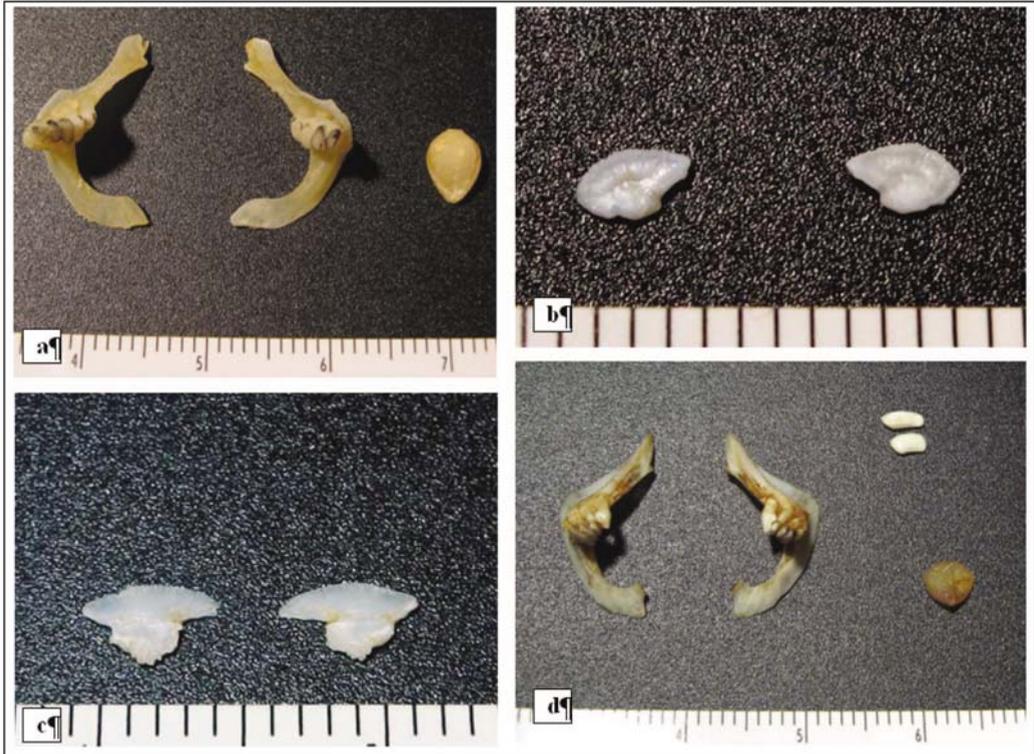


Figura 67 - Alcune strutture diagnostiche della collezione osteologica: a) denti faringei e chewing pad di Tinca; b) otoliti (sagittae) di carpione del Fibreno; c) otoliti (sagittae) di trota macrostigma; d) denti faringei e chewing pad di carassio dorato.

- Censimenti e Stima del Prelievo della Popolazione Svernante

Allo scopo di risalire al consumo totale operato dall'intera popolazione di cormorani per tutta la durata della stagione di svernamento, sono stati condotti con cadenza mensile censimenti del roost al tramonto, il momento in cui tutti gli individui presenti nell'area si aggregano per trascorrere la notte. La variazione del numero di cormorani presenti nell'area nell'arco dell'inverno permette di stimare il consumo dell'intera popolazione e le specie ittiche maggiormente predate periodo per periodo, moltiplicando il numero di cormorani rilevati per il numero di individui predati di ciascuna specie ittica in ciascun pasto giornaliero.

A partire da Gennaio 2007 inoltre sono stati condotti, seppure con cadenza irregolare, anche conteggi diurni a differenti ore del giorno, per rilevare l'entità della popolazione in foraggiamento nel Lago nelle varie fasi della giornata; i numeri rilevati sono stati poi confrontati con la popolazione totale presente in quella data (stimata tramite conteggio al tramonto effettuato nello stesso giorno, o calcolando la media tra i due conteggi al tramonto più vicini).

Risultati

- Raccolta ed Analisi delle Borre

Nelle 8 sessioni di raccolta (si veda la tabella 13) sono state reperite 90 borre integre, più un numero imprecisabile di frammenti ossei singoli e borre incomplete.

Tabella 13 - Distribuzione dei boli nei mesi di campionamento in relazione al numero di cormorani presenti al roost notturno.

Mese	N. borre reperite	N. cormorani
Nov '06	23	85
Dic '06	24	134
Gen '07	22	110
Feb '07	7	104
Mar '07	14	54

Dei 90 boli analizzati, il 13% è risultato privo di resti alimentari e costituito di solo muco. I resti ossei reperiti nelle borre restanti sono risultati appartenere ad 801 prede.

- Identificazione dei Resti Ossei

L'identificazione dei resti ossei a livello di specie non è stata possibile perché i resti meglio conservati e quindi più validi per l'identificazione non sono risultati appartenere alle specie comprese nella collezione osteologica.

In base alle caratteristiche generali è stato però possibile risalire alle Famiglie di appartenenza e calcolarne il contributo in numero di prede e la frequenza di comparsa nelle borre, entrambi riportati in figura 68.

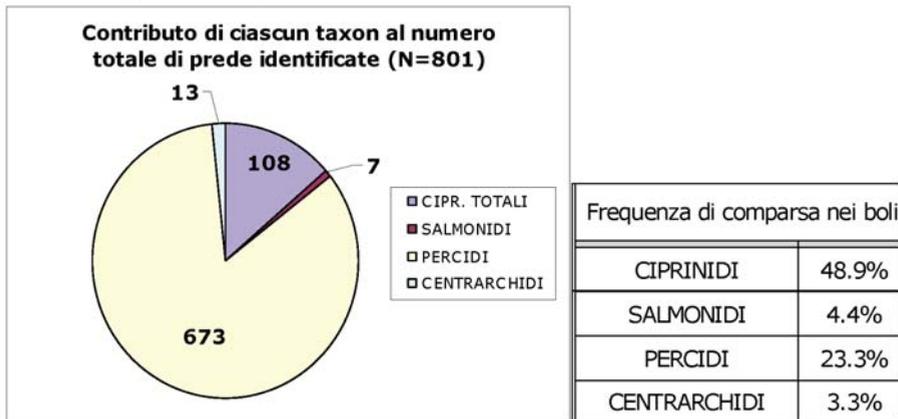


Figura 68 - Grafico che mostra la suddivisione a livello di Famiglia delle prede rilevate; la tabella adiacente riporta la frequenza di comparsa di ciascun taxon.

In questo grafico, le Famiglie "Centrarchidi" e "Percidi" si riferiscono al reperimento dei due reperti mostrati in figura 69; l'otolite a sinistra è attribuibile al persico sole *Lepomis gibbosus* (Centrarchidae) in base al confronto con esemplari di collezioni già esistenti, mentre il reperto a destra è ascrivibile con probabilità al persico reale *Perca fluviatilis* (Percidae) in base alla evidente somiglianza con il suo congenere *Perca flavescens*, la cui sagitta è riportata in Ross *et al.* (2005).

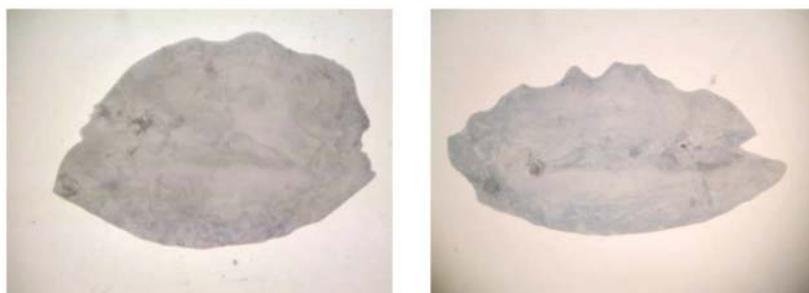


Figura 69 - Otoliti attribuiti a persico sole *Lepomis gibbosus* (a sinistra) e a persico reale *Perca fluviatilis* (a destra)

La tabella 14 mostra il consumo totale della popolazione svernante stimato per ciascun taxon e per l'intero periodo di svernamento:

Tabella 14 - Stima del consumo mensile tarata sulla popolazione censita al roost notturno nell'inverno 2006/07.

mese	N° cormorani	CIPRINIDI	SALMONIDI	SPECIE 1	SPECIE 2
nov-06	85	6098	443	41893	1109
dic-06	134	4020	503	54605	503
gen-07	110	2200	0	0	0
feb-07	104	891	0	0	0
mar-07	54	1157	0	231	0

Infine, in figura 70 sono riportati i risultati dei conteggi effettuati nel corso del dì, confrontati con quelli svolti al roost notturno. Il grafico mette in evidenza che non tutti i cormorani presenti al roost utilizzano il lago come area di alimentazione. Il dato relativo alla fascia oraria compresa tra le sette e le nove ore dall'alba, superiore al 100%, è probabilmente da imputare ad un errore di campionamento.

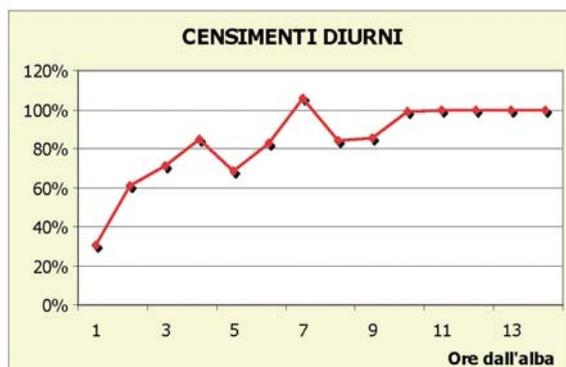


Figura 70 - Percentuale media degli individui (in ordinata) che frequentano durante il dì (suddiviso in ore dall'alba) il lago di Posta Fibreno rispetto al totale degli individui conteggiati al roost notturno (gennaio-marzo 2007).

Discussione

Uno dei principali risultati dell'indagine mostra che nella dieta del cormorano compaiono dei taxa non presenti nell'Area protetta (Centrarchidae e Percidae), indicando che almeno una parte dei cormorani svernanti nell'area si alimenta in altri corpi idrici. A supporto di questo risultato vi sono inoltre i dati provenienti dai censimenti, che evidenziano una costante differenza tra gli individui registrati durante il giorno e quelli rilevati al roost notturno (vedi figura 70).

La predazione di *Perca fluviatilis* e *Lepomis gibbosus* da parte del cormorano è ampiamente documentata nelle acque dolci (si vedano ad es. The National Forest and Nature Agency, 2002; Milanese *et al.*, 1999). In base all'analisi delle borre, il persico reale compare con un elevato

numero di individui predati per giorno; ciò indica che la specie è presente con una elevata densità di popolazione nell'area di foraggiamento, consentendo in un ridotto lasso di tempo numerosi eventi di predazione con esito positivo. Il Lago di Posta Fibreno è circondato da cinque possibili aree di foraggiamento, tutte a distanze confrontabili: il Lago di S.Giovanni Incarico (distante 23 km), quello di Barrea (25 km), il Lago della Montagna Spaccata (25 km), il Lago presso San Biagio Saracinisco (26 km) ed infine il Lago di Canterno (36 km); è noto, infatti, che il cormorano possa percorrere ampie distanze (oltre 40 km; Baccetti & Brichetti, 1992) tra il roost notturno e l'area di foraggiamento. Sarebbe interessante, a tale riguardo, prevedere delle ulteriori indagini per avere conferma di tali siti di foraggiamento e verificare il loro utilizzo da parte del cormorano nel corso del periodo di svernamento.

Per quanto riguarda il carpione del Fibreno e la trota macrostigma, sebbene i valori di numero di prede e di frequenza di comparsa nelle borre siano entrambi piuttosto bassi, la stima del numero di animali predati nell'intera stagione di svernamento è comunque non trascurabile, se si considera che non si conosce l'esatta consistenza delle due specie nell'area, malgrado alcuni studi svolti e le attività di pesca sulla trota macrostigma ne documentino ormai da tempo la riduzione. Lo stato di emergenza in cui versano entrambe le specie necessita sicuramente di un intervento suppletivo efficace. Per quanto riguarda la trota macrostigma sarebbe necessario il fermo della pesca per un intervallo di tempo sufficiente al *restocking* dei riproduttori. Inoltre, in via precauzionale, in base anche ad informazioni fornite da alcuni studi in corso nell'area (D'Orsi, com. pers.) e in attesa che il completamento di questo studio offra stime più precise, nelle aree di frega dei Salmonidi potrebbero essere applicati dei sistemi di dissuasione incruenta, basati sull'utilizzo di fili metallici colorati sospesi sopra il livello dell'acqua (in Germania è risultata efficace una copertura costituita da una "griglia" di filo metallico con maglia di lato 7,5 m; Schmidt, 1998) che hanno la funzione di ostacolare l'involo e l'atterraggio e quindi nel complesso rendere l'area meno idonea come sito di foraggiamento, riducendo così l'eventuale predazione sui riproduttori e sui giovanili.

Il ridotto numero di borre reperite ed il probabile errore di campionamento derivante dallo squilibrio tra numero di campioni reperiti e numero di cormorani effettivamente presenti potrà essere superato solo aumentando adeguatamente il numero di campioni; a questo scopo l'indagine è stata protratta nel 2008.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare vivamente la Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno ed in particolare il Personale della Riserva per la fattiva collaborazione al Progetto. Si ringrazia inoltre l'Agenzia Regionale per i Parchi del Lazio per l'appoggio logistico offerto nelle fasi di laboratorio dello studio. Un ulteriore ringraziamento va al Dottor Paolo Tito Colombari dello Stabilimento Ittiogenico di Roma per la collaborazione nell'allestimento della collezione osteologica.

Bibliografia di Riferimento

- Baccetti N., Brichetti P., 1992; Cormorano *Phalacrocorax carbo* (Linneo, 1758); In: Fauna d'Italia, XXIX (1992). Aves I. Ed. Calderini: 99-112
- Brichetti P. & Fracasso G., 2003. Ornitologia italiana. Vol.1 - Gaviidae-Falconidae. Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- Brunelli M., Calvario E., Corbi F., Roma S. & Sarrocco S., 2004 - Lo svernamento degli uccelli acquatici nel Lazio, 1993-2004. Alula XI (1-2): 61-85.
- Cramp S. & Simmons K.E.L., 1997. Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa. Oxford University Press, Oxford, pp. 1-722.
- Hagemeyer E.J.M. and M.J. Blair (eds), 1997. The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance. T & A D Poyser, London.
- Milanesi G., Pietromarchi A., Sarrocco S. & Consiglio C. 1999. La dieta invernale del Cormorano (*Phalacrocorax carbo sinensis*) nella Riserva Naturale Parziale dei laghi Lungo e Ripasottile (RI). Atti 10° Conv. Ital. di Ornitol., Caorle (settembre 1999), Avocetta: 18 (riassunto).

- Ross R.M., Johnson J.H., Adams C.M., 2005 - Use of fish-otolith-length regressions to infer size of Double-Crested Cormorant prey fish from recovered otoliths in Lake Ontario - 2005 Northeastern Naturalist 12(2) - pp.133-140
- Schmidt J.P., 1998 - Deterring Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* with wide spaced overhead wire grids at Common Carp *Cyprinus carpio* wintering ponds in the Bavarian Oberpfalz, 1995-1996 - WI- CRG Bull. 3/1998: 16-21.
- Seminara M., D'Orsi A., 2008 - Cambiamenti recenti nel popolamento ittico del sistema idrologico del Fibreno: evidenze di un mutamento in atto. - (in stampa)
- The National Forest and Nature Agency, Denmark & The National Reference Centre for Nature Management, The Netherlands, 2002 - - Fish species recognised in the food in Europe - after: Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Europe - a first step towards a European management plan (2. draft) http://web.tiscalinet.it/sv2001/WI%20-%20CRSG/gc_food.htm
- Zerunian S., 1988 - I pesci del Lago di Posta Fibreno: ecologia, faunistica, biologia e pesca - In: Comune di Posta Fibreno, Provincia di Frosinone, Regione Lazio: Redazione del regolamento di attuazione e progetti di massima per l'utilizzazione e lo sviluppo del territorio, comprese le indagini preventive e gli studi della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno - Parte I: Indagine di base.

EVOLUZIONE DELL'AVIFAUNA ACQUATICA SVERNANTE NELLA R.N.R. LAGO DI POSTA FIBRENO

S. SARROCCO *, F. CORBI *, A. LECCE †, F. PINOS ‡ & S. ROMA °

Introduzione

I censimenti invernali degli uccelli acquatici costituiscono una delle più continue e regolari forme di monitoraggio ornitologico in Italia. I dati raccolti nell'ambito del programma di ricerca sugli uccelli acquatici, *International Waterbirds Census (IWC)*, confluiscono in un unico archivio che copre il Paleartico Occidentale, gestito da *Wetlands International*, organismo tecnico con sede in Olanda (Delany and Scott, 2006).

Il progetto internazionale IWC mira a:

- stimare le dimensioni delle popolazioni delle varie specie di uccelli acquatici;
- descrivere le variazioni numeriche e distributive di queste popolazioni;
- stabilire l'importanza dei singoli siti di sosta, nel contesto generale dell'areale di svernamento.

L'attività in Italia è svolta e coordinata dall'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica.

Sono oggetto dei censimenti svolti annualmente sull'intero territorio italiano tutte le specie di uccelli acquatici ed alcuni rapaci legati alle zone umide: nel decennio 1991-2000 sono state censite in Italia le popolazioni appartenenti a 131 specie, costituite da specie autoctone, naturalizzate o sfuggite alla cattività. I rilevamenti in Italia interessano non meno di 615 sistemi di zone umide ed ogni anno vengono rilevate presenze complessive di molte centinaia di migliaia di individui, con un massimo di 1.270.000 individui nel gennaio 2000 (Baccetti *et al.*, 2002).

La distribuzione delle presenze e le variazioni numeriche osservate rappresentano un indice tra i più idonei ad informare circa lo stato di conservazione delle popolazioni di locali ed a determinare il valore delle singole zone umide come aree di sosta delle diverse specie. Sulla base dei dati raccolti a livello nazionale vengono predisposte delle liste per l'identificazione dei siti di importanza nazionale e internazionale.

Nel presente lavoro sono presentati e analizzati i dati raccolti nel Lago di Posta Fibreno nell'ambito del programma di ricerca sugli uccelli acquatici, IWC.

Nella Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno" vengono svolti conteggi regolari di metà inverno a partire dai primi anni '90, analogamente con le altre zone umide della regione. Nel presente contributo sono stati analizzati gli andamenti del popolamento svernante nell'arco di 15 anni (1994-2008).

Area di Studio e Metodi

Il Lago di Posta Fibreno è incluso nella Riserva Naturale Regionale "Lago di Posta Fibreno" istituita con LR n. 10 del 29 gennaio 1983. Nel 1995, in considerazione della presenza di numerosi taxa d'interesse, l'area protetta è stata designata come Zona di Protezione Speciale ai sensi della Direttiva "Uccelli" 79/409/CE. Le acque aperte del bacino lacustre hanno una dimensione di 25,7 ha ed il circostante canneto a *Phragmites australis* (cannuccia di palude) circostante occupa una superficie di circa 50 ha.

Il periodo preso in considerazione dall'analisi copre un arco temporale di 15 anni, dal 1994 a 2008. Il periodo del conteggio è fissato ogni anno, ma in ogni caso comprende sempre le due settimane centrali del mese di gennaio, in cui le popolazioni svernanti presentano una maggiore sedentarietà. Si tratta di conteggi diretti svolti attraverso l'ausilio di strumenti ottici, cannocchiali e binocoli, eseguiti da postazioni fisse, ripetuti negli anni.

* Agenzia Regionale per i Parchi (ARP), Via del Pescaccio 96 (sarrocco.arp@parchilazio.it) - 00166 Roma.

† Gruppo Pontino Ricerche Ornitologiche (GPRO), Via Ticino 12 - 04100 Latina (fercor@libero.it).

‡ Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno, Piazza Cesare Battisti, 14 - 03030 Posta Fibreno (FR).

° Gruppo Ornitologico Ciociaro (GOC), Via Rifugio - 30 03100 Ceccano (FR).

La lista delle specie interessate dal conteggio comprende gli uccelli acquatici, intesi come gruppo polifiletico di specie strettamente legate alle zone umide, appartenenti a numerose famiglie.

L'analisi per guild (termine inteso come gruppo di specie che in una determinata comunità sfrutta una risorsa trofica simile) ha preso in considerazione tre gruppi: 1) quello degli "ittiofagi" che include tutti i Podicipedidae, gli Ardeidae e *Phalacrocorax carbo* (cormorano), due famiglie e una specie per lo più legate, almeno in prima approssimazione, ad una dieta ittiofaga; 2) il gruppo degli Anatidae e *Gallinula chloropus* (gallinella d'acqua) che include tutte le cosiddette "anatre di superficie" appartenenti al genere *Anas* e un Rallidae, che si alimentano in acque basse di parti vegetali ed invertebrati; 3) il gruppo che racchiude le cosiddette "anatre di tuffatrici", appartenenti al genere *Aythya*, *Netta rufina* (fistione turco) e *Fulica atra* (folaga) che utilizzano come area di alimentazione le acque aperte.

La linea di tendenza, curvilinea, che accompagna gran parte dei grafici è stata riportata per migliorare l'interpretazione della serie di dati; dal momento che l'andamento delle serie temporali considerate presentavano dei valori marcatamente fluttuanti si è scelto di utilizzare una linea di tendenza polinomiale. Il valore di R^2 dà un'indicazione del grado di corrispondenza tra i valori stimati per la linea di tendenza ed i valori registrati (la linea di tendenza risulta più affidabile quanto più il valore di R^2 è uguale o prossimo ad 1).

Per la verifica statistica dell'andamento delle serie dei dati di alcune specie è stato utilizzato il coefficiente di correlazione di Spearman (r_s).

Il grafico della tendenza regionale di *Aythya nyroca* è stato realizzato con il software TRIM (*Trends and Indices for Monitoring data*; Pannekoek & van Strien, 2001).

Risultati

A livello regionale la zona umida di Posta Fibreno risulta una delle aree di svernamento di maggiore rilevanza ornitologica, collocandosi tra le prime 11 zone umide regionali quanto a numero di individui svernanti, così come risulta evidente nella figura 71. Complessivamente questi 11 siti ospitano in media oltre l'85% del popolamento svernante dell'intera regione.

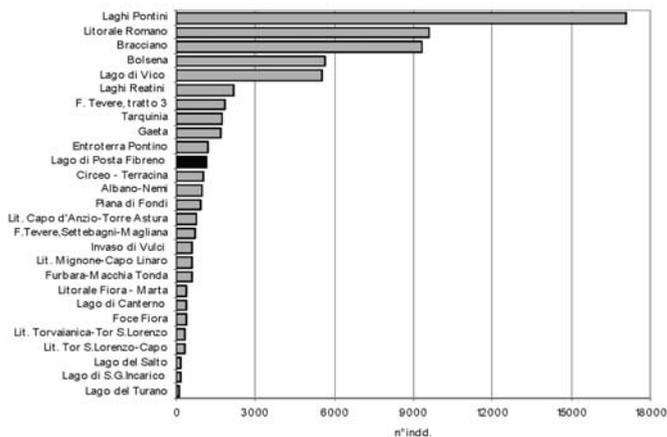


Figura 64 - Numero medio di individui svernanti nelle zone umide del Lazio nel periodo 1993-2004. Il Lago di Posta Fibreno è collocato all'undicesima posizione (istogramma in nero).

Nei 15 anni analizzati, 1994-2008, in media hanno svernato nell'area protetta 1.363,5 individui/anno ($ds \pm 334,7$; interv. 676-1902 ind.), appartenenti ad un massimo di 17 specie (media 11,7; $ds \pm 2,7$; interv. 7-17 specie). Gli andamenti mostrano una crescita costante degli individui fino al 2002 con un leggero decremento successivo, ed una lieve ripresa negli ultimi due anni (figura 72). L'incremento degli individui nel corso degli anni è comunque risultato statisticamente significativo ($r_s = 0,54$; $n=15$; $p < 0,05$).

Il numero di specie segue un andamento simile, con alcune marcate differenze, evidenti soprattutto nell'ultima decade del periodo, in cui si assiste ad un andamento opposto a quello delle abbondanze.

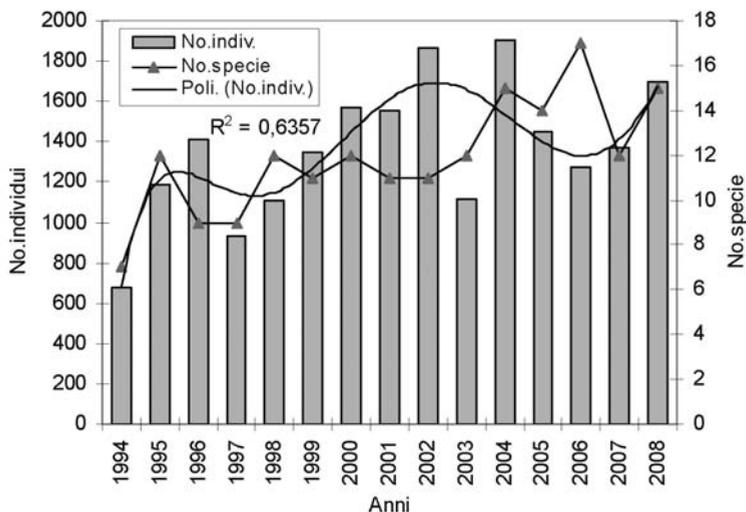


Figura 65 - Lago di Posta Fibreno: andamento del numero di individui (istogrammi) e di specie (linea spezzata) dell'avifauna acquatica svernante nel periodo 1994-2008. Nel grafico è riportata la linea di tendenza del numero di individui ed il relativo valore di R^2 .

Analisi delle Guild di Avifauna Acquatica

L'analisi delle tre guild di specie mostra degli andamenti alquanto articolati e diversificati. L'andamento del gruppo degli "ittiofagi" presenta una sostanziale stabilità, presentando tre massimi in corrispondenza della metà degli anni '90, dell'inizio della decade del 2000 e della sua seconda metà, seguiti da altrettanti minimi (Figura 73). L'insieme dei taxa ascritto alla guild è alquanto diversificato quanto a strategie di alimentazione, in quanto sono inclusi sia gli Ardeidae, che si alimentano in acque basse, sia i Podicepididae e *Phalacrocorax carbo* che frequentano le acque aperte e catturano le prede in immersione. Tuttavia sono questi ultimi che caratterizzano e influenzano la tendenza del gruppo in quanto *Tachybaptus ruficollis* e *Phalacrocorax carbo* compongono in media il 90,3% degli individui nel periodo analizzato. Opposte le tendenze per queste due specie: la prima presenta un consistente decremento degli effettivi nel corso del periodo di studio, già peraltro evidenziato negli anni '80 (cfr. Brunelli *et al.*, 1998), sebbene la tendenza non sia statisticamente significativa ($r_s = -0,35$; $p = 0,20$); mentre la seconda ha mostrato un incremento numerico medio, tra gli anni '90 e gli anni 2000, del 152% ($r_s = 0,82$; $n = 15$; $p < 0,01$).

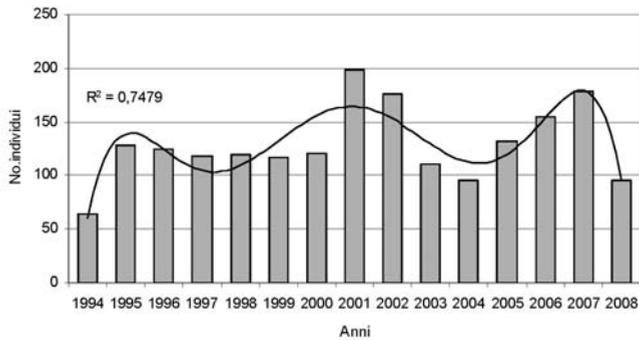


Figura 66 - Lago di Posta Fibreno: andamento del numero di individui della guild degli ittiofagi nel periodo 1994-2008. Nel grafico è riportata la linea di tendenza del numero di individui ed il relativo valore di R^2 .

Per quanto riguarda il gruppo degli Anatidae di superficie e di *Gallinula chloropus* è evidente un netto decremento nel tempo, molto marcato nella prima metà degli anni 2000 ($r_s = -0,73$; $n=15$; $p < 0,01$; figura 74).

Suddividendo il gruppo nei due taxa che lo costituiscono (Anatidae e Rallidae), risulta evidente che il decremento del guild complessivo è influenzato nettamente dalla diminuzione di *Gallinula chloropus*, che da sola costituisce oltre il 77,4% della guild (figura 75).

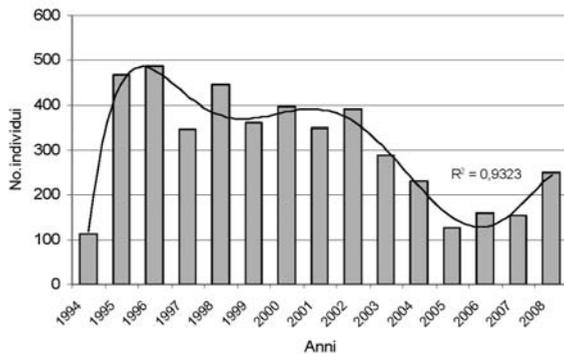


Figura 67 - Lago di Posta Fibreno: andamento del numero di individui della guild delle "anatre di superficie" del genere *Anas* e del Rallidae *Gallinula chloropus* nel periodo 1994-2008. Nel grafico è riportata la linea di tendenza del numero di individui ed il relativo valore di R^2 .

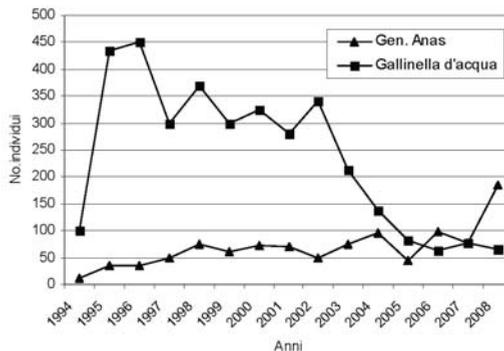


Figura 68 - Lago di Posta Fibreno: andamento del numero di individui delle "anatre di superficie" del genere *Anas* e di *Gallinula chloropus* nel periodo 1994-2008.

La guild degli Anatidae del genere *Aythya* (*A. ferina*, *A. fuligula* e *A. nyroca*), di *Netta rufina*, insieme a *Fulica atra* ha presentato un deciso incremento numerico nella seconda metà degli anni '90, seguito da un andamento più o meno costante negli anni successivi (Figura 76). Le specie che caratterizzano numericamente questo gruppo sono *Fulica atra* (82,0% delle presenze) e *A. ferina* (17,2%), rispettivamente un Rallidae ed un Anatidae generalisti quanto a regime alimentare (Campredon *et al.*, 1982). Entrambe le specie presentano un incremento numerico statisticamente significativo nel periodo considerato (*Fulica atra*: $r_s=0,58$; $n=15$; $p=0,02$; *Aythya ferina*: $r_s=0,80$; $n=15$; $p<0,01$).

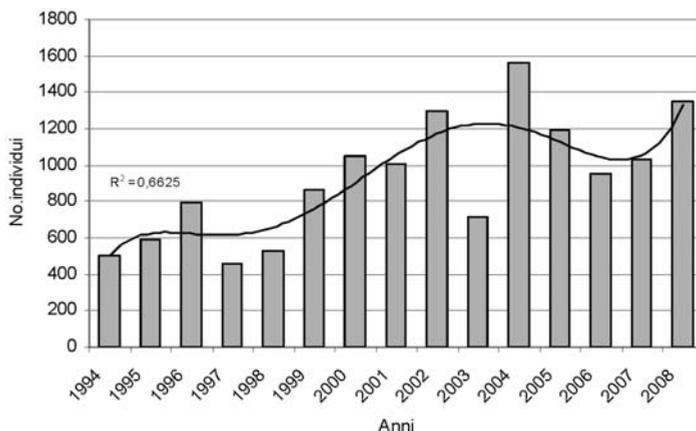


Figura 69 - Lago di Posta Fibreno: andamento del numero di individui della guild delle "anatre tuffatrici" del genere *Aythya*, di *Netta rufina* e di *Fulica atra* nel periodo 1994-2008. Nel grafico è riportata la linea di tendenza del numero di individui ed il relativo valore di R^2 .

Specie d'Interesse

Tra le specie di interesse ornitologico e conservazionistico (specie inserite nell'allegato 1 della Dir. 79/409/CE) rilevate nel corso dello svernamento sono da sottolineare le presenze di *Egretta garzetta* (garzetta), *Casmerodius albus* (airone bianco maggiore), *Aythya nyroca* (moretta tabaccata), *Circus cyaneus* (albanella reale) e *C. aeruginosus* (falco di palude). La fenologia locale di queste specie risulta tuttavia irregolare, con consistenze costituite da pochi individui. A questo quadro fenologico fa eccezione *Aythya nyroca* sia per la maggiore regolarità nello svernamento che per le maggiori consistenze numeriche. In tabella 15 sono riportate alcune statistiche descrittive delle specie d'interesse per il quindicennio esaminato.

Tabella 13 - Parametri statistici descrittivi delle specie d'interesse rilevate nell'ambito del programma IWC, nel periodo 1994-2008. E' riportata la media degli individui, la deviazione standard (ds), le consistenze minime (min) e massime (max) registrate.

Specie	media	ds	Min	max
<i>Egretta garzetta</i> (garzetta)	0,3	0,6	0	2
<i>Casmerodius albus</i> (airone bianco maggiore)	0,1	0,4	0	1
<i>Aythya nyroca</i> (moretta tabaccata)	3,4	4,6	0	15
<i>Circus cyaneus</i> (albanella reale)	0,1	0,3	0	1
<i>Circus aeruginosus</i> (falco di palude)	0,2	0,4	0	1

Va sottolineata, come sopra menzionato, la presenza regolare nel sito di *Aythya nyroca*, un Anatidae tra i meno numerosi a livello regionale, ma con una presenza invernale regolare (media regionale anni 93-04 = 14,4 ind.; $ds \pm 10,6$) e con un evidente incremento delle presenze nel

periodo 1993-2006 (Figura 77; Brunelli *et al.*, in stampa). I siti regionali dove la specie è segnalata sono circa una decina. La tendenza all'incremento della popolazione registrato a livello regionale coincide con l'andamento evidenziato a livello nazionale (+21,3% all'anno; Baccetti *et al.*, 2002).

La presenza della specie nel Lago di Posta Fibreno, da irregolare negli anni '90, è divenuta quasi del tutto regolare negli anni 2000, con un massimo di 15 individui svernanti registrato nel 2008 ed un netto aumento delle consistenze numeriche ($r_s=0,72$; $n=15$; $p<0,01$) (vedi figura 78 e tabella 15).

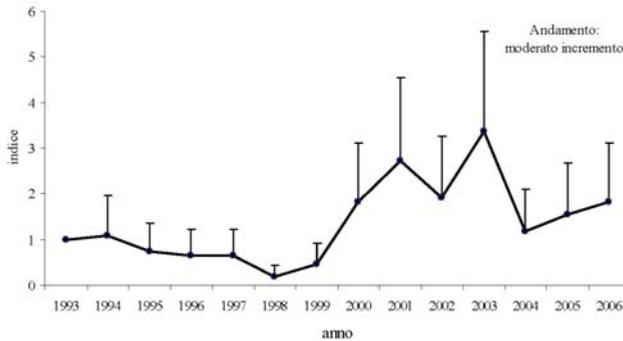


Figura 70 - Andamento delle presenze di *Aythya nyroca* nel Lazio nel periodo 1993-2006. E' riportato l'errore standard ed il grado del relativo andamento. L'indice sulle ordinate fornisce la dimensione della popolazione nei diversi anni rispetto all'anno di base 1993 che è posto uguale ad 1.

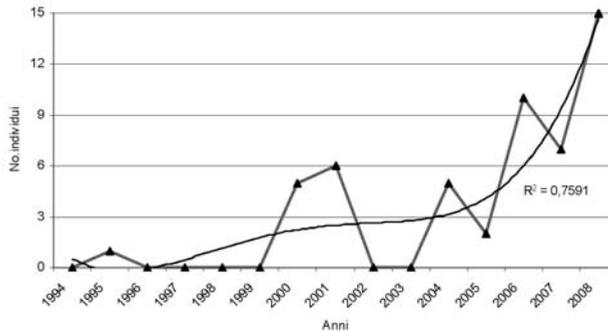


Figura 71 - Andamento delle presenze di *Aythya nyroca* nel Lago di Posta Fibreno nel periodo 1994-2008. Nel grafico è riportata la linea di tendenza del numero di individui e il valore di R^2 .

Confrontando i dati del Lazio con quelli del lago di Posta Fibreno si rileva che il sito in oggetto ha ospitato, nel periodo considerato, in media il 13,6% della popolazione svernante regionale di questo Anatidae, tale percentuale sale al 22,3% per il periodo 2000-2007 (Figura 79).

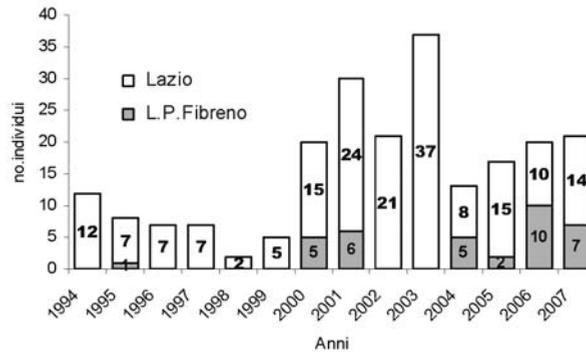


Figura 72 - Numero di individui di *Aythya nyroca* registrati nel Lazio e nel lago di Posta Fibreno negli anni 1994-2007.

Conclusioni e Discussione

I dati registrati nel corso dei censimenti di metà inverno nel Lago di Posta Fibreno mostrano un discreto incremento degli individui e delle specie fino al 2000, con il raggiungimento di una sostanziale stabilità negli anni successivi. Questa situazione non si delinea in modo analogo per tutte le diverse specie delle guild esaminate. Per la guild degli "ittiofagi" l'andamento è sostanzialmente stabile anche se *Phalacrocorax carbo* mostra un marcato incremento, mentre *Tachybaptus ruficollis* presenta un decremento costante nel tempo. Analoga la situazione per quel che riguarda lo stato del gruppo delle "anatre di superficie" del genere *Anas* e di *Gallinula chloropus*, in cui si evidenzia un lieve incremento per il primo taxon, mentre per la seconda specie si rileva un forte decremento degli effettivi, con una flessione netta negli ultimi anni, che allo stato attuale delle conoscenze risulta difficile da spiegare.

Cinque le specie svernanti di interesse registrate nel periodo esaminato, una in particolare, *Aythya nyroca*, ha mostrato una maggiore regolarità delle presenze ed un elevato incremento delle consistenze.

Sulla base delle informazioni raccolte ed analizzate sembrerebbe opportuno prevedere una serie di attività volte al miglioramento delle conoscenze dell'avifauna acquatica, insieme alla predisposizione di uno studio di fattibilità per lo svolgimento di interventi di conservazione.

Di seguito si riportano alcune proposte di indagine scaturite dai risultati conseguiti:

- proseguire le attività di monitoraggio nell'ambito del programma di ricerca sugli uccelli acquatici (IWC), al fine di verificare nel tempo lo stato di conservazione delle diverse specie;
- svolgere delle indagini di dettaglio sull'utilizzo della zona umida da parte delle diverse specie acquatiche svernanti, con l'obiettivo di individuare le aree di alimentazione, di sosta e di rifugio e di prevedere, se necessario, degli interventi di conservazione specifici;
- predisporre degli studi di autoecologia su *Tachybaptus ruficollis* e *Gallinula chloropus* finalizzati all'individuazione delle possibili cause legate alla riduzione delle presenze;
- definire le eventuali interazioni tra la fauna ittica e le specie ornitiche ittiofaghe, in considerazione della rilevanza del bacino per alcune specie ittiche (*Salmo fibreni* e *Salmo (trutta) macrostigma*);
- svolgere dei rilevamenti su *Aythya nyroca* nel sito, nel corso delle migrazioni e della stagione riproduttiva, allo scopo di definire nel dettaglio la fenologia locale della specie;
- predisporre uno studio di fattibilità finalizzato alla realizzazione nel sito di habitat palustri idonei all'alimentazione ed alla sosta di Anatidae del genere *Anas*.

Ringraziamenti

Ringraziamo sentitamente Dario Capizzi per la revisione critica del testo e per gli utili consigli che ci ha fornito nella fase di stesura del lavoro.

Bibliografia di Riferimento

- Baccetti N., Dall'Antonia P., Magagnoli P., Melega L., Serra L., Soldatini C. & Zenatello M., 2002. Risultati dei censimenti degli uccelli acquatici svernanti in Italia: distribuzione, stima e trend delle popolazioni nel 1991-2000. *Biol. Cons. Fauna*, 111: 1-240.
- Brunelli M., Calvario E., Cascianelli D., Corbi F & Sarrocco S., 1998. Lo svernamento degli uccelli acquatici nel Lazio, 1993-1998. *Alula*, V: 3-124.
- Brunelli M., Corbi F., Sarrocco S. e A. Sorace, in stampa. Andamento di alcune specie di uccelli acquatici svernanti nel Lazio (1993-2006), *Atti CIO XIV, Trieste*, ottobre 2007.
- Campredon S., Campredon P., Pirot JY et A. Tamisier, 1982. Manuel d'analyse des contenus stomacaux de canards & de foulques. Centre D'Ecologie de Camargue, Office National de la Chasse Schiltgheim, pp. 87.
- Delany S. and D. Scott, 2006. *Waterbird Population Estimates - Fourth Edition*. Wetlands International, pp. 22.
- Pannekoek J. & A. van Strien, 2001. TRIM 3 Manual (Trends & Indices for Monitoring data). Report paper no.0102, Centraal Bureau voor de Statistiek - Divisie Reserch en Ontwikkeling, Voorburg, pp. 57.

CAMBIAMENTI RECENTI NEL POPOLAMENTO ITTICO DEL SISTEMA IDROLOGICO DEL FIBRENO: EVIDENZE DI UN MUTAMENTO IN ATTO

M. SEMINARA* & A. D'ORSI

Introduzione

Il presente lavoro è stato condotto nell'intento di indagare, a distanza di oltre 20 anni dall'ultima ricerca ittologica conoscitiva sul Lago di Posta Fibreno (Zerunian, 1988) e dalla istituzione della Riserva, i cambiamenti cui sono andate incontro le comunità ittiche nell'intero sistema idrologico del Fiume Fibreno, che annovera alcuni corsi d'acqua (Rio Dova, Rio Carpello, Rio Fontechiari) ed il lago stesso, quest'ultimo ricompreso, insieme a tratti specifici dei tributari ed emissari, nel territorio della Riserva Naturale Regionale Lago di Posta Fibreno. La vocazione salmonicola di queste acque di risorgiva dalle temperature fredde e pressoché costanti caratterizzate, in special modo nel lago, da grandi biomasse macrofite, favoriscono la presenza di specie molto pregiate sotto diversi punti di vista; tali specie sono inoltre soggette ad una particolare attenzione da parte della normativa europea (ed italiana) che le comprende tra quelle la cui presenza determina la necessità di tutelare e conservare gli habitat che le ospitano (Direttiva 1992/43/CEE).

Tra le motivazioni remote che ci hanno indotto ad intraprendere lo studio della fauna ittica odierna del sistema del Fibreno possiamo quindi annoverare la spinta conoscitiva, ma anche alcune constatazioni: su di una specie qui presente ed inclusa in Allegato 2 come specie prioritaria, *Salmo (trutta) macrostigma* (Duméril, 1858), le conoscenze biologiche ed ecologiche sono ancora ad un livello elementare; su di un'altra specie dal particolare status popolazionale, *Salmo fibreni* (Zerunian & Gandolfi 1990), endemica di questo bacino e sorprendentemente neanche nominata in Direttiva Habitat, le conoscenze sono ancor più carenti e lacunose; nessuna iniziativa atta ad acquisire le conoscenze fenologiche ed ecologiche necessarie a progettare interventi di gestione, tutela e all'occorrenza incremento di queste popolazioni è stata a tutt'oggi intrapresa, con grave rischio per un interessante quanto prezioso patrimonio ambientale.

Vi sono poi motivazioni prossime che rendono non meno urgente il bisogno di conoscenza su ciò che in questi anni sta accadendo alla fauna ittica nell'area considerata: una evidente alterazione ha portato in pochi anni il fondo del lago, precedentemente ricoperto da rigogliose macrofite acquatiche fino alle massime profondità con una percentuale di copertura intorno all'80% (Zerunian 1988), ad una drastica riduzione di questa copertura, oggi ravvisabile in un 20-30% (D'Orsi, com. pers.), con ampia diffusione di una coltre di alghe filamentose sul substrato libero (Fig. 80); nei corsi d'acqua del sistema sono ravvisabili forti modificazioni delle sponde e della fascia perifluviale, in particolare per ciò che attiene la vegetazione riparia e la copertura arborea primaria delle rive (Fig. 81); è di recente comparsa nel lago una specie ornitica ittiofaga svernante (cormorano), prima sconosciuta in queste acque (Brunelli *et al.*, 2004; Corsetti & D'Orsi, 2007), in piena coincidenza con il periodo riproduttivo dei salmonidi; è tuttora da quantificare la crescente pressione di pesca (anche illegale) che viene esercitata sull'intero sistema, e manca di uniformità la regolamentazione alieutica.

Considerando tali premesse, abbiamo svolto un'indagine mirata a fornire un quadro aggiornato della situazione odierna dei popolamenti ittici di questo sistema idrologico, una prima descrizione delle modificazioni che li hanno interessati durante il ventennio passato, e alcune osservazioni di carattere ecologico che possono fornire spunto per le future auspicabili ricerche alcune delle quali, di carattere quantitativo, sono già in corso.

* Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dip. Di Biologia Animale - email: marco.seminara@uniroma1.it



Figura 73 - Copertura di alghe filamentose in prossimità di una polla sorgiva sul fondo del lago, una volta colonizzato da macrofite sommerse (Foto R. Farina).

Area di Studio

Le caratteristiche generali dell'area in oggetto sono ampiamente trattate in altri contributi di questo stesso volume. Vale la pena sottolineare alcune caratteristiche idrologiche del sistema del Fibreno, poiché sono queste (o le loro modificazioni) a determinare prioritariamente la distribuzione delle specie ittiche e le loro possibilità di affermazione o declino.

Gli aspetti di queste acque che meritano di essere richiamati riguardano l'idrochimica e l'idrologia (Bono & Agrillo, 2004): in particolare, le acque sorgenti e superficiali della zona sono fortemente carbonatiche, con valori di pH leggermente superiori alla neutralità ed elevata conducibilità elettrica. I corsi d'acqua considerati sono poi di natura perenne, con portate influenzate nel corso dell'anno dal regime pluviometrico, ma con temperature rese piuttosto costanti dal "passaggio" sotterraneo, mediamente comprese tra 9,7 e 11,4 °C per pozzi, sorgenti circumlacuali, Rio Carpello e Fiume Fibreno, con l'eccezione del Rio Fontechiari (media 15,2 °C) e della sorgente Acque vive di Carpello (media 14,9 °C). Il secondo aspetto idrologico rilevante è la natura lenticola-lotica del Lago di Posta Fibreno, per il quale con un banale calcolo a partire dai dati sopra citati si può ottenere un tempo teorico di ricambio idrologico (T_w) pari a 1,17 giorni, infinitamente più rapido di quello riscontrabile in bacini lacustri naturali. Questa rapida circolazione insieme alla morfologia del bacino (simile ad una grande ansa fluviale a lento corso) con una predominanza dei fenomeni di deposizione all'interno della curva, condiziona lo svilupparsi di particolari habitat al suo interno e ne aumenta l'eterogeneità ambientale: vasti canneti sulla sponda meridionale-occidentale, con canali più o meno pervii che vi si addentrano dipartendosi dal lago, sponde orientali più erose, con materiale clastico nel litorale (arricchito nel tempo da apporti estranei alla geologia locale).

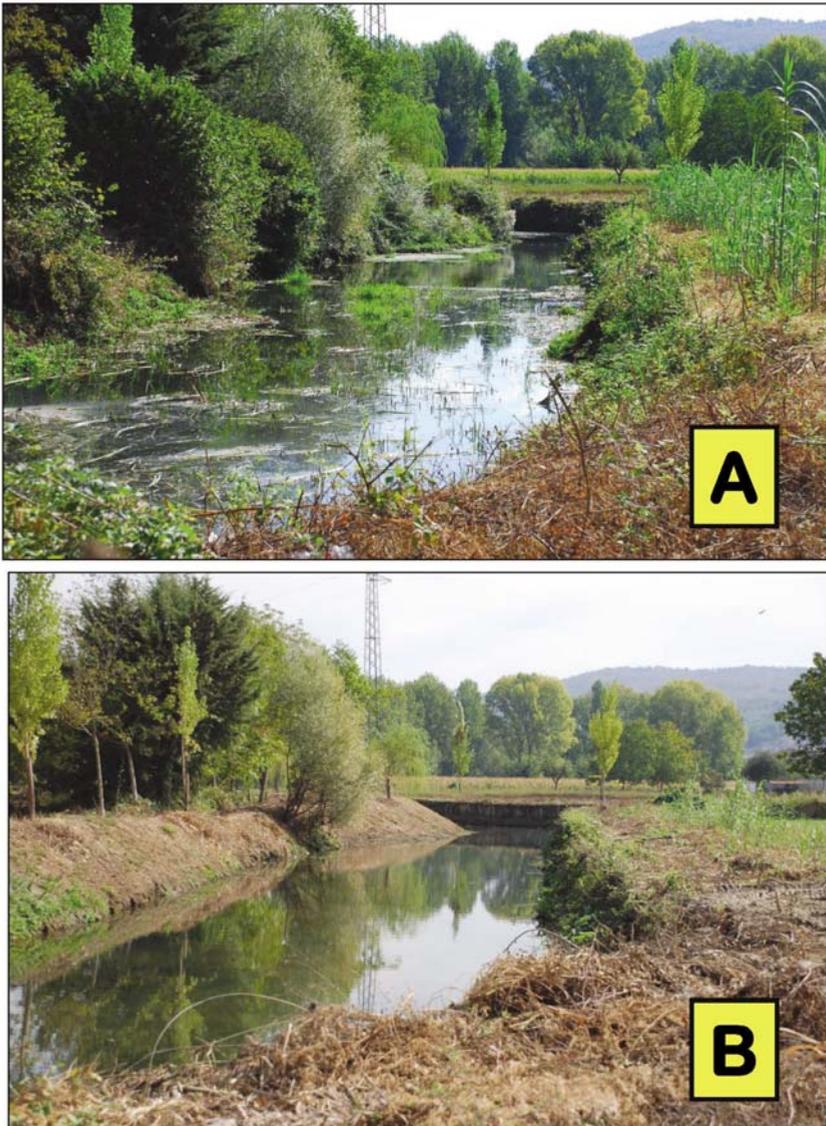


Figura 74 - Fiume Fibreno a monte di Carnello, prima (A) e dopo (B) una energica "ripulitura" (Foto A. D'Orsi).

Materiali e Metodi

Osservazioni e campionamenti sui corsi d'acqua Rio Dova, Rio Carpello, Rio Fontechiari, Fiume Fibreno, e sul Lago di Posta Fibreno, sono stati condotti a partire dal settembre 2004 fino al dicembre 2007, con metodologie differenziate in relazione all'habitat da campionare (Fig. 82). Per tutti i corsi d'acqua è stato compilato durante i sopralluoghi un foglio di campo per descrivere l'alveo fluviale, lo stato e la copertura della vegetazione sommersa, riparia e perfluviale, la presenza lungo l'asta di sbarramenti, emungimenti, rettifiche delle sponde e degli argini, scarichi, prossimità degli insediamenti umani residenziali e lavorativi, ecc.

Le catture nei quattro corsi d'acqua (da 1 a 4 campagne per anno) sono state realizzate per mezzo di elettrostorditore seguendo il *removal method* (Zippin, 1956; Peterson *et al.*, 2004) su un tratto prestabilito del torrente (solitamente 100 metri), seguito dalla ripetizione dei prelievi (2 o 3 passaggi successivi), allo scopo di consentire una valutazione quantitativa, sia pure

approssimativa, del popolamento ittico presente. Il metodo delle catture successive si basa sul principio per cui, per un determinato sforzo di cattura, il numero di individui catturati è proporzionale al numero di individui presenti nell'intera popolazione.

Gli esemplari sono stati trattenuti in appositi contenitori per il tempo strettamente necessario, e prontamente rilasciati nei siti di provenienza.

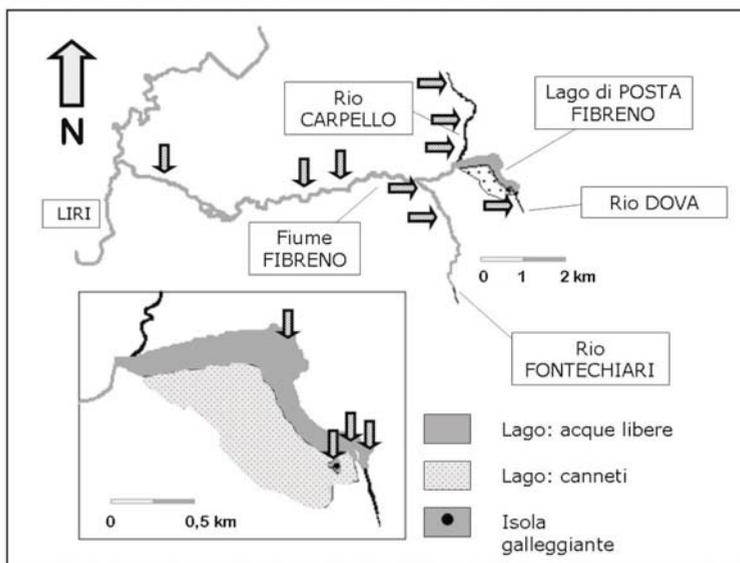


Figura 75 - Mappa schematica dell'area di studio con le stazioni (frecce) di cattura e di rilevamento dei parametri morfologici e funzionali dei corsi d'acqua e del lago.

Le campagne annuali di cattura dei riproduttori di *Salmo (trutta) macrostigma*, condotte allo scopo di ripopolare il lago con questa specie, hanno fornito ulteriori informazioni sulla fauna ittica.

La difficoltà di operare con l'elettrostorditore nel litorale lacustre, in acque libere o nei canneti, ha suggerito l'utilizzo del *visual census*, una tecnica che oggi comincia ad essere diffusa anche alle acque interne, e che si avvale dell'immersione con (*scuba diving*) o senza (*snorkeling*) l'ausilio dell'autorespiratore ad aria. Questa tecnica garantisce un limitatissimo disturbo agli esemplari delle diverse specie ittiche, dimostrata dalla scarsa o nulla tendenza alla fuga (v. Bresse *et al.*, 2001), e assai inferiore allo stress causato dalla cattura e temporanea cattività legato alla pesca elettrica. Le acque particolarmente trasparenti del lago hanno indubbiamente favorito questa applicazione, che è stata condotta mensilmente dal settembre 2006 al luglio 2007 con uscite sia diurne sia notturne, in quest'ultimo caso con l'ausilio di una fonte di illuminazione artificiale.

Ulteriori informazioni sulla presenza di specie ittiche nelle aree più vegetate o nei canali provengono da ripetuti controlli sugli attrezzi dei pescatori locali, in particolare di *bertavelli* e *martavellini*, reti a inganno di differenti dimensioni e apertura delle maglie (i primi hanno un diametro massimo di ingresso di 80 cm., una lunghezza di 180 cm., una maglia di 15 mm. di apertura; i secondi hanno un diametro di ingresso di 40 cm, una lunghezza di 60 cm., una maglia di 7 mm.), le prime comunemente impiegate per la cattura di ciprinidi, anguille e trote, le seconde per la cattura di spinarelli.

In alcune stazioni situate nei corsi d'acqua e nel litorale lacustre, sono state ricercate, setacciando i sedimenti idonei, le larve della lampreda di ruscello, storicamente presente nel torrente Carpello.

Risultati

L'analisi dei fogli di campo compilati nel corso dello studio ha evidenziato importanti cambiamenti riguardanti la morfologia dei corsi d'acqua:

- forte riduzione della vegetazione primaria nella piana di esondazione di tutti i corsi d'acqua;
- sostituzione della vegetazione naturale con aree coltivate;
- estensione del suolo coltivato fino alle rive dei torrenti;
- forte riduzione della copertura vegetale riparia;
- sostituzione delle specie riparie con specie secondarie, coltivate o domestiche;
- strade sterrate che corrono prossime alle sponde, o alla sommità degli argini.

In particolare, significative modificazioni sono riscontrabili diffusamente nel basso corso del Carpello (interruzioni frequenti ed estrema riduzione della fascia perifluviale) e del Fibreno (alterazioni della copertura arborea e perifluviale, con intensificazione della colonizzazione in alveo di macrofite acquatiche, Fig 83): sul basso corso del Rio Fontechiari un notevole tratto d'alveo e di sponde è stato poi completamente risagomato (Fig. 84).



Figura 76- Fiume Fibreno a valle di Carnello. Sponda privata della vegetazione primaria, artificializzata e mancante di fascia di rispetto tra alveo e abitazioni o strade (Foto A. D'Orsi).



Figura 77 - Rio Fontechiari. Totale stravolgimento, rettifica e artificializzazione dell'alveo fluviale (Foto A. D'Orsi).

Allo stesso modo, anche l'ambiente lacustre ha mostrato modificazioni importanti rispetto al passato:

- incremento della captazione d'acqua dalle sorgenti e dal lago;
- saltuari scarichi domestici non autorizzati;
- incremento dell'impatto urbanistico (aree agricole passate a destinazione residenziale);
- cambiamenti drastici nella gestione tradizionale della vegetazione acquatica;
- colmamento dei canali che attraversano i canneti;
- danni alle sponde, alla vegetazione riparia e sommersa del lago (e dei corsi d'acqua) da parte della nutria (*Myocastor coypus*), specie recentemente insediata.

Tabella 14 - Lista delle specie ittiche e dei Ciclostomi raccolti/osservati nel sistema del Fibreno nel periodo 2004-2007, con la presenza nei diversi habitat indagati. ⊕ = Presenza del taxon nel periodo di studio; * = Solo adulti, raccolti con elettrostorettore ; # = Alta probabilità di presenza, sono necessarie ulteriori indagini.

	Specie	Dova	Lago di Posta Fibreno		Carpello	Fibreno	Fontechiari
			Acque libere	Canali e litorale			
1	<i>Lampetra planeri</i> Bloch, 1784				⊕ *		
2	<i>Anguilla anguilla</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
3	<i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)				⊕	⊕	⊕
4	<i>Leuciscus cephalus</i> (Linn., 1758)		#	⊕	⊕	⊕	⊕
5	<i>Leuciscus souffia</i> (Risso, 1826)				⊕	⊕	⊕
6	<i>Tinca tinca</i> (Linn., 1758)			⊕			
7	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linn., 1758)			⊕	⊕	⊕	⊕
8	<i>Gobio gobio</i> (Linn., 1758)					⊕	
9	<i>Barbus plebejus</i> (Bonaparte, 1839)				#	⊕	⊕
10	<i>Carassius auratus</i> (Linn., 1758)			⊕		⊕	⊕
11	<i>Cyprinus carpio</i> (Linn., 1758)			⊕		⊕	
12	<i>Salmo (trutta) trutta</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕		⊕	#	
13	<i>Salmo (trutta) macrostigma</i> (Duméril, 1858)	⊕	⊕		⊕	⊕	⊕
14	<i>Salmo fibreni</i> (Zerunian & Gandolfi, 1990)	⊕	⊕				
15	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)					⊕	
16	<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)		⊕	⊕			
17	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Numero totale di specie		5	6	8	9	12	9
				11			

Dall'analisi dei dati raccolti nel periodo di osservazione e campionamento, risultano identificate complessivamente 17 specie ittiche (inclusi i Ciclostomi), distribuite nei corsi d'acqua e nei differenti habitat lacustri secondo quanto riportato in Tabella 16.

Il Fiume Fibreno ospita il più elevato numero di taxa (n=12) rispetto agli altri corsi d'acqua (da 5 a 9 taxa rispettivamente per Dova e Carpello), grazie probabilmente alle maggiori dimensioni, alla maggiore frammentazione ambientale e al collegamento diretto con il

sistema idrografico del Liri-Garigliano. Data la presenza di *Salmo (trutta) trutta* nel Carpello, consideriamo altamente probabile la presenza di questa specie anche nel Fibreno, poiché è in quest'ultimo che risultano effettuati gli ultimi lanci (negli anni '80) di trote di questa specie, nonché della trota iridea *Oncorhynchus mykiss*. Importante la attuale presenza nel Carpello del Petromizontide *Lampetra planeri* (Fig. 85), la cui effettiva consistenza andrebbe però attentamente valutata, poiché in nessuno degli habitat campionati sono state reperite larve.



Figura 78 - Larva di *Lampetra planeri*, rinvenuta nel Rio Carpello in anni precedenti al presente studio (Foto A. D'Orsi)..

La notevole differenza nel numero di taxa presenti nel Dova rispetto agli altri corsi d'acqua è dovuta all'assenza di ciprinidi che, diversamente, popolano gli altri torrenti. E' probabile che le basse temperature e lo spiccato carattere di *rythron* di questo Rio abbiano finora impedito una colonizzazione da parte di specie più termofile rispetto ai salmonidi.

L'habitat lacustre è risultato ospitare nel complesso 11 taxa, distribuiti però differenzialmente nelle zone vegetate della fascia costiera e nei canali del canneto (n=8), rispetto alle acque libere e più profonde (n=6). Le specie più osservate e catturate in questo ambiente sono risultate essere lo spinarello e la trota macrostigma, mentre appaiono confinate ad alcune aree limitate la carpa, la gambusia e il carpione (Fig. 86), quest'ultimo osservato con sorprendente regolarità nei medesimi siti. In tutti gli ambienti indagati, fluviali e lacustri,



Figura 79 - Carpione del Fibreno, *Salmo fibreni* (Foto A. D'Orsi).

le sole due specie risultate ubiquitarie sono l'anguilla e lo spinarello. Mentre la prima non costituisce una sorpresa, essendo normalmente diffusa in tutti gli ambienti d'acqua dolce in connessione idrologica tra di loro, il secondo, come evidenziato dal *visual census* diurno e notturno, sembra essere ancora presente nel lago con numeri consistenti, che richiederebbero però conferma con metodi di analisi quantitativa. In ordine di diffusione, la trota macrostigma segue le due specie precedenti, risultando assente solo dagli habitat lacustri del canneto e dei canali, inidonei per questa specie (Fig. 87). Spinarello e trota macrostigma, oggetto delle tradizionali attività di pesca locali, vengono comunque considerati dai pescatori in forte contrazione numerica negli ultimi due decenni. Complessivamente, alle specie in comune tra corsi d'acqua e ambiente lacustre possiamo aggiungere la scardola ed il cavedano, la cui diffusione appare in incremento (Fig. 88 e 89).



Figura 80 - Trota macrostigma, *Salmo (trutta) macrostigma* (Foto A. D'Orsi).

Comparando i risultati di questo studio con le osservazioni precedenti (Chiappi, 1924; Carbone, 1965; Bruno, 1985; Zerunian, 1988), abbiamo evidenziato un incremento nel numero complessivo di taxa presenti nel sistema del Fibreno (Tabella 17), risultando attualmente presenti 17 specie (inclusa la lampreda di ruscello) rispetto alle 11 riconosciute fino ad oggi. Questo incremento è dovuto alla comparsa di due specie di ciprinidi reofili (la rovello *Rutilus rubilio* e il cavedano *L. cephalus*), una specie fitofila litorale (la scardola, *Scardinius erythrophthalmus*), una specie bentonica di medio corso fluviale (il gobione, *Gobio gobio*, specie rara in Italia centro-meridionale, transfaunata dal distretto ittologico padano-veneto) ed una specie termofila esotica (il pecilide *Gambusia holbrooki*). A questi si aggiunge la presenza sporadica della trota iridea, risultato di occasionali ripopolamenti a sostegno della pesca sportiva, ma di scarso interesse faunistico.

L'intero sistema idrologico indagato è risultato ospitare ben 5 specie di interesse comunitario (tra le quali è inclusa la lampreda di ruscello): *Lampetra planeri*, *Barbus plebejus*, *Leuciscus souffia*, *Rutilus rubilio*, *Salmo (trutta) macrostigma*. L'altra importante emergenza faunistica di questo ambiente, presente solo nel lago e nel torrente Dova, è il carpione del Fibreno (*Salmo fibreni*), endemita di questo unico sito, dalla biologia ed ecologia tuttora pressoché sconosciute, che come abbiamo già evidenziato sorprendentemente non è incluso né tra le specie di interesse comunitario né nella Lista Rossa IUCN delle specie a rischio di estinzione, come sarebbe invece altamente raccomandabile.

Tabella 15 - Comparazione tra l'elenco delle specie ittiche e dei ciclostomi segnalati negli studi precedenti (fino al 1988) e quelli segnalati nel presente lavoro. ⊕ = Presenza del taxon nel periodo di studio; * = Specie compresa in Direttiva Habitat.

	Specie	Fino al 1988	2005-07
1	<i>Lampetra planeri</i> * (Bloch, 1784)	⊕	⊕
2	<i>Anguilla anguilla</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕
3	<i>Rutilus rubilio</i> * (Bonaparte, 1837)		⊕
4	<i>Leuciscus cephalus</i> (Linn., 1758)		⊕
5	<i>Leuciscus souffia</i> * (Risso, 1826)	⊕	⊕
6	<i>Tinca tinca</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕
7	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linn., 1758)		⊕
8	<i>Gobio gobio</i> (Linn., 1758)		⊕
9	<i>Barbus plebejus</i> * (Bonaparte, 1839)	⊕	⊕
10	<i>Carassius auratus</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕
11	<i>Cyprinus carpio</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕
12	<i>Salmo (trutta) trutta</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕
13	<i>Salmo (trutta) macrostigma</i> * (Duméril, 1858)	⊕	⊕
14	<i>Salmo fibreni</i> (Zerunian & Gandolfi, 1990)	⊕	⊕
15	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)		⊕
16	<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)		⊕
17	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linn., 1758)	⊕	⊕
Numero totale di specie		11	17

Discussione e Conclusioni

Dai risultati sopra descritti emerge la presenza nel sistema del Fibreno di una elevata quantità di taxa di interesse comunitario (5) che rispetto ai 17 totali e alle limitate dimensioni dell'area costituiscono una condizione abbastanza peculiare, sia per un sistema idrografico dell'Italia centrale, sia per altri distretti ittologici. L'incremento del numero di taxa complessivamente presenti nel sistema (includente tra l'altro un nuovo taxon in Allegato II della Direttiva Habitat, la rovello *Rutilus rubilio*) suggerisce tuttavia che l'area del Fibreno abbia efficacemente resistito alla generalizzata "invasione" da parte di numerose specie alloctone e/o transfaunate cui sono stati sottoposti negli ultimi anni la quasi totalità dei bacini idrografici italiani (Zerunian, 2002; Gelosi & Colombari, 2004). Ciò potrebbe essere spiegato con il forte carattere salmonicolo di questi corsi d'acqua (portate rilevanti e temperature pressoché costanti e fredde tutto l'anno), ma anche con il basso livello trofico del lago, garantito nonostante le alte concentrazioni di fosforo reattivo nelle acque (Mastrantuono & Di Vito, 2007) dal rapidissimo ricambio idrologico (1,17 giorni). Nonostante queste considerazioni positive dobbiamo però sottolineare il fatto che l'incremento osservato nel numero di specie è soprattutto a carico di taxa della famiglia dei Ciprinidi, più due specie esotiche una delle quali decisamente termofila (la gambusia), l'altra introdotta artificialmente (trota iridea). Questo indica un processo di graduale innalzamento delle temperature verificatosi negli ultimi anni per lo meno a carico di alcuni tratti fluviali e di specifiche zone del lago. E' probabile che tali modificazioni derivino, più che da un generalizzato (quanto difficilmente attestabile) cambiamento climatico, dalle notevoli alterazioni delle coperture vegetazionali riparie e perfluviali, che producendo una aumentata esposizione alla radiazione solare dei corrispondenti

tratti d'alveo danno luogo ad un riscaldamento più intenso delle acque e ad una massiva colonizzazione da parte di macrofite acquatiche che spesso invadono l'intera sezione dell'asta fluviale (Fig. 90). Ciò crea una serie di habitat idonei appunto a specie più termofile (quali i ciprinidi) che estendono così la loro diffusione nel sistema d'acque, parallelamente riducendo la nicchia ecologica dei salmonidi.



Figura 81 - Scardola, *Scardinius erythrophthalmus* (Foto A. D'Orsi).



Figura 82 - Cavedani (*Leuciscus cephalus*) in riproduzione. L'immagine è stata scattata nel bacino che ospita l'isola galleggiante; si noti il vistoso esoftalmo di molti degli esemplari ritratti, dovuto alla presenza di elevate concentrazioni di CO_2 nelle acque sorgive (foto G. De Persiis).



Figura 83 - Fiume Fibreno a valle di Carnello. Il taglio delle essenze arboree riparie provoca la massiva invasione macrofitica dell'alveo fluviale (Foto A. D'Orsi).

La "ciprinidizzazione" del sistema del Fibreno descritta sopra non è probabilmente l'unico sintomo di un cambiamento in atto. Le forme larvali della lampreda di ruscello (gli ammoceti), ricercate in alcuni siti idonei, non sono state tuttavia reperite nelle operazioni di setacciamento, e questo sta ad indicare una probabile rarefazione della specie nel suo habitat. L'allarme lanciato dai pescatori locali sulla contrazione numerica della principale specie- bersaglio delle loro attività (la trota macrostigma) ci induce a pensare che, oltre al consistente prelievo alieutico (tuttora da quantificare), anche la crescente competizione con le specie neofite abitanti del lago e dei tributari possano contribuire ad incidere sui numeri e sul successo riproduttivo di questa importantissima specie. Per quanto riguarda poi il carpione del Fibreno, le generiche lamentele dei pescatori sono confermate dai dati raccolti mediante il *visual census*, testimonianza di una incalzante rarefazione anche di quest'ultima specie sia come frequenza di incontri subacquei, sia come riduzione delle presenze sui siti di frega (D'Orsi & Seminara, in preparazione). In ultimo, un fattore che potrebbe certamente influenzare le possibilità di sopravvivenza di queste due caratteristiche specie di salmonidi è la comparsa recente di una colonia di cormorani svernante sul lago. Ferma restando la necessità di verificare con apposite indagini l'eventuale impatto di questo nuovo predatore sulle popolazioni salmonicole del lago e del fiume Fibreno (Fig 91), è fortemente auspicabile l'adozione di misure prudenziali mirate a tutelare appunto i momenti e gli spazi più delicati del loro ciclo vitale, tenendo anche in conto le più recenti osservazioni che riportano sia la già nota attitudine del cormorano a cacciare in gruppo (Fig 92), sia la constatazione (assai più sorprendente) di una attività di caccia notturna (D'Orsi, com. pers.). E' intuibile il potenziale impatto di queste due ultime caratteristiche se si considera che in particolare il carpione ha manifestato nel corso del presente studio una notevole tendenza alla sedentarietà ed una spiccata fedeltà a ristrette aree riproduttive situate nel lago a bassissime profondità nella fascia litorale, a limitate zone di fondo con presenza di ciottoli o pietrame, a sorgenti sublacuali puntiformi. Tali caratteristiche fenologiche, riducendone la distribuzione spaziale, accrescono certamente il rischio cui la specie è esposta e di conseguenza la necessità urgente di specifici interventi di tutela che potrebbero essere

rappresentati dall'incremento artificiale dei possibili rifugi (Fig. 93), dal controllo severo delle attività di pesca e, naturalmente, da iniziative atte ad allontanare decisamente il rischio di predazione.



Figura 84 - Trota macrostigma con vistosa ferita da "beccata" di cormorano (Foto A. D'Orsi).

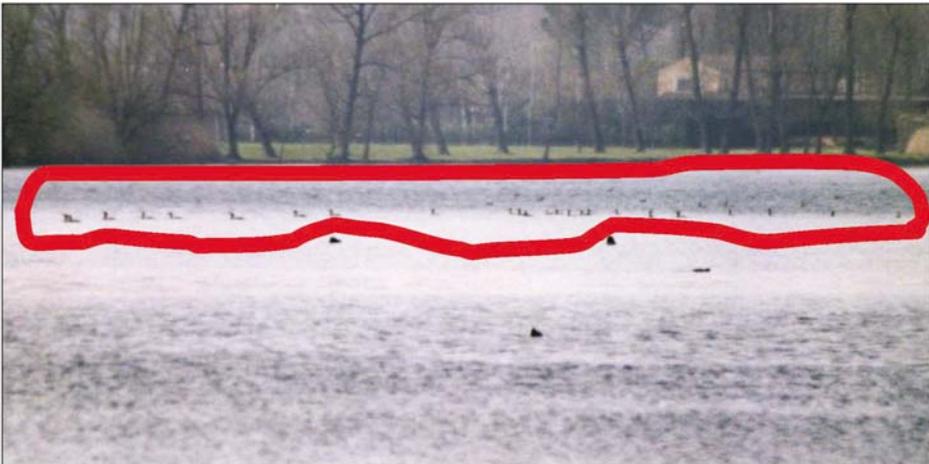


Figura 85 - Cormorani in caccia di gruppo: la linea rossa evidenzia una "linea" di caccia (Foto A. D'Orsi).



Figura 86 - Carpine del Fibreno in un rifugio semi-artificiale (località Incubatoio, foto A. D'Orsi).

In conclusione le nostre osservazioni sottolineano l'esistenza di un processo di cambiamento in atto nel sistema idrologico del Fibreno, che ha già causato modificazioni qualitative nelle comunità ittiche di questo distretto, con un incremento delle specie ciprinicole più reofile ma probabilmente anche con una contrazione quantitativa del contingente salmonicolo. E' dunque necessario intraprendere al più presto studi relativi alla biologia riproduttiva, alle preferenze trofiche e al rispettivo ruolo delle specie cardine nella rete trofica di questo ecosistema, per poter approfondire le nostre conoscenze su questi preziosi habitat e sviluppare strategie di gestione rigorose e sostenibili.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione a questo studio: l'Amministrazione Provinciale di Frosinone, Assessorato Agricoltura Caccia e Pesca, l'Ufficio Pesca, la Riserva Naturale di Posta Fibreno, i Guardiaparco della Riserva Naturale di Posta Fibreno. Per le indagini sulle aree esterne alla Riserva Naturale, la F.I.P.S.A.S. Sezione di Frosinone, l'Associazione Macrostigma del Fibreno, il gruppo sommozzatori: Sig.ri Antonio Lecce, Taglione Roberto, Fabio Fiorletta, Raffaele Farina.

Bibliografia

- Bono P. & E. Agrillo, 2004. Carta idrologica e idrogeologica del territorio della RNR "Lago di Posta Fibreno". Comune di Posta Fibreno (FR).
- Bresse, S., P. Laffaille, S. Gabas & S. Lek. 2001. Is scuba sampling a relevant method to study fish microhabitat in lakes? Examples and comparisons for three european species. *Ecology of Freshwater Fish*, 10: 138-146.
- Brunelli, M., E. Calvario, F. Corbi, S. Roma & S. Sarrocco. 2004. *Lo svernamento degli uccelli acquatici nel Lazio, 1993-2004*. Alula, XI: 61-85.
- Bruno, S. 1985. *I Pesci del Parco Nazionale d'Abruzzo e zone limitrofe*. Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia, 20: 131-196.

- Carbone, A. 1965. Vicalvi, Posta Fibreno, il Fibreno. *Tipografia dell'Abbazia di Casamari (FR)*, 554 pp.
- Chiappi, T. 1924. Le trote del Lago della Posta. *Tipografia del Senato, Roma*, 8 pp.
- Corsetti L. & A. D'Orsi. 2007. *La Fauna: status, distribuzione, gestione e conservazione. 1 Uccelli e mammiferi della Provincia di Frosinone*. Provincia di Frosinone, Assessorato Agricoltura, Caccia e Pesca. Edizioni Belvedere, "Le Scienze"(3), Latina, 288 pp.
- Gelosi, E. & P.T. Colombari. 2004. *Manuale della pesca. Ambiente, fauna, pesca, attrezzi, leggi delle acque del Lazio*. Romana Editrice s.r.l., Roma, 466 pp.
- Mastrantuono, L. & V. Di Vito, 2007. Spatial distribution and diversity of plant-associated invertebrates in a lotic-lentic ecosystem (Lake Posta Fibreno, Central Italy) and water quality monitoring. SEFS V, Palermo, 8-13 luglio 2007, pag. 225.
- Peterson, J.T., R.F. Thurow & J.W. Guzevich. 2004. An Evaluation of Multipass Electrofishing for Estimating the Abundance of Stream-Dwelling Salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 133: 462-475.
- Zerunian, S. & G. Gandolfi. 1990. *Salmo fibreni n. sp.* (Osteichthyes, Salmonidae) endemica nel Bacino del Fibreno (Italia Centrale). *Atti III Convegno AllAD - Riv Idrobiol.*, 29: 521-532.
- Zerunian, S. 1988. *I pesci del lago di Posta Fibreno: ecologia, faunistica, biologia e pesca*. Comune di Posta Fibreno, IX + 93 pp.
- Zerunian, S. 2002. *Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei pesci d'acqua dolce indigeni in Italia*. Edagricole, Bologna, 220 pp.
- Zippin, C. 1956. An evaluation of the Removal Method of estimating animal populations. *Biometrics*, 12: 163-189.

CONSIDERAZIONI FINALI

I contributi scientifici illustrati dai partecipanti alla giornata di studio, hanno evidenziato oltre ai valori naturalistico-ambientali anche gli elementi di criticità che sono stati individuati e che pongono la necessità di particolari attenzioni di carattere gestionale per poter perseguire le finalità istitutive della Riserva Naturale Regionale. Inoltre, essendo l'area Sito di Importanza Comunitaria e Zona a Protezione Speciale, tutte le indicazioni gestionali emerse saranno obiettivi necessari per garantire un soddisfacente stato di conservazione per gli Habitat e le specie della flora e della fauna come richiesto dalla Direttiva Habitat.

Le principali tematiche che evidenziano squilibri e alterazioni nell'equilibrio dell'ecosistema fluvio-lacustre effettivamente riscontrati o posti anche in termini di prospettiva futura e sui quali deve essere posta la necessaria attenzione nella conduzione delle attività di gestione della Riserva sono così riassumibili:

- alterazione della qualità (tendenza all'eutrofizzazione) e quantità (diminuzione del regime delle portate) della risorsa idrica;
- alterazione del profilo alveale e manomissione delle sponde del reticolo idrografico di superficie;
- fenomeni di interrimento in atto nelle "forme" e fossi di drenaggio della Piana per abbandono delle pratiche colturali tradizionali;
- riduzione della vegetazione acquatica sia in termini di biomassa che di ricchezza di specie;
- potenziale rarefazione delle comunità macrobentoniche legate a fenomeni di eutrofizzazione delle acque e dei sedimenti sommersi;
- minacce di declino delle popolazioni di salmonidi e rischio di inquinamento genetico delle specie di salmonidi endemiche e subendemiche (*Salmo fibreni* e *Salmo trutta macrostigma*);
- l'impatto di specie faunistiche "aliene" (Gambero Rosso della Louisiana *Procambarus Clarkii* e Nutria *Myocastor coypus*) sugli equilibri dell'ecosistema lacustre;
- l'impatto tra fauna ittica e specie ornitiche ittiofaghe, in considerazione della rilevanza del bacino per alcune specie ittiche.

Questi elementi di criticità debbono essere sempre tenuti in considerazione sia nella predisposizione del regolamento di gestione, sia nella valutazione della compatibilità di progetti e interventi di conservazione necessari al mantenimento della peculiarità naturalistica che il sito riveste nel Lazio e nell'Italia Centrale.

Particolare attenzione va quindi rivolta alla conservazione di quegli elementi essenziali al mantenimento dell'ecosistema acquatico ed in particolare alla conservazione della vegetazione acquatica e delle formazioni ripariali, al mantenimento dell'equilibrio delle popolazioni ittiche e al contrasto delle azioni che comportino rischio di inquinamento genetico e conseguente riduzione della variabilità genetica dei salmonidi.

E' altresì essenziale che la Riserva conduca in modo continuativo attività di monitoraggio sui suddetti fattori di criticità al fine di avere gli elementi di conoscenza necessari e sufficienti per proporre specifiche azioni gestionali e poterne valutare i risultati.

Pertanto l'obiettivo raggiunto dall'incontro della giornata di studio, dovrà essere perseguito attraverso la creazione di un Tavolo Tecnico-Scientifico permanente (Riserva, Comune, Regione, Provincia e Enti di Ricerca), da cui dovranno scaturire specifici obiettivi per la realizzazione di azioni sul breve e lungo periodo atti a migliorare e mitigare gli effetti di disturbo ad oggi in atto nel sistema fluvio-lacustre del Lago Fibreno.

La possibilità di realizzare azioni di conservazione è strettamente legata alla possibilità di attingere a specifici programmi finanziari, da cui poter ottenere i fondi necessari.

Programmi specifici come i bandi regionali legati alla misura dell'Asse II "sostegni e investimenti non produttivi - finalizzati alla conservazione dei siti natura 2000" del Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013 e l'attuazione di uno specifico programma comunitario di finanziamento il *LIFE plus* che contribuisca allo sviluppo e all'attuazione della legislazione e della politica comunitaria in materia ambientale e, in particolare alla conservazione della natura, per contribuire alla protezione degli Habitat e delle Specie interessate dalla Direttiva 92/43/CEE

“Habitat” e dalla Direttiva 79/409/CEE “Uccelli” costituiscono, quindi, i documenti di riferimento per la formulazione di progetti finanziabili.

Di conseguenza si propone alla Riserva, in accordo con gli scriventi del documento, di poter attuare una progettazione di azioni multidisciplinari con il coinvolgimento di tutte le entità operanti da tempo nell'area, in uno dei siti a più elevato valore documentario di pregio naturalistico e storico-culturale della nostra Regione.

ALCUNE MISURE URGENTI DA ATTUARE NELL'IMMEDIATO

1. Eutrofizzazione ed effetti sulla Biomassa Vegetale

Trattandosi di una Riserva Naturale Regionale, è necessario che le attività volte alla bonifica di fattori eutrofizzanti vengano programmate ed attuate in modo estremamente accorto al fine di limitare gli eventuali effetti derivanti da una ulteriore artificializzazione dell'ecosistema derivante da azioni altamente compromissive. Interventi come la ripulitura del fondale, se effettuata a tappeto senza discrezione e senza un attento monitoraggio e descrizione dello stato attuale, potrebbe determinare l'estinzione degli ultimi propaguli persistenti degli organismi sopravvissuti in stazioni residuali di difficile individuazione e localizzazione. Si esclude inoltre la possibilità di intervenire attraverso tecniche di “bonifica chimica” che risulterebbero troppo invasive e che potrebbero compromettere ulteriormente il già precario equilibrio dell'ecosistema lacustre.

Pertanto al fine di ottenere una diminuzione del processo di eutrofizzazione in atto, una prima azione da intraprendere dovrebbe essere mirata alla riduzione (in termini di concentrazione) dei macronutrienti nel bacino lacustre. Questi sono individuabili principalmente nei composti di azoto e fosforo. Il fosforo è nella maggioranza dei casi il vero fattore limitante ed è inoltre l'elemento più facilmente asportabile, si possono quindi ottenere risultati positivi agendo anche solo sulla riduzione di tale componente.

Nell'eventualità che tale intervento risultasse insufficiente, si dovrebbe agire anche sulle componenti azotate, l'operazione è però più complessa e dispendiosa.

Oltre alla limitazione delle immissioni di fosfati e nitrati nelle acque, occorre però prevedere interventi attivi di bonifica, atti a sequestrare i contenuti inquinanti attualmente concentrati nel sistema lacustre. Trattandosi di un sistema conservativo anche in assenza di ulteriori apporti, il fenomeno eutrofico indotto dai quantitativi di fosfati già accumulati permanerebbe, continuando ad alimentare scambi di fosforo dall'acqua, al *biota*, ai sedimenti, dove tornerebbe a essere mobilitato con rilasci successivi favoriti da condizioni di anossia e acidità dell'acqua.

Il tipo di intervento da prevedere è quindi delineabile in più approcci da condurre simultaneamente, ovviamente da attuare successivamente all'analisi dei risultati derivanti dall'attivazione di piani e programmi di analisi e monitoraggio delle condizioni “ante operam”:

- **la riduzione degli apporti esterni di fosforo** attraverso il controllo delle immissioni di acque reflue, da deflusso superficiale o in falda e provvedendo alla attivazione del depuratore esistente;
- **la rimozione diretta del carico interno del fosforo** già accumulato nell'ambiente acquatico (in tutte le componenti: acqua, organismi, sedimenti).

Contestualmente a tutto ciò, per far fronte al grave processo di riduzione della biomassa delle specie vegetali acquatiche sommerse nel Lago Fibreno, si propone di attuare una sperimentazione che preveda su aree recintate con reti a maglia opportuna e già bonificate, l'immissione di propaguli di specie galleggianti e radicanti, prelevate *in loco*, iniziali di successione delle comunità di macrofite acquatiche corrispondenti, sopravvissute in alcuni siti conservativi del lago stesso.

2. Effetti sui salmonidi presenti nel sistema fluvio-lacustre del Fibreno

Di seguito sono riportate alcune modalità di interventi urgenti da attuare, per permettere la conservazione delle specie di salmonidi presenti nelle acque del Lago ad oggi in serio pericolo di rarefazione.

Una prima modalità di intervento potrebbe essere l'attuazione di una limitazione temporanea dell'attività di pesca con ogni attrezzo esclusivamente durante il periodo riproduttivo dei Salmonidi, e quindi l'armonizzazione del regolamento di pesca interno della Riserva a quello adottato dalla Provincia di Frosinone. Questo perché ad esempio è attualmente

possibile pescare con le nasse in aree dove vivono i Carpioni del Fibreno (loc. Lagochiaro), rendendo quindi possibili catture anche involontarie di individui di questa specie, pur non essendo essa il principale obiettivo delle attività alieutiche. Si fa presente che nelle acque definite salmonicole la pesca a qualsiasi specie è vietata dalla prima domenica di ottobre all'ultima domenica di febbraio (la seconda settimana di aprile per il fiume Fibreno).

Un secondo tipo di intervento potrebbe essere quello di attivare specifiche azioni di allontanamento di individui di Cormorano dai siti riproduttivi accertati e potenziali dei Salmonidi (Carpione e Macrostigma). Il Cormorano, uccello piscivoro sconosciuto nell'area fino agli anni 90', come documentato da alcuni scriventi, caccia attivamente sia di giorno che di notte in aree frequentate dai salmonidi. Occorre dissuadere il cormorano dal cacciare in suddette aree ed in particolare nelle seguenti località: Codigliane, Lago chiaro/foce del Dova, tratto prossimale del fiume Fibreno. In quest'ultimo tratto la specie predata è la Trota macrostigma, catturata durante la rimonta riproduttiva, che come per il Carpione coincide con il periodo di svernamento del Cormorano. La predazione del cormorano esercitata nei confronti della Trota macrostigma è testimoniata dal rinvenimento di esemplari con tipiche ferite attribuibili alla specie ittiofaga.

Le possibili attività di disturbo sul contingente popolazionistico dei cormorani svernanti nel lago di Posta Fibreno potrebbero essere così diversificate:

- impedimento meccanico/visivo da apporre sulla superficie delle aree sensibili, costituito da corde colorate tese tra boe galleggianti;
- un attività di disturbo da eseguirsi durante le ore notturne e diurne nei pressi dei posatoi in modo che gli uccelli possano associare la presenza dell'uomo ad un senso di pericolo.

Tali misure, che si intendono mirate ad un allontanamento di individui di *Phalacrocorax carbo* - Cormorano da aree sensibili di habitat idonei alla presenza di individui di Carpione del fibreno e Trota Macrostigma, trovano ampia giustificazione nell'attuale limitatissima distribuzione e consistenza delle suddette popolazioni, sulla quale non appare possibile permettere, almeno in questa fase, la benché minima predazione di tipo sia artificiale che naturale, oltretutto su individui adulti in fase riproduttiva.

Una ulteriore misura di conservazione viene definita dai risultati ottenuti dalle analisi genetiche che confermano come la popolazione ascritta a *S. (trutta) macrostigma* del Fibreno si mantenga geneticamente distinta da ceppi di trote da ripopolamento di prevalente origine atlantica. La variabilità genetica è relativamente elevata, e in gran parte sostenuta da varianti genetiche di probabile origine autoctona.

Ciò nonostante nell'ambito delle attività di "itticoltura" della Riserva Naturale ("Progetto Macrostigma") i criteri di selezione, attualmente utilizzati, nella scelta dei riproduttori per il progetto appaiono non adeguati alla reale situazione ambientale dell'area fluvio-lacustre. La prosecuzione degli interventi secondo le pratiche attuali potrebbe avere effetti negativi, con ulteriore impoverimento della "riserva genetica", in termini di variabilità, senza produrre un significativo miglioramento nella qualità delle popolazioni stesse.

È strettamente necessario attuare nell'immediato un idoneo programma di azioni che adotti criteri basati sull'osservazione diretta delle caratteristiche genetiche degli individui, azioni nelle quali si renderà necessaria un'opportuna selezione di gruppi di marcatori di rapido impiego, basata sui risultati delle indagini genetiche svolte sulle popolazioni di salmonidi presenti nel bacino stesso.

Sarà pertanto possibile sviluppare, su questa base, un'attività ittiogenica rigorosamente regolamentata e gestita secondo criteri scientifici, che sarà in grado di tutelare ciò che resta intatto del patrimonio ittico del bacino lacustre. Inoltre con la messa a punto del rinnovato laboratorio per la Conservazione della Macrostigma, sarà possibile attuare protocolli sperimentali di monitoraggio per la produzione dei salmonidi giovanili certificabili destinati al ripopolamento, finalizzato solo ed esclusivamente alla conservazione del patrimonio ittico regionale nazionale ed europeo in linea con i principi del programma di Conservazione della Rete Ecologica Nazionale e della Rete Natura 2000.

Per il perseguimento di tale obiettivo, si renderà necessaria una cooperazione tra Riserva e Enti di ricerca specializzati, finalizzata all'identificazione dei marcatori genetici delle popolazioni naturali, alla messa a punto di opportune tecniche di riproduzione e primo allevamento ed alla definizione di criteri di qualità, utili per la certificazione delle produzioni.

INDICE

INTRODUZIONE	1
LE ZONE UMIDE NEL CONTESTO DELLA DIRETTIVA QUADRO SULLE ACQUE 2000/60/CEE (<i>WATER FRAMEWORK DIRECTIVE</i>) - V. DELLA BELLA e L. MANCINI -	3
ASPETTI DEL PAESAGGIO VEGETALE NEL BACINO DEL FIBRENO - L. CASELLA, F. SPADA e E. AGRILLO -	11
ECOLOGIA E STRATEGIE DI CONSERVAZIONE DI <i>BIDENS CERNUA</i> L., STATUS CR PER IL LAZIO - L. GRATANI, M.F. CRESCENTE, L. VARONE, A. BONITO, G. FABRINI e M. MARCOCCIA -	27
LA FAUNA BENTONICA ASSOCIATA ALLA VEGETAZIONE SOMMERSA DEL LAGO DI POSTA FIBRENO (LAZIO) - L. MASTRANTUONO e V. DI VITO -	36
GLI ODONATI DEL LAGO DI POSTA FIBRENO (FROSINONE, ITALIA CENTRALE) - E. AVELLINESE e C. UTZERI -	46
LE SORGENTI CARSICHE DEL LAGO DI POSTA FIBRENO: CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA, IDROLOGICA, IDROCHIMICA E ISOTOPICA - E. AGRILLO, P. BONO, L. CASELLA, L. D'ANDREA e D. FIORI -	55
ANALISI GENETICA DELLE POPOLAZIONI DI SALMONIDI DEL LAGO DI POSTA FIBRENO - P. GRATTON, G. ALLEGRUCCI e V. SBORDONI -	82
IL GAMBERO ROSSO DELLA LOUISIANA <i>PROCAMBARUS CLARKII</i> (GIRARD, 1852) NELLA RISERVA NATURALE REGIONALE "LAGO DI POSTA FIBRENO": PROBLEMATICHE DI GESTIONE E PRIORITÀ DI AZIONE PER IL FUTURO - S. CHIESA, D. CELAURO, M. SCALICI, A. MONACO, M. SCALISI e G. GIBERTINI -	96
ANALISI LICHENOLOGICA DELLA PIANA DEL FIBRENO - S. RAVERA e V. GENOVESI -	115
LA CHIROTTEROFAUNA DELLA RISERVA NATURALE REGIONALE "LAGO DI POSTA FIBRENO": UNA PRIMA CHECKLIST - L. CISTRONE e D. RUSSO -	131
INDIVIDUAZIONE DI METODICHE SPERIMENTALI NELLA PRODUZIONE DI GIOVANILI DI TROTA MACROSTIGMA <i>SALMO TRUTTA MACROSTIGMA</i> (DUMÉRIL, 1858) DA DESTINARE AL RIPOPOLAMENTO - P.T. COLOMBARI, R. BERERA e D. MAURIZI -	135
ECOLOGIA TROFICA DEL CORMORANO (<i>PHALACROCORAX CARBO</i>) NEL LAGO DI POSTA FIBRENO: DATI PRELIMINARI - D. CELAURO, G. LARICCIA e S. SARROCCO -	143
EVOLUZIONE DELL'AVIFAUNA ACQUATICA SVERNANTE NELLA RISERVA NATURALE REGIONALE "LAGO DI POSTA FIBRENO" - S. SARROCCO, F. CORBI, A. LECCE, F. PINOS e S. ROMA -	151
CAMBIAMENTI RECENTI NEL POPOLAMENTO ITTICO DEL SISTEMA IDROLOGICO DEL FIBRENO: EVIDENZE DI UN MUTAMENTO IN ATTO - M. SEMINARA e A. D'ORSI -	159
CONSIDERAZIONI FINALI	174



Isola galleggiante - Posta Fibreno (Foto di F. Vannini)