

PARCO DEL
FRIGNANO



STATO DI QUALITA' AMBIENTALE DEI LAGHI DELL'ALTO APPENNINO MODENESE



2^a Relazione – Aggiornamento periodo 1999 – 2003

Aprile 2005

arpa
agenzia
regionale
prevenzione e
ambiente dell'emilia-romagna
Sez. Prov.le di Modena

Il presente lavoro costituisce l'aggiornamento dello studio "Stato di qualità ambientale dei laghi dell'alto appennino Modenese ottobre 2000" condotta da ARPA Sezione Provinciale di Modena su incarico conferito dal Consorzio Parco Regionale del Frignano Alto Appennino Modenese.

A cura di:

Vittorio Boraldi

Resp. Servizio Sistemi Ambientali ARPA Sez. Prov.le di Modena

Anna Maria Manzieri

Servizio Sistemi Ambientali ARPA Sez. Prov.le di Modena

Francesco Mantelli

ARPAT Regione Toscana Dipartimento di Firenze

Stato di qualità ambientale dei laghi dell'Alto Appennino Modenese.

Premessa.

La presente relazione costituisce il risultato dell'aggiornamento dei dati di monitoraggio sullo stato di qualità ambientale di alcuni laghi di alta quota del crinale tosco-emiliano. Questo progetto è stato realizzato grazie al rinnovato rapporto di collaborazione fra il Consorzio del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese e Arpa.

Lo studio si propone di aggiornare le conoscenze su questo delicato ecosistema che si configura altresì come significativo ambiente "incontaminato" di riferimento per la successiva analisi valutativa sulle caratteristiche qualitative dei corpi idrici della Provincia di Modena.

Per completezza descrittiva si ripropone, senza ulteriori modifiche, la parte introduttiva già sviluppata nella precedente relazione in merito all'inquadramento generale, inquadramento geolitologico del territorio, dissesto e fenomeni erosivi, vegetazione e clima.

Obiettivo dello studio

La ricerca si è sviluppata con l'obiettivo di aggiornare e sistematizzare i dati conoscitivi raccolti nella precedente relazione relativi al periodo 1996 - 1999 (confrontati con gli studi compiuti negli anni '60 da Moroni e più recentemente negli anni '90 da P. Viaroli e da Borroni), per la successiva analisi valutativa sull'evoluzione qualitativa dei corpi idrici, in relazione alla pressione antropica e naturale (piogge acide).

Per questo motivo, partendo dai numerosi dati raccolti sul campo, sono state predisposte diverse analisi volte all'individuazione del grado di vulnerabilità dell'ecosistema, che può essere stimato attraverso la sua fragilità intrinseca ed al rischio di perturbazione.

La fragilità intrinseca rappresenta l'insieme delle caratteristiche naturali che rendono l'ambiente più o meno sensibile al degrado. Nel caso di un ambiente umido queste caratteristiche riguardano il corpo idrico stesso, la litologia del bacino, la morfologia ed anche le condizioni climatiche. I criteri di fragilità più importanti possono essere distinti in funzionali, idraulici e biologici. I primi riguardano la produttività primaria e lo stato trofico e vengono utilizzati per valutare il rischio di eutrofizzazione, i secondi fanno riferimento alla durata ed intensità della sommersione e dipendono dalla piovosità e dalla qualità dei suoli e sono indicatori della tendenza all'essiccamento o alla stagnazione. Gli indicatori biologici, valutano la presenza di specie esotiche che competono con le specie autoctone sia vegetali che animali e sono indice della qualità degli ambienti lacustri. Il rischio di perturbazione rappresenta invece l'influenza che potrebbe avere il sistema antropico sull'ecosistema lacustre in base ad alcuni criteri quali accessibilità, contiguità con sistemi antropizzati ed attività antropiche.

Inquadramento generale

Il territorio del Parco interessa una vasta area a ridosso del crinale tosco-emiliano con una superficie di 15.000 ettari dai 528 ai 2.165 metri s.l.m., di cui 9.000 sono posti oltre i 1.000 metri. I Comuni interessati sono: Fanano, Sestola, Montecreto, Riolunato, Pievepelago, Fiumalbo e Frassinoro.

Il paesaggio geomorfologico è dominato da estesi affioramenti di natura arenacea (Macigno) interrotti da rocce marnose e argillose. Il profilo del crinale risulta modellato dall'azione di ghiacciai, come risulta evidente dalla presenza di diversi circhi glaciali dei monti Giovo, Rondinaio, Spigolino, Cima Tauffi, dalla presenza di depositi ed archi morenici come nella valle dell'Ospitale, delle Tagliole e dai laghi di origine glaciale come il Santo, il Baccio il Turchino. Altri laghi presenti nel Parco hanno origine diversa: i laghi Pratignano, Scaffaiolo e Ninfa, si sono originati da frane o da deformazioni gravitative profonde. Fra le cime più imponenti della zona troviamo il Cimone (2.165 m), lo Spigolino (1.827 m), il Libro Aperto (1.937 m), il Rondinaio (1.964 m) e il Giovo (1.991 m). L'ambiente del crinale è caratterizzato dalla presenza di arbusti bassi (brughiera di mirtilli), nella fascia inferiore il manto vegetale è caratterizzato da faggete, mentre a quote ancora più basse troviamo la presenza di querceti e castagneti.

L'area oggetto della ricerca situata nel Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese (Parco del Frignano), è compresa all'interno delle zone di protezione A1 (protezione speciale) e B (protezione generale). La superficie d'interesse si estende nella parte sud e sud-occidentale del Parco.



Figura 1 - Distribuzione dei parchi regionali dell'Emilia-Romagna (in verde) ed in particolare del Parco regionale dell'alto Appennino Modenese (nel riquadro).

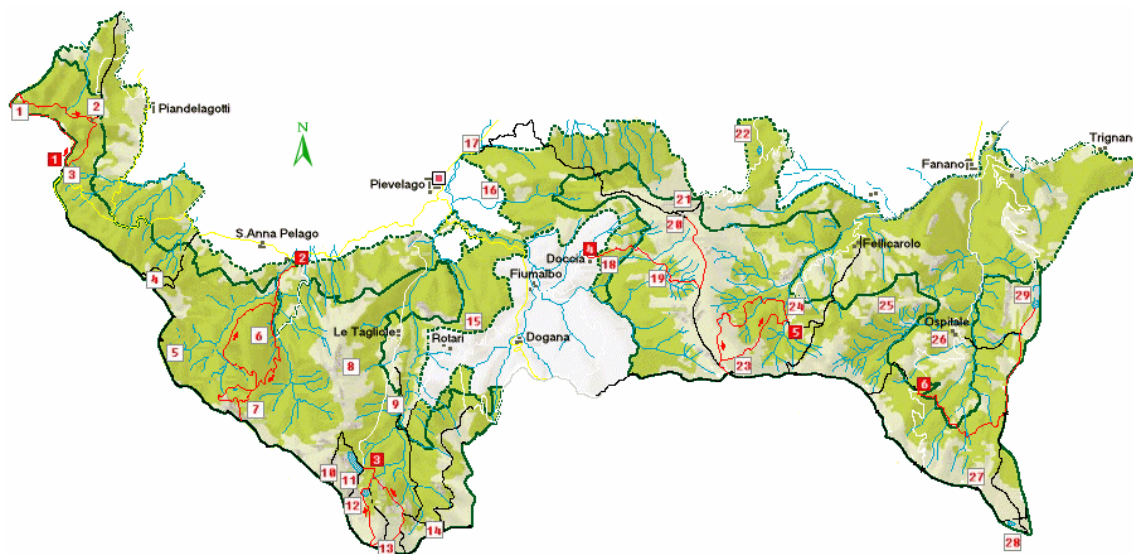


Figura 2 - Carta del Parco regionale dell'Alto Appennino Modenese con indicazione dell'area di studio e dei bacini lacustri considerati.

Inquadramento geo-litologico del territorio

Il Parco del Frignano si estende dal Corno alle Scale (1.945 m) a E e con orientamento SE e NE prosegue con il monte Spigolino (1.827 m), Cima Tauffi (1.799 m), Libro Aperto (1.937 m). Dopo un ampio arco diretto a SO, che racchiude la depressione che porta al passo dell'Abetone, il crinale s'innalza di nuovo con il monte Gomito (1.892 m), fino all'Alpe Tre Potenze (1.940 m). Riprendendo poi di nuovo la direzione SE-NO, continua con il monte Rondinaio (1.964 m), monte Giovo (1.991 m), Cima dell'Omo (1.859 m), monte Romecchio (1.702 m), monte Albano (1.693 m) e monte Spicchio. La catena che parte dal Corno alle Scale separa la valle del Panaro da quella del Reno, mentre le due dorsali che si originano da monte Spigolino e da Cima Tauffi, separano rispettivamente la valle dell'Ospitale dalla valle Dardagna e la valle del torrente Fellicarolo da quella dell'Ospitale. La linea di crinale che parte dal Libro Aperto e culmina nel monte Cimone, separa la valle del Leo dalla valle dello Scoltenna, mentre i monti Gomito - Rondinaio separano la Val Motte dalla Valle delle Pozze e quest'ultima dalla Valle delle Tagliole. Il Crinale che parte dal monte Giovo e quello parallelo che parte dal monte Spicchio delimitano la Valle della Perticara.

I terreni affioranti di quest'area sono attribuibili all'Oligocene; sono comunque presenti anche depositi Quaternari

Nella parte più elevata della valle delle Tagliole sono situate le conche del lago Santo Modenese, del lago Baccio e del lago Turchino. Tra i due ultimi recinti s'innalza il monte Rondinaio (1.964 m), ad est del quale troviamo il passo della Foce a Giovo (1.722 m) e il crinale del monte Femminamorta (1.881 m) che culmina con L'Alpe delle Tre Potenze (1.940 m). Il fianco sinistro della valle delle Tagliole è formato da una lunga cresta rocciosa che, partendo dalla cima del Rondinaio, termina nel monte Giovo (1.991 m): fra questi s'innalzano il monte Porticciola (1.903 m), la Cima dell'Altaretto (1.923 m) e la vetta della Grotta Rosa (1.914 m) (Losacco, 1982).

Dal punto di vista litologico l'area si sviluppa prevalentemente all'interno di formazioni arenacee in forma di flysch, costituiti da estesi banchi di arenarie separati da depositi poco coerenti di argille e marne che conferiscono il caratteristico aspetto "a strati", responsabile dell'elevata franosità (Manzini e Ponzana, 1992).

L'origine dell'alternanza arenarie-argille, e più raramente marne, è da ricercarsi nei modelli deposizionali che hanno portato alla sedimentazione di queste rocce. Dal punto di vista genetico si tratta di torbiditi, in quanto derivano dalla deposizione di sedimenti sciolti, provenienti da aree di accumulo vicino alle terre emerse, trasportati sul fondale marino da *correnti di torbida* (Manzini e Ponzana, 1992).

L'arenaria più caratteristica è il Macigno che affiora, anche se in modo discontinuo, lungo tutto il crinale che va dalla provincia di Modena a quella di Piacenza.

Nella zona del lago Santo sono presenti potenti strati di arenarie Macigno di colore grigio acciaio, quando la superficie rocciosa non è alterata, che hanno uno spessore che varia da 1-3 m fino ad un massimo di circa 15 m. Solitamente uno strato è separato dall'altro da sottili interstrati argillosi o argilloso-marnosi. Raramente sono presenti strati torbidici calcareo-marnosi con spessore da 10 a 200 cm e strati argillosi con spessori che variano da 5 a 100 cm (Bortolotti, 1992).

Le arenarie di monte Modino (1.557 m), che sovrastano il Macigno, costituiscono le vette del monte Giovo, monte Gomito (1.892 m), monte Lagoni (1.962 m) e la piramide sommitale del monte Cimone (2.165 m); questo tipo litologico determina morfologie generalmente meno acclivi per gli strati poco spessi e per la maggior abbondanza della componente argilloso-marnosa che determina minore resistenza all'erosione (Pardi, 1990).

Il Complesso del monte Modino è costituito prevalentemente da arenarie torbiditiche, in strati più sottili di quelli che caratterizzano il Macigno. Le arenarie del monte Modino sono appena più giovani del Macigno (Oligocene superiore-Miocene inferiore) e si presentano in strati di 1-1,5 m, con un massimo di 20 m con intercalazioni di marne, marne siltose grigie e di argille nere;

occasionalmente si ritrovano anche torbiditi calcareo-marnose (Bortolotti, 1992, Manzini e Ponzana, 1992).

L'arenaria Macigno determina morfologie caratterizzate da pendii molto ripidi, come la parete est del monte Rondinaio e quelle osservabili immediatamente sopra il lago Santo. Il punto di transizione tra l'arenaria Macigno ed il complesso del monte Modino è facilmente osservabile in corrispondenza della Cima dell'Altaretto, un vero e proprio “gradino morfologico” lungo il crinale Giovo-Rondinaio, un passaggio dalle bancate di Macigno prospicienti le vallette glaciali del lago Baccio e del lago Santo alla dorsale superiore del Giovo costituita dalle arenarie del monte Modino (Pardi, 1990).

I laghi occupano delle conche prodotte dall'azione erosiva dei ghiacciai quaternari (quasi tutti riferibili al Wurmiano, tra 75.000 e 15.000 anni fa). Morfologia glaciale si osserva nella valle delle Tagliole: i circhi e le morene sono le forme più caratteristiche. I primi si presentano come ampie nicchie semicircolari scavate dai ghiacciai per lo più nei versanti esposti a N o NE dei rilievi più alti, mentre le seconde rappresentano il prodotto dell'erosione, trasporto e sedimentazione operate dai ghiacciai a spese delle rocce incassate, nel loro scorrimento verso valle. Si tratta di accumuli estremamente eterogenei di detriti rocciosi sciolti, organizzati in cordoni allungati parallelamente alla direzione di scorrimento (morene laterali e centrali) o arcuati verso valle e presenti nella parte più distale (morene frontali o archi morenici), sopraelevati rispetto alla superficie topografica circostante.

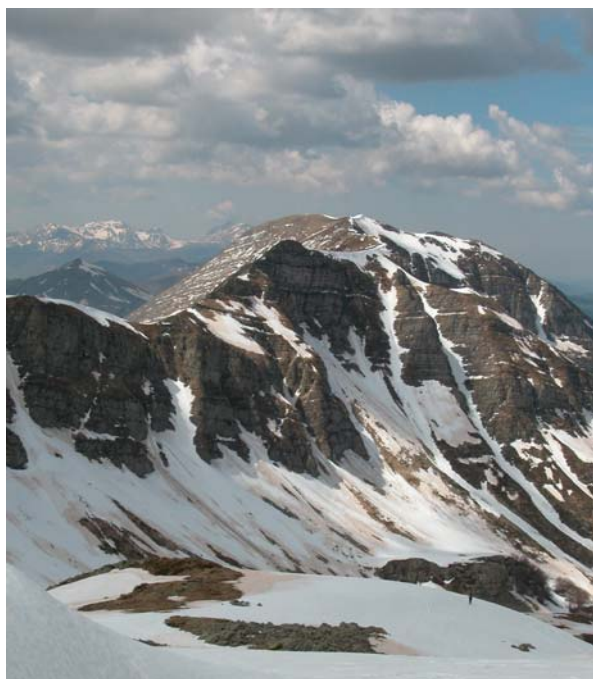


Figura 3 – Monte giovo visto dal Rondinaio.



Figura 4 – Spessore della neve caduta presso il lago Baccio.

La valle delle Tagliole era quindi occupata da un ghiacciaio vallivo. La testata della valle che si sviluppa da NO a SE è formata da tre recinti contigui, ospitanti rispettivamente i bacini del lago Santo Modenese, del lago Baccio e del lago Turchino.

Il primo recinto di origine glaciale si apre nel versante NE del monte Giovo e possiede una forma di circo caratteristica e ben conservata. La testata del circo è formata dalla parete est del Giovo, che s'innalza dalla conca del lago Santo (1.501 m) sino alla vetta del monte, interrotta da un solo ripiano. Questo, diretto da N a S e posto fra i 1.625 ed i 1.675 m, si presenta ampio ed erboso,

coperto in parte da conoidi di detrito di falda provenienti dal monte Giovo e percorso da un torrente affluente del lago Santo. Il fondo del circo, lungo circa 600 m e largo 200, è occupato dal bacino del lago Santo Modenese, chiuso a valle da un gradino roccioso-detritico ricoperto da faggi, che termina in uno stretto ripiano a circa 1.415 m. Una parte del materiale roccioso e detritico depositato sul gradino e sul ripiano sottostante sembrerebbe d'origine morenica. I fianchi del circo che ospita il lago Santo Modenese sono poco sviluppati in altezza, in modo particolare il fianco sinistro (1.600-1.650 m) che separa questo recinto da quello ospitante il lago Baccio (Losacco, 1982).

Un altro circo forma il recinto che si apre fra il monte Giovo ed il monte Rondinaio ed ospita il lago Baccio (1.554 m). La testata di questo circo, più ampio del precedente, è costituita dalla cresta rocciosa che congiunge il Giovo al Rondinaio, passando per la massa del Grotta Rosa, ultimo contrafforte del monte Giovo e per le cime dell'Altaretto e della Porticciola.

Il fondo del recinto è occupato da due canali paralleli, separati da una lunga dorsale longitudinale, che raggiunge quote poco superiori a 1.650 m. Nel canale occidentale, al di sotto della Cima dell'Altaretto, si trova la piccola conca del lago della Porticciola (1.649 m), chiuso a valle da banchi di arenarie fratturate ed arrotondate sul posto. Proseguendo verso la vetta del Rondinaio e passando nell'altro canale si ritrovano le conche di altri tre laghetti: il lago delle Piogge (1.742 m), costeggiato dal sentiero che porta in vetta, il lago Rondinaio (1.763 m), chiuso a SO dall'omonima vetta e a SE dalla Finestra del Rondinaio e una terza conca lacustre, che abbiamo denominato "Pozza presso il lago delle Piogge" (1.742 m), nella quale la presenza di acqua dipende esclusivamente dal contributo delle acque meteoriche. Ciò determina il prosciugamento della pozza per quasi tutta la stagione estiva, che poi ricompare a seguito delle prime abbondanti piogge di fine settembre (Losacco, 1982).

L'ultimo recinto si apre verso N nel versante orientale del Rondinaio. La massa rocciosa di questo monte e quella della cresta, che dal Rondinaio si dirige verso N passando per la Finestra del Rondinaio e la cima del Rondinaio Lombardo (1.825 m), forma la parte sinistra del recinto. La parte centrale della testata, invece, fa capo a quota 1.781 m, mentre il fianco destro è formato dal dorso degradante che da quota 1.806 scende verso la Foce a Giovo. I fianchi sono ripidi, specialmente quello destro, formato dalla cresta N del Rondinaio. Nella parte più elevata del fondo del recinto uno stretto ripiano detritico ospita la piccola conca del lago Torbido (1.676 m) (Losacco, 1982).

Un poco a valle, dopo un breve gradino, troviamo un secondo ripiano molto più vasto del precedente, rappresentante il fondo del circo; esso è diviso in varie conche corrispondenti ad antichi laghetti e occupate adesso da prati paludosi, percorsi da lenti canali. In una soltanto, posta ai piedi del Rondinaio, troviamo ancora un piccolo bacino lacustre, il lago Turchino (1.600 m) (Losacco, 1982).

Proseguendo oltre le Tagliole, la valle si trasforma bruscamente in un solco di erosione a fianchi ripidi e franosi e non vi si osservano altre tracce moreniche. Secondo il Sacco (1892, 1893, cit. in Losacco, 1982), il ghiacciaio delle Tagliole si sarebbe arrestato poco prima di Pievepelago. Ammettendo che i depositi morenici più bassi (1.050-1.100 m) rappresentino veramente il limite inferiore del ghiacciaio nel periodo di massima espansione, il limite delle nevi corrispondente verrebbe ad essere 1.520-1.545 m. In questo periodo il ghiacciaio della valle delle Tagliole possedeva una lunghezza di 5,5-6 km ed una larghezza di circa 1 km, mentre la potenza doveva superare di poco i 150 m (Losacco, 1982).

L'altra area di studio appartiene in gran parte alla valle del torrente Ospitale derivante dalla confluenza del fosso della Mirandola e il fosso Acquagrossa. E' una vasta area morenica, tra una delle più caratteristiche dell'Appennino Settentrionale. I depositi morenici si confondono con una vasta frana che si è staccata dal crinale appenninico dei Balzoni. Nell'area nei pressi di Ospitale sono presenti diversi depositi glaciali ed alluvionali; questi ultimi derivano dall'erosione e dalla ridistribuzione delle coltri moreniche a monte degli stessi. Un esteso cordone morenico con grandi massi si trova a sinistra del fosso Acquagrossa, mentre un vistoso arco è ad ovest di Capanna

Tassoni. Quest'area come quelle limitrofe, mostra di avere avuto dopo l'ultimo massimo glaciale, notevole attività erosiva, come dimostrato dalla forma della valle notevolmente incisa nelle Arenarie del monte Cervarola (Miocene inf. - medio), con pareti sub-verticali. Lo smantellamento quasi totale dei depositi glaciali, il loro frequente rimaneggiamento e l'incisione delle soglie dei circhi lungo il crinale appenninico, ne sono un'ulteriore conferma.

Il lago Pratignano è collocato all'interno di uno sdoppiamento di versante sulla cresta che separa la valle del torrente Ospitale da quella del torrente Dardagna. Tutta la valle dell'Ospitale è caratterizzata da una formazione affiorante, Arenarie del monte Cervarola, costituita da un'alternanza di strati sovrapposti di arenaria e peliti (argilliti e siltiti). Le trincee e gli sdoppiamenti sono i fenomeni più caratteristici e meglio rilevabili della zona. L'origine dello sdoppiamento in cui ha sede il lago Pratignano è dovuta ad un fenomeno franoso molto lento avvenuto probabilmente in un periodo di clima periglaciale durante l'ultima glaciazione wurmiana, quando il crinale appenninico era ricoperto dai ghiacciai. La porzione di rilievo posta ad ovest del lago Pratignano, sfruttando la superficie di scivolamento parallela alla stratificazione, si è spostata verso la valle dell'Ospitale determinando l'apertura della trincea che ospita il lago. In alcuni punti lo spessore del blocco franato deve aver superato il centinaio di metri.

Il lago Scaffaiolo posto a quota 1.780 m s.l.m. sullo spartiacque principale dell'Appennino, tra le testate dei bacini del Fosso della Volata (affluente della Lima e del fiume Serchio) e del torrente Dardagna (fiume Panaro), occupa il fondo di una conca chiusa dovuta ad uno sdoppiamento del crinale. Poco distante verso SE si eleva la vetta del monte Cupolino. Tutt'intorno affiorano gli strati (torbiditi arenacei) delle Arenarie del monte Cervarola (Miocene inferiore), appartenenti al Dominio Toscano. I versanti che circondano il lago hanno una pendenza di 5 - 10°, causa i cicli di gelo - disgelo, formando dei recinti lapidei, cosiddetti poligoni di pietre. Per effetto della gravità sui pendii più ripidi essi si evolvono in strisce, dando luogo ai "versanti a strie".

Dissesto e fenomeni erosivi

Il principale fattore responsabile dei processi erosivi è l'acqua, la cui azione si manifesta attraverso fratturazione del substrato litologico o come erosione vera e propria. L'energia cinetica delle piogge e la dinamica delle acque di scorrimento superficiale favoriscono l'infiltrazione e la successiva fratturazione della roccia.

La copertura vegetazionale riduce l'azione erosiva delle acque, aumentando la scabrosità del suolo e, laddove la vegetazione è di tipo boschivo, trattenendo volumi d'acqua anche notevoli. In caso di eventi meteorici di eccezionale intensità i processi erosivi possono accelerarsi, generando considerevoli perdite di suolo in breve tempo. Questo fenomeno può essere accentuato dagli interventi umani e dalle forme di utilizzo del territorio: ad esempio, il pascolo intenso può ridurre significativamente la copertura erbosa, il dissodamento del terreno e la realizzazione di strade ed altre infrastrutture possono dar luogo alla formazione di scarpate facilmente erodibili ed a fenomeni di disboscamento, tutti responsabili di un'intensificazione dell'erosione (Casadei, 1996).

Nell'area oggetto di questo studio circa il 50% della superficie dei due principali bacini idrografici è costituita da rocce affioranti, per cui l'azione erosiva e soprattutto di fratturazione delle acque di scorrimento assume un ruolo rilevante nella definizione dello stato di dissesto. L'importanza dei fenomeni di dissesto non trova contrapposizione nella struttura litologica a prevalenza arenacea. Infatti i flysh sono talvolta incoerenti a causa della loro origine torbiditica; inoltre, l'alternanza di bancate di arenarie ed interstrati di marne, marne siltose ed argille aumenta la suscettibilità del substrato litologico all'azione di degrado ed ai fenomeni di dissesto.

Vegetazione

Nell'Appennino modenese si trovano quattro fasce vegetazionali procedendo dalla base del rilievo verso il crinale:

- fascia supramediterranea;
- fascia montana-oceanica;
- fascia boreale subalpina;
- fascia alpina alpica.

L'area in studio si estende dalla fascia montana-oceanica (1.000÷1.750 m) fino alla fascia boreale subalpina (1.750÷2.000 m). Di grande importanza paesistica ed ambientale sono i boschi che si estendono per circa i due terzi della superficie del parco. Fin verso i 1.200 m, si spingono ancora le attività agricole, in alternanza alle distese di faggete che si estendono a loro volta fino al limite della vita arborea. Da una certa quota riesce a crescere solo una vegetazione bassa arbustiva ed erbacea.

Fra i 1.500 e i 1.700 m, la vegetazione forestale, che domina la gran parte della superficie del parco, è costituita soprattutto da boschi misti di latifoglie decidue. Questi si oppongono a una vegetazione forestale "artificiale", anch'essa presente, che comprende castagneti e conifere di rimboschimento. Nella prima fascia vegetazionale si raggiunge il limite superiore della vegetazione forestale. Le condizioni climatiche fresche e umide favoriscono la presenza del faggio (*Fagus sylvatica*), che raggiunge la sua massima diffusione proprio in questa fascia vegetazionale. Specie arboree secondarie che si possono incontrare nelle faggete sono poche: acero di monte (*Acer pseudoplatanus*), il sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia*) e il maggiociondolo alpino (*Laburnum alpinum*). L'estensione delle faggete varia in quota, in relazione a fattori climatici, orografici ed anche antropici. Infatti, in prossimità del limite superiore di questa fascia vegetazionale (1.750 m circa) la presenza del faggio appare piuttosto disomogenea, per effetto dell'azione del vento, della neve e del ghiaccio. Nella fascia montano-oceanica si inseriscono anche le brughiere intersilvatiche, codominate da *Vaccinium myrtillus* e *Calluna vulgaris*, ma anche ricche in specie erbacee acidofile appartenenti alla associazione *Nardo-Callunetea*.

Nella fascia vegetazionale boreale subalpica, di superficie inferiore rispetto alla precedente, le condizioni climatiche spinte (basse temperature medie e lunga permanenza della coltre nevosa) favoriscono la dominanza vegetazionale arbustiva, rappresentata principalmente da brughiere a mirtilli (vaccinieti) (Tomaselli et al., 1996). Questi trovano nei circhi glaciali del monte Giovo e del monte Rondinaio la massima estensione e sono costituiti prettamente dalle specie *Vaccinium myrtillus* e *V. gualtherioides*. A queste si accompagnano spesso l'empetro (*Empetrum hermaphroditum*), il ginepro montano (*Juniperus nana*) il rododendro rosso (*Rhododendron ferrugineum*), ma soprattutto il salice astato (*Salix hastata*) che, pur essendo occasionale nei vaccinieti, ha nel circo NE del monte Rondinaio la sua stazione più meridionale in Italia. Attualmente si osserva una progressiva espansione dei vaccinieti sul versante settentrionale, dimostrando di essere il tipo vegetazionale strutturalmente più complesso, in grado di svilupparsi sul crinale (Tomaselli et al., 1996).

Su tutto il versante modenese che si estende dal monte Grotta Rosa al monte della Porticciola, alle quote più elevate la brughiere a mirtilli cede il campo alle praterie acidofile. Queste costituiscono la componente erbacea fondamentale dell'Appennino modenese. Al loro interno si distinguono comunità primarie e comunità secondarie legate al pascolo. Queste ultime si suddividono ulteriormente in praterie dominate da *Nardus stricta* (nardeti) e praterie a dominanza di *Brachypodium genuense* (brachipodieti) (Tomaselli et al., 1996).

Nell'ambito della comunità primaria la subassociazione a *Lazula spicata* si distribuisce unicamente sul versante NO del monte Giovo, dove colonizza i versanti esposti a N, a moderata inclinazione ed in prossimità della linea di crinale, caratterizzata dalla copertura superficiale di detriti prodotti dall'attività crioclastica e mobilizzati lungo il pendio. Inoltre, questa subassociazione si sviluppa su un suolo scarsamente evoluto, ricco in scheletro e dal contenuto ridotto di sostanza organica.

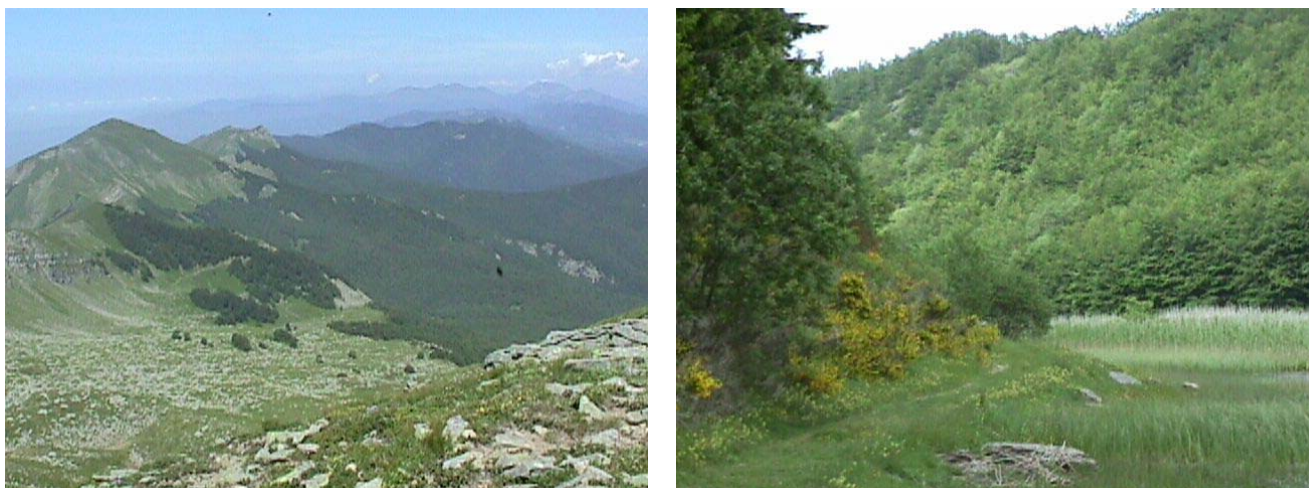


Figura 5 – Ambiente tipico di due fasce vegetazionali.

Nel gruppo monte Giovo-monte Rondinaio si ritrova la maggior concentrazione di falde detritiche, per lo più di forma conica, che circondano le pareti rocciose affioranti lungo il versante. Questi coni detritici, che possono essere sia attivi che inattivi, sono più o meno estesamente colonizzati da forme vegetali. La loro copertura appare più completa ed estesa in quelle falde da più tempo inattive, su cui si sono sviluppati boschi di faggio o brughiere a mirtilli, a seconda della quota. Le falde attive, come quelle dei versanti del monte Giovo - monte Rondinaio, si presentano come campi di massi arenacei di dimensione metrica e solo minimamente coperti da vegetazione (Tomaselli et al., 1996).

La vegetazione degli ambienti umidi è di notevole importanza botanica e viene distinta quella presente in ambienti con acque correnti, da quella presente in acque stagnanti. Per acque correnti vengono intesi i ruscellamenti presenti al di sopra del limite dei boschi con portate modeste e di norma non ben canalizzate. Grazie alla loro morfologia sono in grado di imbibire il terreno circostante permettendo la crescita di piante caratteristiche: calta palustre (*Caltha palustris*), billeri rotondifoglio (*Cardamine asarifolia*), crucifera dai fiori candidi e il cerfoglio selvatico (*Chaerophyllum hirsutum calabricum*). La vegetazione degli ambienti umidi dell'alto Appennino modenese è rappresentata da specie diffuse in tutto l'emisfero boreale, fra le quali alcune presentano le loro stazioni più meridionali in Italia proprio su questi rilievi (*Eriophorum scheuchzeri*, *Swertia perennis*) (Tomaselli, 1996).

Quello che soprattutto interessa è la vegetazione degli ambienti lacustri. La specifica tipologia di copertura vegetale dipende da alcuni aspetti morfologici del lago (altitudine e profondità) e dallo stadio evolutivo nel quale si trova. Il progressivo colmamento, per apporto di materiale terrigeno ed organogenico, favorisce la colonizzazione da parte delle macrofite, secondo una direzione centripeta (Tomaselli et al., 1996).

Si individuano così delle cinture macrofitiche concentriche, distinte in (dal centro verso la riva):

1. cintura delle *rizofite*, che colonizzano acque debolmente alcaline ed oligotrofiche con profondità costantemente intorno ad 1 m. durante tutto l'anno. Tra le rizofite più comuni si ricordano:

Potamogeton natans (dominante), a cui si affiancano *Myriophyllum spicatum* e *Sparganium emersus* (Tomaselli et al., 1996).

2. cintura delle *elofite*, che sono in genere confinate sulle rive dei laghi e pertanto definite "comunità ripariali". A questa cintura macrofitica appartiene l'associazione *Sagittarium-Sparganietum emersi*, che più d'ogni altra si spinge verso acque relativamente profonde, prediligendo quelle alcaline ed oligotrofiche. Questa associazione è ben rappresentata nel lago Baccio ed in misura minore nel lago Santo. Sempre fra le *elofite*, si ricorda la comunità del *Magnocieron*, che si dispone esternamente rispetto allo *Sagittarium-Sparganietum emersi* (Tomaselli et al., 1996).

La vegetazione ripariale del lago Santo caratterizza soltanto una minima parte della cintura lacustre, riscontrabile sui versanti meridionali e sud-orientali. Queste aree si compongono di *elofite*, a dominanza di *Sparganium emersus*.



Figura 6 – Flora spontanea dei crinali.

Nel lago Baccio la catena vegetazionale presenta un'evidente continuità strutturale, dominata dalle *elofite*. Si distinguono una vegetazione *elofitica* del chiaro del lago, una vegetazione ripariale ed una vegetazione di prato umido e torboso (Raffaelli et al., 1997).

Il clima

Il clima del versante adriatico dell'Appennino Tosco-Emiliano è influenzato da masse d'aria d'origine continentale, mentre quello tirrenico risente soprattutto di corpi umidi provenienti da occidente. Oltre alla circolazione atmosferica, la dissimmetria climatica che si genera è dovuta alla diversa esposizione delle valli alle radiazioni solari ed alle differenze morfologiche fra i due versanti appenninici (Repetti & Vittorini, 1989).

Temperatura. Il clima del versante adriatico dell'Appenninico Modenese differisce da quello del versante tirrenico per le temperature, che sono mediamente più basse nel periodo invernale e più elevate nel periodo estivo (tabella 1).

Stazione	Quota (m s.l.m.)	Versante	Temperatura media annua (1961÷1993)	Temperatura minima media annuale (1961÷1993)	Temperatura massima media annuale (1961÷1993)
Frassinoro - Fontanaluccia	787	modenese	10,3 °C	6,2 °C	14,4 °C
Frassinoro - Piandelagotti	1.209	modenese	7,3 °C	4,5 °C	7,5 °C
Pievepelago - S Michele c.le	765	modenese	8,0 °C	3,7 °C	12,3°C
Montecreto	570	modenese	10,4 °C	5,9 °C	14,9°C
Sestola	1.020	modenese	9,5 °C	5,9 °C	13,1 °C
Pavullo	682	modenese	10,0 °C	4,4 °C	15,7 °C
Polinago	810	modenese	10,2 °C	6,9 °C	13,4 °C
Porrino	640	toscane	10,8 °C	-	-
Sassuolo	121	modenese	13,5 °C	-	-
Bagni di Lucca	120	toscane	13,7 °C	-	-

Tabella 1 – Confronto delle temperature medie annuali dell'aria di due stazioni del versante tirrenico (Bagni di Lucca e Porrino) e di alcune stazioni del versante adriatico.

caratterizzazione termica dei versanti appenninici. La stazione di Pavullo (682 m s.l.m.), ad esempio, registra una temperatura media annua di 10,0 °C, inferiore rispetto a quelle registrate alle quote superiori sullo stesso versante (Polinago, 810 m s.l.m., temperatura media: 10,2°C) ed a quote simili sul lato toscano dell'Appennino (Porrino, 640 m s.l.m., temperatura media: 10,8°C), registrando una escursione termica maggiore rispetto ad altre zone con altitudini più elevate.

Questa anomalia termica è dovuta all'orientamento N-S della valle in cui si trova Pavullo, dove è possibile il ristagno di masse d'aria fredda, soprattutto durante il periodo invernale. Un altro esempio dell'importanza che assume la morfologia e l'orientamento della regione alla radiazione solare è data dalla permanenza della neve. Nei mesi di aprile e maggio la copertura nevosa è quasi assente sul versante tirrenico dell'Appennino, mentre alle stesse quote sul versante modenese è ancora abbondante. L'innevamento varia da un anno all'altro, sia per quantità che per permanenza. In media, la prima neve cade in novembre e permane fino a maggio inoltrato (in alcuni casi sino a giugno). Lo spessore della copertura è estremamente variabile ed è legato alle temperature e alle precipitazioni oltre che all'esposizione alla radiazione solare. I massimi si riscontrano in genere tra febbraio e marzo.

Precipitazioni. Il clima continentale del versante appenninico modenese esercita una forte influenza sulle precipitazioni e determina un regime pluviometrico di tipo sublitoraneo (tabella 2).

Stazione	Quota (m s.l.m.)	Versante	Precipitazione media annua (1961÷1993)	Precipitazione minima media annuale (1961÷1993)	Precipitazione massima media annuale (1961÷1993)
Frassinoro – Fontanaluccia	787	modenese	1.322 mm	629 mm	1.773 mm
Frassinoro - Piandelagotti	1.209	modenese	1.622 mm	522 mm	2.111 mm
Pievepelago – S Michele c.le	765	modenese	1.416 mm	313 mm	1.968 mm
Montecreto	570	modenese	1.136 mm	888 mm	1.415 mm
Sestola	1.020	modenese	1.288 mm	560 mm	1.688 mm
Pavullo	682	modenese	838 mm	453 mm	1.263 mm
Polinago	810	modenese	937 mm	480 mm	1.383 mm
Sassuolo	121	modenese	686 mm	205 mm	1.107 mm

Tabella 2 – Confronto delle precipitazioni medie, minime e massime annuali.

Nel versante adriatico le piogge sono inferiori come quantità ed intensità rispetto a quelle del versante tirrenico. Analogamente, il gradiente altimetrico delle precipitazioni risulta molto inferiore rispetto a quello del versante tirrenico dell'Appennino. L'aspetto morfologico, nella fattispecie la barriera fisica dei rilievi, assume un ruolo determinante nella caratterizzazione degli andamenti pluviometrici sui due versanti; infatti, a differenza di quello modenese, il versante tirrenico è esposto alle correnti d'aria cariche di umidità provenienti dal Mediterraneo settentrionale. L'Appennino modenese è influenzato solo da piogge frontali, mentre quello toscano riceve precipitazioni sia frontali che dovute ad effetti orografici (Repetti & Vittorini, 1989).

Evapotraspirazione potenziale e bilancio idrico. Per la classificazione del clima dell'alto Appennino modenese si ricorre al metodo dell'evapotraspirazione potenziale elaborato da Thornthwaite (1948). Dal bilancio di evapotraspirazione potenziale (ETP) e precipitazioni medie mensili (P) si ricava un parametro denominato "indice di umidità globale" (Im). Considerando le stazioni appenniniche di Boscolungo e Sestola, situate sopra i 1000 m. di quota, è stato calcolato un indice Im >100, che sta ad indicare l'assenza di deficit idrico del suolo tipica di un clima denominato "perumido" (Tomaselli et al., 1996).

Deposizioni umide e fenomeno dell'acidificazione.

La misura dell'alcalinità rappresenta lo strumento per stimare la suscettibilità all'acidificazione di un corpo idrico lacustre. Il suo valore non varia in funzione della temperatura e della pressione ed è indipendente dalla variazione dell'anidride carbonica in soluzione. Acque con alcalinità pari o inferiore a 200 µeq/l sono generalmente considerate come potenzialmente sensibili all'acidificazione, soggette ad abbassamenti periodici di pH. Per quanto attiene quest'ultimo parametro, mal si presta a quantificare il livello di acidificazione in quanto il livello della concentrazione idrogenionica è regolato dall'equilibrio tra le forme di carbonio inorganico a sua volta dipendenti dai processi di demolizione delle sostanze organiche oltre che dai processi fotosintetici. Pertanto per una quantificazione e valutazione degli effetti delle deposizioni acide si sottolinea l'imprescindibile necessità di una periodica rilevazione dell'alcalinità dei singoli corpi lacustri.

Si riportano alcune delle più significative concause che regolano e determinano l'acidificazione delle acque di superficie:

Clima e meteorologia: l'apporto di ioni idrogeno è correlato al volume delle precipitazioni ed al regime annuale. Precipitazioni intense causano una rapida saturazione del suolo, provocando un rapido scorrimento che riduce l'attività tamponante del suolo. Allo stesso modo il rapido disgelo può aggravare il fenomeno dell'acidificazione

Natura del suolo: buona parte delle precipitazioni atmosferiche rimane per scorrimento in superficie o arriva alla falda acquifera, quindi l'influenza del suolo è importante per la qualità della falda. La struttura litologica dell'arenaria Macigno e di monte Modino vede prevalere la componente arenaria, non soggetta al dilavamento delle acque meteoriche: 85% sabbie e arenarie, 10% argille, 5% calcari e marne (Viaroli et al., 1992). Il chimismo delle acque sotterranee e superficiali è quindi determinato dall'interazione con queste rocce, il contributo ionico alle acque dei laghi è quindi dovuto:

- 1) all'alterazione (molto debole) dell'arenaria macigno che rilascia sodio, potassio, calcio. Il *Macigno* è costituito da arenarie quarzose (42%) - feldspatiche (27%) con calcite (7%) e fillosilicati (24%). La presenza di silice, anche se in basse concentrazioni, indica la provenienza dall'alterazione dei minerali silicei come ortoclasio e albite (feldspati) e della biotite (fillosilicato), che vengono attaccati dalla CO_2 disciolta nelle acque.
- 2) all'azione dell'anidride carbonica sui carbonati (calcite nel macigno e soprattutto carbonato di calcio nelle marne) che determina la produzione di HCO_3^- e ioni calcio. Una parte del calcio può provenire dall'azione dell'anidride carbonica sull'anortite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), altro componente dei feldspati; tuttavia si ritiene che tale contributo sia molto limitato. La concentrazione del calcio nelle acque dei laghetti con bacino imbrifero privo di rocce calcaree è molto bassa, in alcuni casi paragonabile a quelli delle piogge.

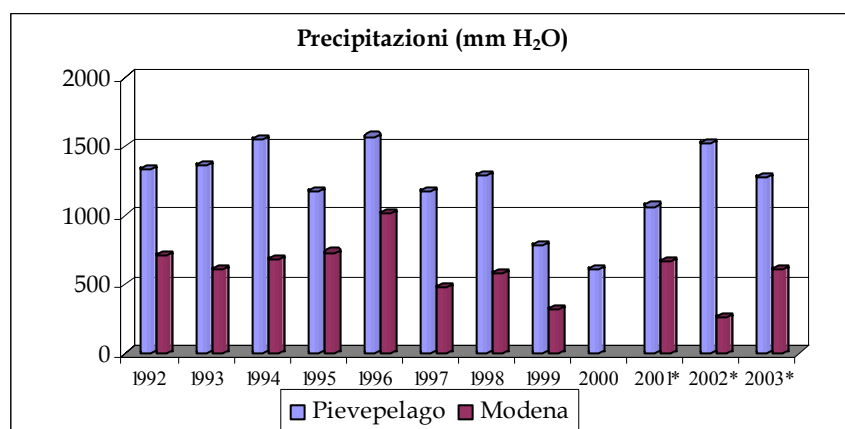
Topografia del bacino imbrifero: i bacini imbriferi con elevata pendenza hanno un rapido scorrimento delle acque meteoriche e il contatto col suolo è relativamente breve, tale da non comportare significative modifiche della composizione chimica dell'acqua piovana. Contrariamente, basse pendenze favoriscono interazioni prolungate tra acqua e suolo aumentando la possibilità di neutralizzare gli apporti acidi ai bacini lacustri. I laghi con contenuto di acqua pressoché costante subiscono variazioni di pH meno marcate in quanto il volume di acqua relativamente grande comporta una maggior diluizione dell'apporto acido.

Vegetazione: La copertura vegetale interagisce con l'assorbimento dei composti dell'azoto riducendo la quantità di ione ammonio disponibile per le reazioni di ossidazione, inoltre l'assorbimento di uno ione nitrato provoca il rilascio di un ossidrile per mantenere l'equilibrio elettrico delle soluzioni del suolo. I vegetali, mediante reazioni di lisciviazione delle foglie e delle radici, contribuiscono a ridurre l'acidità delle deposizioni attraverso scambi di ioni idrogeno ed ammonio con ioni di potassio, magnesio e manganese. È stato notato un aumento dell'acidità nella parte più superficiale del suolo impiantata da conifere. L'acidità rilevata è dovuta ad acidi organici, quindi una riforestazione di conifere può accrescere la sensibilità all'acidificazione.

Caratteristiche idrochimiche delle precipitazioni

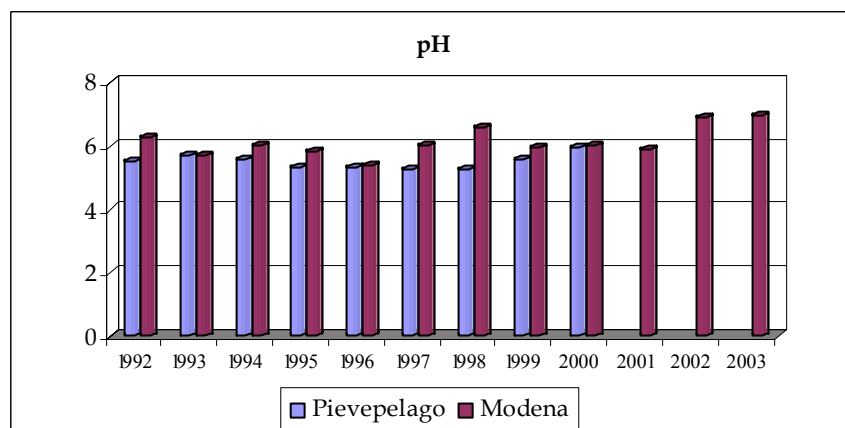
L'acidificazione delle piogge è dovuta principalmente all'aumento delle emissioni di componenti gassose in atmosfera come gli ossidi di zolfo (SO_2), e gli ossidi di azoto (NO_x) originati prevalentemente dalle attività antropiche. Il pH delle piogge è acido naturalmente per dissoluzione dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera ($\text{pH} = 5,65$), per cui l'aumento delle emissioni antropiche di anidridi gassose trasformate in acidi attraverso reazioni con l'acqua, sposta il pH dell'acqua verso valori di acidità più marcata. L'aumento dell'acidità delle piogge provoca effetti negativi oltre che sulle acque superficiali (fiumi, laghi, acque marine) anche sulla vegetazione.

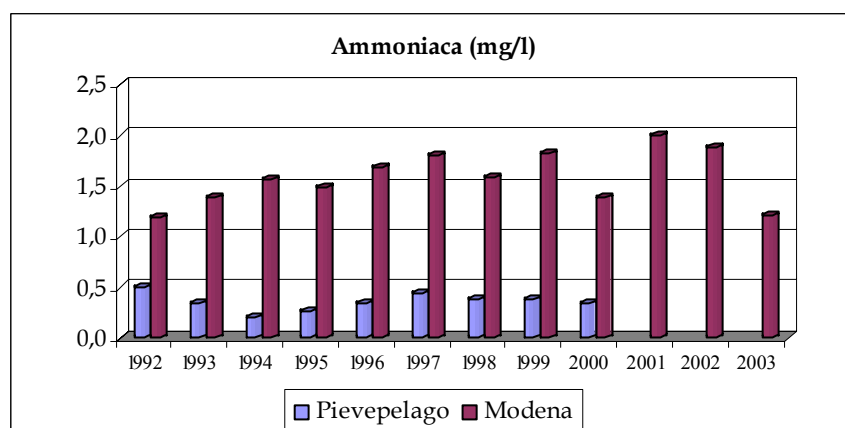
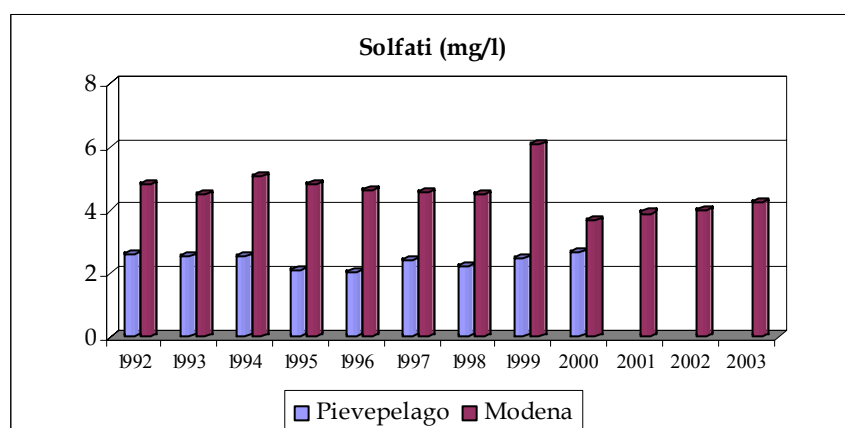
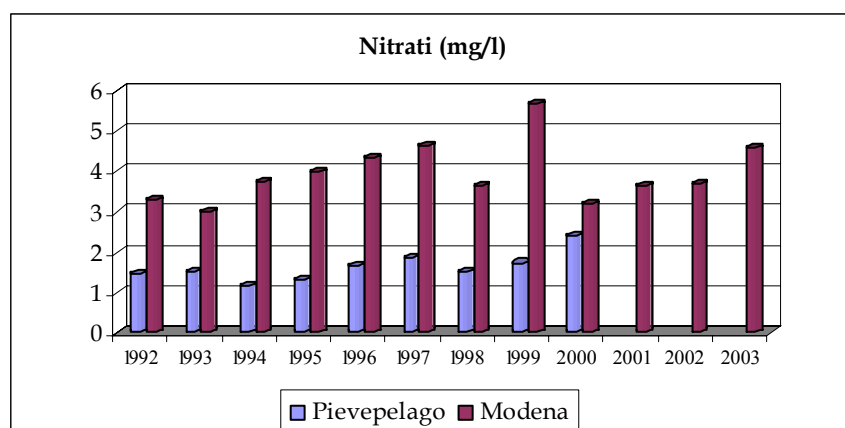
I dati utilizzati sono relativi alla stazione di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche umide (rete RIDEF) di Pievepelago (in funzione solamente fino al 2000; i dati relativi agli ultimi 3 anni sono riferiti alla stazione di Sestola) e sono stati messi a confronto con la stazione di Modena.



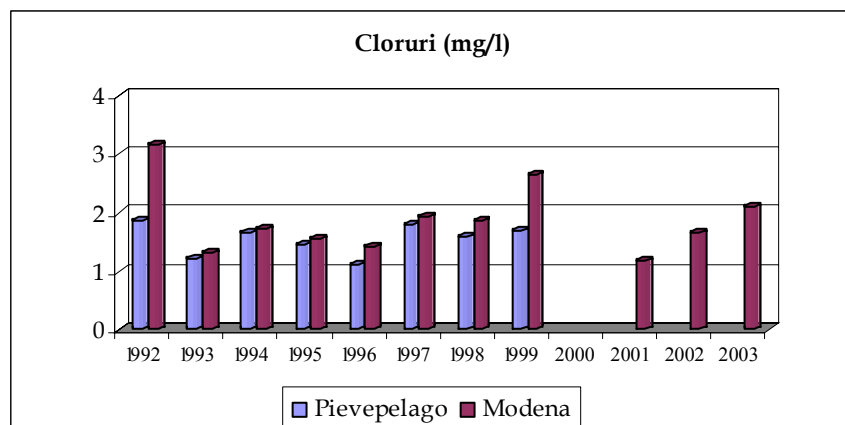
In entrambe le stazioni gli andamenti pluviometrici sono simili; a Pievepelago le precipitazioni sono sempre quasi il doppio di quelle rilevate nella stazione di Modena.

I dati di pH rimangono sempre su valori acidi in entrambe le stazioni. A Pievepelago il pH delle precipitazioni meteoriche si pone ad un livello di maggiore acidità nei confronti dei livelli di concentrazione riscontrati nell'ambito urbano di Modena. Ciò parrebbe in parziale contraddizione a quanto precedentemente descritto in riferimento alla maggiore emissione di ossidi di azoto NO_x e di zolfo SO₂ nelle aree industrializzate/urbane, con conseguente formazione di acido nitrico e acido solforico. Ma occorre altresì considerare che nelle reazioni che portano alla definizione del pH delle deposizioni rientrano altri fattori fra cui la concentrazione in atmosfera di NH₃. Nelle stazioni di pianura si rileva una maggiore concentrazione di NH₃, causata prevalentemente dalle emissioni riferite al comparto zootecnico e dal maggior utilizzo di fertilizzanti chimici. I composti basici come l'ammoniaca (NH₃) a seguito delle reazioni con le specie condensabili (acido nitrico e solforico) inducono effetti di neutralizzazione dell'acidità atmosferica, producendo sali come il nitrato e il solfato di ammonio, giustificando in tal modo i dati rilevati.

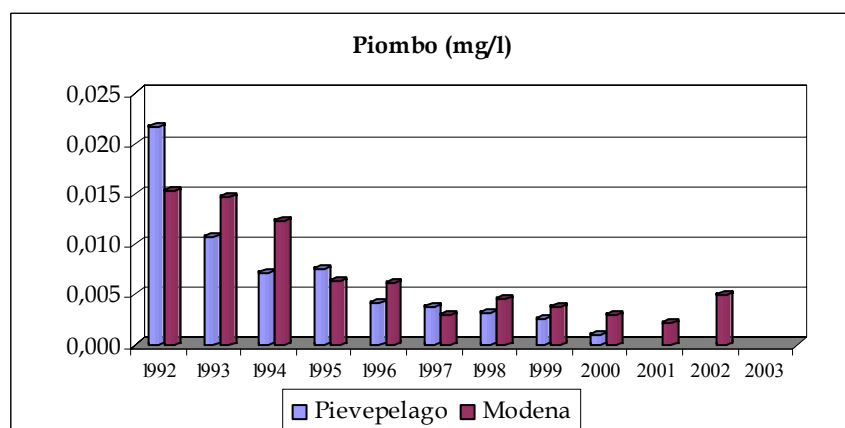




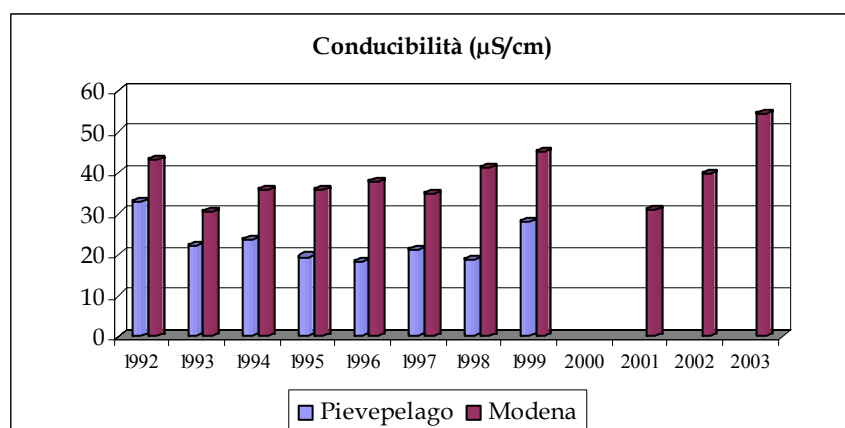
Un altro fattore che sicuramente influisce sul bilancio idrogenionico è la presenza più o meno elevata dei cloruri. A Pievepelago i livelli quantitativi riscontrati sono equiparabili alle altre stazioni della rete RIDEP, ma considerando che la concentrazione ionica totale è nettamente inferiore, ne consegue una loro incidenza percentuale maggiore. Poiché i cloruri evidenziano una buona correlazione con lo ione sodio, si può ipotizzare che l'apporto sia attribuibile all'influenza dello spray marino proveniente dal mar Tirreno.



L'andamento delle concentrazioni di piombo è simile in entrambe le stazioni pur rimanendo quasi costantemente superiore nella stazione di Modena. Dal 1992 al 2002 se ne rileva una diminuzione superiore al 75% da 22 $\mu\text{g/l}$ a 1 $\mu\text{g/l}$ (stazione di Pievepelago), mentre la stazione di Modena si attesta su valori di 4-5 $\mu\text{g/l}$. La drastica diminuzione delle concentrazioni di Piombo in atmosfera è sicuramente da imputarsi alla diminuzione di emissioni del metallo pesante in relazione alla maggiore diffusione delle auto che utilizzano benzina verde.



La conducibilità rimane su livelli pressoché costanti che sono nettamente inferiori rispetto alle stazioni di pianura, in quanto la quantità di ioni presenti nelle acque meteoriche di Pievepelago è inferiore a quella rilevata nella stazione di Modena. I valori di conducibilità delle acque meteoriche di Pievepelago sono allineati con i valori di conducibilità misurati sui laghi alimentati esclusivamente dalle piogge e dallo scioglimento delle nevi, a conferma dell'influenza delle piogge sulla qualità delle acque dei laghi.



Qualità delle precipitazioni nelle aree appenniniche in alta quota

Nel corso di un decennio sono state effettuati prelievi ed analisi di precipitazioni nevose e di piogge in zone di alta quota dell'Appennino tosco-emiliano, in particolare lungo il crinale montuoso che va dal monte Giovo fino al monte Gennaio (zona del Corno alle Scale), ultima propaggine montuosa degna di rilievo, prima del progressivo abbassamento del sistema appenninico tosco-emiliano.

Lo studio delle precipitazioni nevose consente di ricavare informazioni sulla composizione dell'aerosol atmosferico e dei cicli biogeochimici di immissione e diffusione di sostanze di interesse ambientale diffuse nell'atmosfera attraverso processi naturali o di natura antropica. Rispetto alla raccolta di deposizioni secche (dry deposition), il campionamento di quelle umide (pioggia e neve) è molto più semplice e conseguentemente più diffuso.

Particolare interesse assume lo studio del Piombo, considerato fino a qualche tempo un indicatore delle pressioni antropiche, per il diffuso impiego come antidetonante nelle benzine. Altri metalli pesanti, tra cui Cadmio, Nichel e Rame, prevalentemente provenienti da attività umane sono scarsamente rilevanti nel contesto delle precipitazioni in alta quota dell'Appennino tosco-emiliano, mentre la presenza di Alluminio, Ferro e Manganese è spesso legata a fenomeni naturali (primo fra tutti l'erosione crostale).

Il monitoraggio delle deposizioni nevose semplifica ulteriormente il campionamento delle precipitazioni: mentre le piogge devono essere raccolte evento per evento e rapidamente analizzate per evitare la degradazione di alcuni analiti, queste possono essere prelevate anche qualche giorno dopo la precipitazione, facendo attenzione che improvvisi riscaldamento atmosferici non abbiano innescato fenomeni di trasformazione del manto nevoso.

Lo studio delle nevi in aree montane dell'Appennino ha avuto comunque un carattere discontinuo, più sistematico è quello delle piogge. Gli obiettivi di questi studi sono i seguenti: individuazione dei livelli attuali di alcuni indicatori ambientali (metalli e altri parametri come nitrati) ed utilizzo di questi dati sia come base per verifiche di trend, sia come fonti di possibili impatti ambientali. Al di là del buono stato di salute che sembra presentare l'ecosistema forestale dell'alto Appennino tosco-emiliano, è di interesse stabilire l'entità dell'arrivo al suolo di alcune sostanze anche per la presenza di importanti giacimenti di acque minerali naturali o di sistemi lacustri di elevato interesse naturale e ricreativo.

Dai dati ricavati da uno studio effettuato in occasione di una tesi di laurea (Andrea D'Elia: *Composizione chimica delle precipitazioni nevose nell'Alto Appennino tosco-emiliano, anno accademico 1998 e 1999*) si osservano bassi livelli di contaminazione da metalli pesanti (tabella 3) e basse concentrazioni di nitrati (valore minimo: 0,08 mg/l; valore mediano 0,68 mg/l valore massimo: 4,48 mg/l NO₃).

Da confronti con lavori precedenti effettuati sulle nevi dell'Appennino (F. Mantelli et al, 1993; *Metalli pesanti nelle deposizioni nevose dell'Alto Appennino tosco-emiliano e delle Alpi Apuane. Indagini*

relative al periodo 1990-1992. II° Convegno internazionale di geoidrologia, Firenze), si osserva una diminuzione di Piombo in queste precipitazioni. Tuttavia la concentrazione di questo metallo nelle piogge, come riportato di seguito, sembra mostrare un diverso andamento.

Elemento	Concentrazione µg/l (valori mediani su 29 campioni) (D'Elia, 1999)
Alluminio	4,30
Arsenico	0,04
Cadmio	0,01
Rame	0,28
Cromo	0,12
Ferro	3,40
Manganese	0,59
Nichel	0,13
Piombo	0,44
Zinco	1,25

Piombo nelle nevi dell'Appennino tosco-emiliano	Concentrazione µg/l Valori mediani
Mantelli, 1992	1,2
D'Elia, 1999	0,4

Tabella 3 - Piombo ed altri elementi in traccia nelle nevi dell'Appennino tosco-emiliano

Per quanto riguarda lo studio delle piogge, da alcuni anni sono stati posti dei campionatori di tipo *bulk* (*Wet - dry sampler*) in due aree montuose che interessano i laghi modenesi:

- sperone S-E del monte Rondinaio (m 1964), a m 1880, sul confine delle provincie di Lucca e di Modena (area dei laghi Santo e Baccio);
- versante nord-ovest del monte Gennaio (m. 1814) a m 1642, nel gruppo dell'Uccelliera, Appennino pistoiese (area del lago Scaffaiolo).

Questo sistema di campionamento è ideato per la necessità di disporre di dati sulle piogge in aree dove non è possibile l'allestimento di centraline automatiche di prelievo. La procedura di campionamento sperimentata, pur non discriminando fra gli eventi meteorici che si susseguono nel tempo, è comunque utilizzabile per valutazioni su tematiche specifiche e non è utilizzabile come sistema di monitoraggio delle piogge. Le difficoltà che si pongono per il campionamento delle piogge in aree isolate, quando non si dispone di sistemi di campionamento automatici, sono legate soprattutto all'impossibilità di recuperare il campione dopo ogni evento meteorico. Inoltre la permanenza delle piogge per molto tempo nei flaconi di raccolta può determinare variazioni sia delle concentrazioni, sia delle specie chimiche degli analiti, prevalentemente per azione della luce, di microrganismi e della temperatura.¹

¹ Mantelli F., A. Ronchi, C. Minoia - *Campionamento delle piogge in aree montane* Boll. Chim. Igien. Vol. 51, pp. 81-88, 2000.

Il campionamento di tipo *bulk* porta di norma a valori di pH superiori a quelli del prelievo “wet – only”, come è noto in letteratura², per l’apporto di deposizione secca che tende a neutralizzare l’acidità delle piogge; è inoltre un campionamento che determina una perdita della differenziazione fra deposizione secca e deposizione umida. La deposizione secca può costituire in aree remote il 25% del contributo di sostanze presenti nelle precipitazioni. I risultati che si ricavano con il metodo di campionamento adottato possono pertanto essere sovrastimati rispetto al campionamento *wet-only* (sola deposizione umida). Inoltre è da prevedere anche il contributo di sostanze trascinate da rugiada e brina. Il campionatore tipo è di norma costituito da un flacone in polietilene da 3000 ml e da un imbuto di raccolta di forma cilindrica del diametro interno di 58 mm (sez. cm² 26,40). Sul fondo dell’imbuto è disposta la reticella. la reticella determina un’esclusione delle macroparticelle (superiori a 100 µm) e quindi consente di campionare le particelle di dimensioni comprese fra <0,1 e 10 µm che costituiscono la maggior parte della massa dell’aerosol atmosferico.

La raccolta dei campioni dopo un certo periodo di tempo, e non evento per evento, determina alterazione del contenuto ionico: la pioggia raccolta nel campionatore costituisce una soluzione ionica con azoto e sostanza organica sufficienti a determinare lo sviluppo di microrganismi, in particolare alghe verdi. In particolare, la presenza di batteri denitrificanti può ridurre lo ione NO₃⁻ a N₂O o a N₂. Per quanto riguarda il campione ai fini dello studio di elementi in traccia si può avere adsorbimento dei metalli sulle pareti del recipiente. In genere si sono adottati due diversi sistemi di campionamento a seconda che il campione sia destinato alla raccolta di pioggia per l’analisi di metalli e di altri elementi in traccia o destinato all’analisi dei componenti principali. Per minimizzare i problemi individuati, nel flacone destinato alle analisi dei componenti principali viene aggiunta una modesta quantità di Cloroformio, mentre in quello destinato alle analisi dei metalli è presente un piccolo volume di una soluzione di acido nitrico. Per maggiori dettagli su queste tecniche di campionamento è possibile fare riferimento al lavoro citato in bibliografia (Mantelli et al., 2000).

Data deposizione prelevatore		05/05/1996	03/05/1997	09/05/1998	05/05/2000	13/05/2001	01/05/2002
Data ritiro prelevatore		09/02/1997	14/12/1997	12/11/1998	21/10/2000	01/05/2002	04/05/2003
Conducibilità elettrica	µS/cm 25 °C	16,1	14,7	14,6	51,4	55,0	17,5
pH	unità pH	5,4	5,2	6,0	8,1	7,5	7,9
Ammonio	mg/L NH ₄	<0,05	<0,05	0,51	2,25	3,02	0,15
Nitrito	mg/L NO ₂	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cloruro	mg/L Cl	0,8	1,5	0,9	1,9	2,1	1,4
Nitrato	mg/L NO ₃	0,7	0,05	1,1	1,7	1,9	1,4
Solfato	mg/L SO ₄	1,2	1,7	1,8	3,2	3,6	2,5
Sodio	mg/L Na	0,6	0,9	0,6	0,7	1,4	1,7
Potassio	mg/L K	0,1	0,2	0,1	1,3	1,0	0,3
Calcio	mg/L Ca	0,6	0,2	0,4	2,0	1,8	0,7
Magnesio	mg/L Mg	<0,5	0,4	0,1	<0,5	0,4	<0,5

Tabella 4 - Componenti principali ed altri parametri descrittivi riscontrati nelle piogge sul monte Rondinaio e sul monte Gennaio nel corso degli anni (1996-2003). (Il campionamento 1999 è andato distrutto, probabilmente, da eventi meteorici).

² Camuffo D. - *Acidic precipitation*, Springer Verlag, New York, 1990

Per quanto riguarda i metalli nelle piogge, la maggior parte di questi è legata a processi naturali (alluminio, manganese, ferro, zinco), mentre il Piombo è probabilmente imputabile ad attività antropica. Questo elemento si trova comunque sempre in concentrazioni basse, ma con gli stessi livelli da circa 10 anni. Il confronto nel corso degli anni e fra le due diverse postazioni (tabella 5), pur nel numero ridotto di dati, non indica variazioni nel corso del tempo e non si evidenziano differenze fra le due postazioni, localizzate a simili altitudini comunque a notevoli distanze. Le concentrazioni di Piombo riscontrate sul monte Rondinaio e sul monte Gennaio sono dello stesso ordine di quelle rilevate nella stazione di Pievepelago in anni recenti.

	Monte Rondinaio - Sperone S-E m 1880						Monte Gennaio versante Nord - Ovest m. 1734	
Data deposizione prelevatore	7/5/95	5/5/96	3/5/97	9/5/98	5/5/00	13/5/01	5/05/99	31/05/01
Data ritiro prelevatore	19/11/95	9/2/97	14/12/97	12/11/98	21/10/00	1/5/02	26/09/99	25/11/01
Alluminio	-	88	103	65	208	99,7	140	345
Bario	-	-	-	<5	12,8	6,5	10	<5
Cadmio	0,06	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cromo	0,26	<1,0	<1,0	<1,0	2,5	<1,0	2,3	<1
Ferro	118	99	125	90	82,3	54,7	140	156
Manganese	7,7	7,3	10,4	7,3	7,7	7,7	22,0	18,0
Piombo	1,9	2,0	<1,0	2,0	<0,1	1,7	2,4	1,9
Nichel	<2	-	-	<2	-	-	-	<2
Rame	1,5	0,8	1,2	0,8	<2	<2	<2	<2
Zinco	43	<10	20	<10	-	-	-	-

Tabella 5 - Concentrazioni in $\mu\text{g/l}$ di metalli riscontrate nelle piogge sul monte Rondinaio e sul monte Gennaio nel corso degli anni (1996-2003) sono dello stesso ordine di quelle riscontrata nella stazione di Pievepelago in anni recenti. (Il campionamento 1999 è andato distrutto, probabilmente, da eventi meteorici).



Figura 7 - Recupero di flaconi contenenti campioni di acqua di pioggia sullo sperone S-E del Monte Rondinaio a quota 1880 m (4 maggio 2003)

In sintesi, si può affermare, che sulla base dello studio delle precipitazioni atmosferiche, al momento attuale, l'Appennino toско-emiliano, almeno nelle aree più elevate, presenta buoni livelli di "naturalità".

Analisi chimico-fisiche delle acque lacustri e dei relativi immissari ed emissari.

Di seguito vengono riportati i dati relativi alle analisi chimico-fisiche effettuate nel periodo di monitoraggio 1996-2003, integrati da schede relative ai dati topomorfici e morfologici e da una breve descrizione e caratterizzazione dell'ambiente in esame.

Lago Pratignano

Il lago è ubicato su uno sdoppiamento di versante sulla cresta che separa la valle del torrente Ospitale da quella del torrente Dardagna.

Denominazione	<u><i>lago Pratignano</i></u>	Profondità max (m)	1 (a N) – 4,5 (a S)
Quota (m s.l.m.)	1307	Area (m²)	
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	
Sottobacino idrografico I	torrente Leo	Emissario	Manca un emissario vero e proprio, quando l'acqua supera il livello massimo sgronda verso sud
Sottobacino idrografico II	torrente Ospitale	Alimentazione	acqua meteoriche, sorgente
Sottobacino idrografico III		Escursione livello (cm)	40
Coordinate geografiche	1° 38' 2" long. O 44° 10' 15" lat. N	Substrato	Torba, limo
Lunghezza max (m)	635	Forme di tutela	Zona A Parco Regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	185		

La superficie del lago effettivamente occupata dalle acque si è notevolmente ridotta nel tempo, anche per il progressivo avanzamento della vegetazione. Si può anche supporre che su questa evoluzione abbia influito anche la diminuzione delle precipitazioni invernali, in quanto il bilancio idrico del lago è regolato dalla superficie del bacino imbrifero che è di poco superiore alla superficie dello specchio lacustre.

L'aspetto caratteristico del lago Pratignano è di una palude circondata da praterie e faggete. All'interno del lago sono presenti erbe palustri che ne caratterizzano la morfologia fra cui il Trifoglio fibrino (*Menyanthes trifoliata*), lo sfango (*Sphagnum cuspidatum*), l'Anemone gialla (*Anemone ranunculoides*), il Marrubio Acquatico (*Lycopus europaeus*), la Lisimachia (*Lysimachia vulgaris*), l'Orchidea maschia (*Orchis sambucina*), il Cipollaccio (*Gagea lutea*), la Primula odorosa (*Primula veris*), la Genzianella di Kock (*Gentiana kochiana*), la Campanula toscana (*Campanula medium*) ed inoltre si segnala la presenza di Rosolida (*Drosera rotundifolia*), rara pianta carnivora acquatica che conferisce al lago un alto valore botanico. La flora presente comprende funghi, ginepri, ginestre, mirtilli, orchidee, erica, rose selvatiche, rovi di more, trifoglio. La fauna comprende lepri, cinghiali e non sono infrequenti le vipere, passeracei e rapaci.



Figura 8 – Lago Pratignano. La foto a destra mostra come la vegetazione del lago sia talmente diffusa da ricoprirlo quasi completamente.

Per il lago Pratignano sono stati effettuati due campionamenti sia sull'acqua del lago che delle sorgenti a giugno 1998 e giugno 2002. Dai valori di pH, risulta una lieve alcalinizzazione delle acque sia del lago che delle sorgenti, passando da valori debolmente acidi a valori debolmente basici. Le sorgenti presentano valori di conducibilità più elevate rispetto al lago. Le sostanze azotate risultano sempre inferiori al limite di rilevabilità.

		Sorgente	Lago	Sorgente	Lago
Data prelievo		22/06/1998	22/06/1998	11/06/2002	11/06/2002
Temperatura acqua	°C		13,1	12,1	16,0
Ossigeno disciolto	mg/l		7,1	14,8	18,0
Conducibilità	μS/cm	110	69	114	73
pH		6,48	6,9	7,5	7,4
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	<0,04	<0,04	0,03	0,05
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Azoto nitrico (N)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cloruro (Cl)	mg/l		2	1,4	1,5
Solfato (SO ₄)	mg/l	3,6	1,9	2,5	2,0
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	65,4	38,8	69	43
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l		0,02	<0,02	0,02
Sodio	mg/l		1,27	0,7	0,4
Potassio	mg/l		0,4	0,2	0,2
Calcio	mg/l		11,4	18,3	12,5
Magnesio	mg/l		1,54	2,2	0,5
Alcalinità	μeq/l	1072	636	1131	705

Tabella 6 – Lago Pratignano: parametri chimico-fisici.

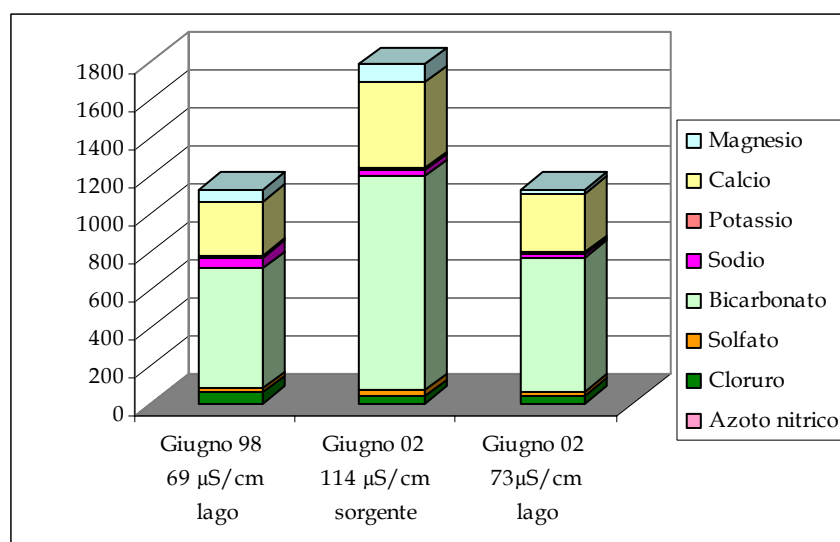


Figura 9 - Spettro ionico del lago e della sorgente (µeq/l).

Per il solo anno 2002 è stato effettuato uno screening dei metalli più rappresentativi.

		Sorgente	Lago
Ferro totale	µg/l	62	92
Manganese	µg/l	6	12
Alluminio	µg/l	<100	<100
Cadmio	µg/l	<1	<1
Cromo	µg/l	<5	<5
Piombo	µg/l	<10	<10
Nichel	µg/l	<5	<5
Rame	µg/l	7	9
Zinco	µg/l	<5	<5
Boro	µg/l	<10	<10
Bario	µg/l	32	61

Tabella 7 - Concentrazione dei metalli (µg/l) rilevati nelle acque del lago Pratignano e nella sua sorgente a giugno 2002.

Come evidenziato in tabella 7, la maggior parte dei metalli analizzati risulta essere in concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale. Per Ferro, Manganese, Rame e Bario le concentrazioni rilevate nel lago sono significativamente superiori a quelle rilevate nell'acqua delle sorgenti, causa il successivo arricchimento indotto dall'erosione crostale.

Lago Scaffaiolo

Il lago Scaffaiolo è uno degli specchi d'acqua posti più in alto dell'intera catena appenninica (1.780). Poco distante verso sud-est si eleva la vetta del monte Cupolino, mentre sulle sue rive sorge il Rifugio Duca degli Abruzzi. Storicamente e geograficamente di pertinenza bolognese, entrò a far parte del territorio estense alla fine del '700, a seguito della ridefinizione dei confini tra Ducato e Stato Pontificio, ed è ancora oggi inserito nell'ambito provinciale di Modena.

Denominazione	<u><i>lago Scaffaiolo</i></u>	Profondità max (m)	2,40
Quota (m s.l.m.)	1784	Area (m²)	
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	
Sottobacino idrografico I	torrente Leo	Emissario	assente
Sottobacino idrografico II	torrente Dardagna	Alimentazione	sorgenti perenni, acque meteoriche
Sottobacino idrografico III		Escursione livello (cm)	20
Coordinate geografiche	1° 38' 35" long. O 44° 7' 55" lat. N	Substrato	limo, sabbia, sassi
Lunghezza max (m)	200	Forme di tutela	zona B Parco Regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	83		



Figura 10 – Panoramica del lago Scaffaiolo.

La forma del lago è allungata in direzione nord-ovest sud-est, secondo la disposizione del crinale medesimo: la lunghezza è circa 150 metri, mentre la larghezza è di circa 50 m; la profondità massima è di circa 2,5 m. Le sue rive sono nude e sassose, non ha emissari e viene in parte alimentato dalle acque di ruscellamento del monte Cupolino ed in particolare dalle acque meteoriche (le precipitazioni raggiungono e superano i 2000 mm/anno) e di condensazione (rugiade e brine) che risalgono dalla sottostante Garfagnana e dal mare Tirreno. La conca che ospita il lago è interpretata come il prodotto di fenomeni di degradazione meteorica. Anche se il fenomeno non è ancora stato ben studiato sembra sia il prodotto della decompressione degli ammassi rocciosi intensamente fratturati e costituenti i crinali più acclivi e stretti.

Su questi crinali si formerebbero piccoli fossati o graben, vale a dire strutture distensive e conseguenti a deformazioni gravitative molto lente, lungo le fratture. Nel caso del lago Scaffaiolo, una di queste fratture sarebbe responsabile di una emergenza di una sorgente denominata “le Vene del Lago”, posta a circa 100 m al disotto del crinale, alla testata della Valle della Volata (versante toscano), con portate direttamente regolate con il livello del lago. Le acque limpide

cambiano aspetto per il veloce mutare delle condizioni meteorologiche: non è infrequente vederlo avvolto da nebbia.

L'ambiente evidenzia una flora alpestre protetta di ranuncoli, viole, doronico, ginestre, colchici, orchidee, ginepri, mirtilli e nardo; la fauna è composta da cinghiali (nei boschi), passeriformi, falconidi, e talvolta l'aquila reale.

		1998	1999	2002	2003	
		22/06	07/07	11/06	14/08	15/09
Temperatura acqua	°C	15,6	14,8	12,6	24,3	16,4
Ossigeno disciolto	mg/L	7,7		15,6		
Conducibilità	µS/cm	80	83	63	154	111
Torbidità	N.T.U.				0,3	2,2
pH		7,6	7,5	7,3	7,0	7,7
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	<0,04	<0,04	0,06	<0,02	
Azoto nitroso (N)	mg/l	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Azoto nitrico (N)	mg/l	0,11	0,18	<0,1	0,27	0,23
Cloruro (Cl)	mg/l	2,0	3,3	1,2	6,2	1,3
Solfato (SO ₄)	mg/l	2,2	5,2	2,7	5,1	2,8
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	44	51	36	86	65
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	
Sodio	mg/l	1,25		0,70	2,60	1,30
Potassio	mg/l	0,44		0,20	3,20	0,80
Calcio	mg/l	15,3		10,5	29	22,9
Magnesio	mg/l	0,37		1,50	1,00	0,35
Alcalinità	µeq/l	728	836	590	1.409	1.065

Tabella 8 - Lago Scaffaiolo: parametri chimico-fisici.

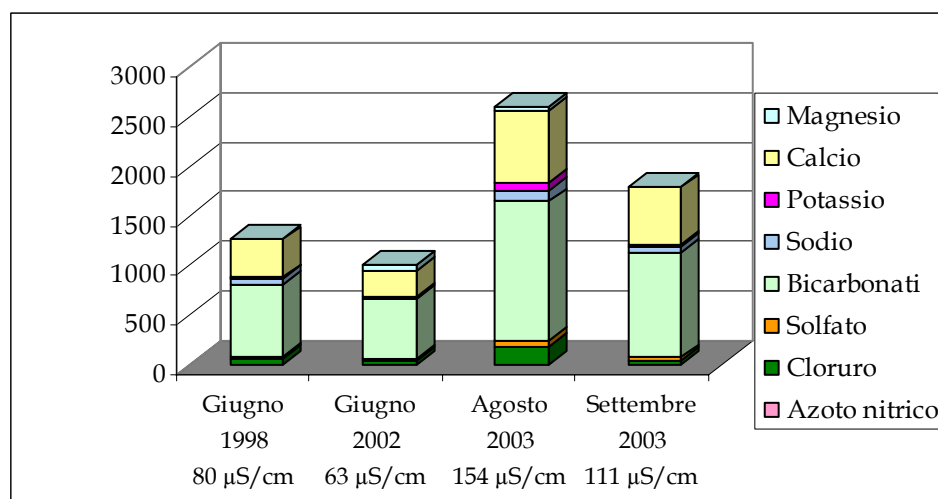


Figura 11 - Spettro ionico del lago anni 1998 - 2003 (µeq/l).

L'acqua del lago Scaffaiolo presenta costantemente un pH debolmente alcalino; i due campioni effettuati ad agosto e settembre 2003 mostrano rispettivamente, il valore minimo e massimo registrati. La conducibilità evidenzia valori elevati soprattutto nel 2003, anno particolarmente siccitoso durante il quale anche il livello del lago risultava significativamente inferiore a quello registrato nelle precedenti campagne. Le sostanze azotate presentano concentrazioni inferiori al

limite di rilevabilità strumentale ad eccezione dei nitrati che sono analiticamente rilevabili, anche se in concentrazioni molto basse.

Significativamente più elevate risultano le concentrazioni dei bicarbonati, rilevate nell'estate del 2003, riconducibili alla presenza di rocce carbonatiche e alla concomitante riduzione del contributo acido riferibile alle piogge. Gli elevati valori di alcalinità rendono le acque del lago non suscettibili al fenomeno dell'acidificazione.

		2002
		11/06
Ferro totale	µg/l	95
Manganese	µg/l	4
Alluminio	µg/l	<100
Cadmio	µg/l	<1
Cromo	µg/l	<5
Piombo	µg/l	<10
Nichel	µg/l	<5
Rame	µg/l	9
Zinco	µg/l	118
Boro	µg/l	72
Bario	µg/l	139

Tabella 9 - Concentrazione dei metalli (µg/l) rilevati nelle acque del lago Scaffaiolo nell'autunno del 2002.

Le analisi dei metalli disciolti, registra concentrazioni significative di Ferro, Zinco, Bario e Boro. Gli altri metalli presentano concentrazioni inferiori o prossime al limite di rilevabilità strumentale.

Lago Santo Modenese

Il lago Santo è di origine glaciale; si è originato dal ghiacciaio della Valle delle Tagliole profondo nella valle per 6 km discendente dal monte Giovo e dal monte Rondinaio. Il lago è alimentato dallo scioglimento nivale (depositi fino a 2 metri di neve si possono osservare sulla sua superficie in inverno) e durante il periodo delle piogge, da acque che provengono da piccoli ruscelli che scendono soprattutto dalla parete NE del monte Giovo. Questi immissari si esauriscono rapidamente ed è pertanto ipotizzabile una continua alimentazione delle acque del lago Santo attraverso sorgenti sotterranee occultate da vaste conoidi di deiezione poste al margine OSO del lago.

Denominazione	<u><i>lago Santo Modenese</i></u>	Profondità max (m)	11,5
Quota (m s.l.m.)	1501	Area (m²)	68.325
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	1.425
Sottobacino idrografico I	torrente Scoltenna	Emissario	perenne
Sottobacino idrografico II	torrente Tagliole	Alimentazione	immissari
Sottobacino idrografico III	fosso del Lago Santo	Escursione livello (cm)	-
Coordinate geografiche	1° 52' 9" long. O	Substrato	limo, sabbia, sassi
	44° 8' 3" lat. N	Forme di tutela	zona B Parco regionale
Lunghezza max (m)	540		Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	154		



Figura 12 – Lago Santo. A destra una veduta del lago dal Monte Giovo.

Il lago è attorniato da vegetazione arborea costituita principalmente da faggi che hanno subito diversi disboscamenti fino ai primi decenni del 1900; sono inoltre presenti abeti, larici, roverelle e carpini. L'area del lago Santo è inoltre molto importante da un punto di vista botanico in quanto sono presenti diverse specie protette quali: ginepri, rose, sambuchi, more, ginestre dei carbonai, digitale, campanule, dafne mezereo, viola biflora, timo serpillio, geo montano, euforbia, felce maschio, cerastio, olivella, parnassia, elicriso, erioforo, nardo, mirtillo nero e uliginoso, carlina e funghi di diverse specie. Nella parte meridionale del lago è da segnalare un'ampia depressione acquitrinosa con presenza di *Pinguicola* (*Pinguicola vulgaris*), *Erioforo* (*Eriophorum angustifolium*) e diverse specie di *Carex*; importante anche la presenza di *Dryopteris oreades* una pteridofita caratteristica solo dell'area tosco-emiliana. Per quanto riguarda la fauna sono presenti diverse varietà di roditori, volpi, ungulati fra cui anche i cinghiali, passeracei, falconidi e l'aquila reale; nelle acque sono presenti trote.

		1996	1997				1998		1999	2001	2000	2002		2003	
		14/10	02/06	15/10	24/11	27/06	11/09	20/06	02/11	21/10	19/06	25/11	27/08	04/05	
Temperatura acqua	°C	8,5	12,2	8,3	1,4			14,1		8,4	22,1	5,4	28,2	9,2	
Ossigeno disciolto	mg/l		9,9				7,6				14,4	10,5			
Conducibilità	μS/cm	78	70	86	71	61	75	81	76	69				68,1	
pH		7,9	7,6	7,5	7,4	7,6	7,3	8,1	7,1	7,1	7,4		8,5	7,4	
Azoto ammoniacale(N)	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	< 0,04	< 0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Azoto nitrico (N)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,23	<0,1	<0,1	<0,1	0,23	0,11	0,18	
Cloruro (Cl)	mg/l		2,6	2,1	3,4	2,3	3,5	3,2	1,9	2,9	2,9	1,7	1,9	2,9	
Solfato (SO ₄)	mg/l	6,5	3,9	4,9	3,9	4	3,9	3,7	4,5	4,2	10	3	3,4	4,7	
Bicarbonati (HCO ₃)	mg/l		31	40	32	34,6	40,5	36	40,4	39,5	34	34	43	54	
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l				0,44	0,44	0,73			<0,02	<0,15	<0,02	0,02	<0,02	
Sodio	mg/l	1,9	1,9	2,02	1,9		2,15		1,4	2,31	1,4	<1	2,5	3,1	
Potassio	mg/l						0,57	2			0,8	0,17	0,18	0,7	
Calcio	mg/l	12,6	11,5	14,4	11,8		12,9		14,6	12,4	11,2	10,5	11,3	16,8	
Magnesio	mg/l	0,9	0,85	0,42	0,37		0,99		0,8	0,9	0,9	1,25	0,8	1,1	
Alcalinità	μeq/l		508	655	527	567	664	590	662	647	557	557	705	885	

Tabella 10 – Lago Santo: parametri chimico-fisici.

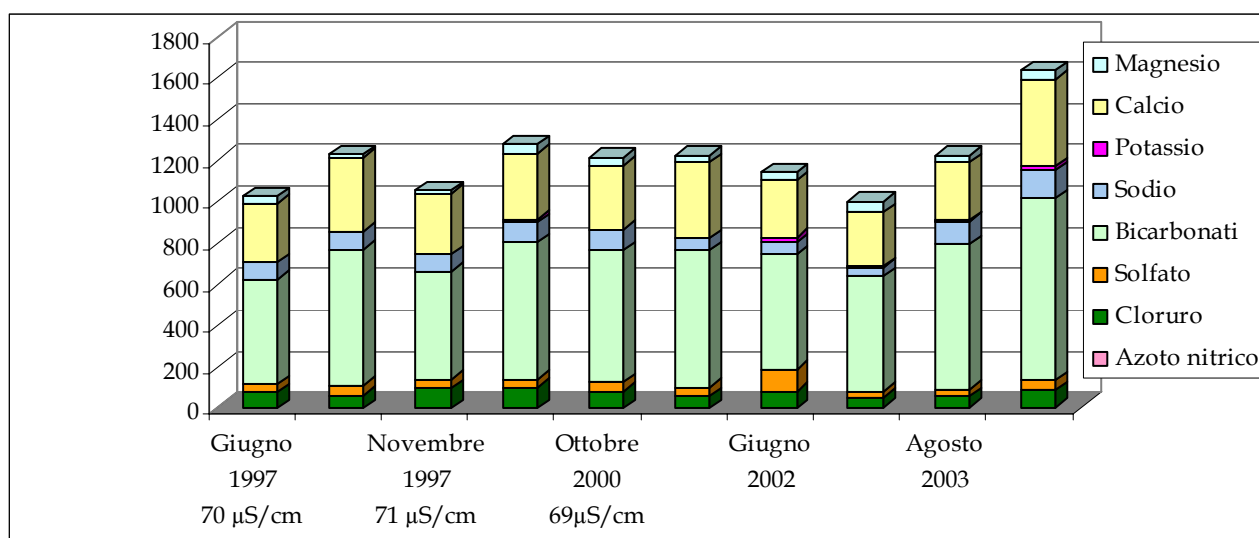


Figura 13 – Spettro ionico del lago Santo anni 1996 – 2003 (µeq/l).

Le acque del lago Santo presentano un pH debolmente alcalino tendenzialmente più elevato rispetto agli altri laghi monitorati del gruppo Giovo-Rondinaio, dovuto alla componente bicarbonato-calcica che risulta dominante, come evidenziato dal grafico relativo allo spettro ionico (figura 13). Cloruri, Solfati e Sodio rivestono un ruolo secondario; è pertanto ipotizzabile l'arrivo di acque di sorgente, generalmente più mineralizzate. Anche se i litotipi prevalenti che si osservano nel bacino imbrifero sono rappresentati da rocce arenacee, piccoli lembi di marne affiorano lungo la parte est del monte Giovo e nelle conoidi alla base della parete posta su questo versante. Calcari marnosi campionati nelle conoidi sotto la parete est del monte Giovo alla base lago Santo nel giugno 1998 presentavano un contenuto del 72,6 % di calcare e del 27,4 % di argille, mentre strati di rocce marnose prelevate nel settembre 1997 sulla cresta sommitale del Giovo (100 m a sud est della vetta), erano composti per il 55,3 % da calcare e per il 44,7 % da argille. La conducibilità delle acque del lago varia dai 55 agli 86 µS/cm; i valori più elevati si registrano nel periodo autunnale (settembre – novembre). Le sostanze azotate (azoto ammoniacale e nitroso) sono in concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale. Solo in alcuni campioni i nitrati raggiungono concentrazioni rilevabili anche se in concentrazioni molto basse.

	Ottobre 1997	Novembre 1997	Giugno 2002	Novembre 2002	Agosto 2003
Ferro totale	85	78	43	<5	35
Manganese	20	<20	48	1	9
Alluminio			141	<100	<100
Cadmio	<0,5	<0,5	1	<1	<1,0
Cromo	<2	<2	5	<5	<5
Piombo	<2	<2	10	<10	<10
Nichel	<4	<4	5	<5	<5
Rame	<10	<10	8	17	<5
Zinco	<20	<20	177	11	<5
Boro	<100	<100	92	<10	<10
Bario	<25	<25	190	<10	<10

Tabella 11 – Concentrazione dei metalli (µg/l) nelle acque del lago Santo Modenese anni 1997 - 2003.

La quasi totalità dei metalli presenta concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale, ad eccezione di Ferro e Alluminio. Nella campagna di monitoraggio effettuata nel 2002, si rileva un aumento significativo di Manganese, Zinco e Bario.

Lago Baccio

Il lago Baccio è posto a 1.554 m s.l.m., nelle vicinanze del lago Santo Modenese e separato da questo da un dorso roccioso. Il lago, di origine glaciale, è poco profondo e di piccole dimensioni con un perimetro di circa 520 m. Si trova nella parte occidentale di un ampio circo posto tra il monte Giovo ed il monte Rondinaio.

Le sue rive sono occupate da vegetazione palustre in particolar modo nel versante nord in cui si presenta come piana acquitrinosa percorsa da diversi ruscelli che alimentano il lago. Verso il Rondinaio si osserva un esempio di rock glacier, costituito da detriti di gelivazione disposti in lingue, di cui alcune sono soggette a movimenti ad opera dei processi di gelo-disgelo e delle acque di fusione nivale. Nella parte a sud, in cui presenta un emissario, alla fine degli anni ottanta è stato costruito uno sbarramento in calcestruzzo per evitare lo svuotamento del bacino. La piana acquitrinosa è determinata da un progressivo riempimento alluvionale e da una progressiva erosione della soglia detritica che sbarra il lago causando un progressivo abbassamento del livello delle acque. Il lago è alimentato dallo scioglimento nivale e da un tributario che durante la primavera raccoglie un'elevata quantità d'acqua proveniente dall'emissario del lago della Porticciola. Durante l'estate risente di vistosi abbassamenti del livello idrometrico con una consistente diminuzione delle portate dell'emissario, che passano dai 700 l/sec. del 15/5/98 agli 11,5 l/sec. del 15/6/98.

All'inizio dell'autunno, in occasione di piogge intense e persistenti torna rapidamente a livelli di piena con la riattivazione dell'emissario. Le variazioni del regime idrologico sono ovviamente largamente influenti sulle concentrazioni ioniche che sono minime in primavera ed autunno e massime nel periodo di estivo, registrate dalle misure del pH, conducibilità e Alcalinità che, proprio nel periodo estivo, raggiungono i valori massimi.

Nel 2003 a causa delle elevate temperature e delle piogge scarse, il livello del lago si è abbassato in modo significativo, tale da non raggiungere per buona parte dell'anno lo sfioro in uscita al lago.



Figura 14 – Immagini del lago Baccio nell'estate 2003. Sulla destra lo sfioratore dell'emissario del lago completamente secco.

Denominazione	<u><i>lago Baccio</i></u>	Profondità max (m)	3,0
Quota (m s.l.m.)	1554	Area (m²)	13.825
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	-
Sottobacino idrografico I	torrente Scoltenna	Emissario	permanente
Sottobacino idrografico II	torrente Tagliole	Alimentazione	immissari
Sottobacino idrografico III	fosso del Lago Baccio	Escursione livello (cm)	130
Coordinate geografiche	1° 51' 49" long. O 44° 7' 46" lat. N	Substrato	ghiaia, sabbia, limo, humus
Lunghezza max (m)	150	Forme di tutela	zona B Parco regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	130		



Figura 15 – Scorcio del lago Baccio. Sullo sfondo il monte Rondinaio.

		1996	1997				1998				1999	2000	2001	2002		2003	
		11/09	2/06	15/10	24/11	11/06	31/08	11/09	12/11	20/06	21/10	2/11	19/06	25/11	4/05	27/08	
Temperatura acqua	°C		11,4	6,6	2,6	12,2	13,9	14,8	4,9	12,6	7,3		20,8	5,6	9,8	19,2	
Ossigeno disciolto	mg/L		10			8,8	8,5	7,3	8,5				15,68	10,4			
Conducibilità	µS/cm	48	37	52	50	54	68	61	42	41	32,2	49		82	31,6		
pH		7,2	7,6	7,9	7,25	7,3	8,2	6,85	7,3	6,9	6,8	7,2	7,2		7,5	7,54	
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	0,04	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,08	0,02	
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Azoto nitrico (N)	mg/l	0,23	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,36	0,1	0,23	<0,1	2,21	<0,1	<0,1	0,14	<0,1	
Cloruro (Cl)	mg/l	2,5	2,2	1,4	3,3	0,71		3,22		2,7	2,8	2,4	1,5	1,6	2,5	1,8	
Solfato (SO ₄)	mg/l	2,8	3	3	3,1	2,3	2,6	3	2,7	2,3	2,7	3,1	2,2	1,6	2,4	1,5	
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	26	24	34	19	17,9	27,5	29,7	15	18	18,8	21,5	19	19	34	43	
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l			<0,02	<0,02			<0,02			<0,02		<0,02	<0,02	<0,37	<0,02	
Sodio	mg/L	1,5	1,7	2,14	1,9			2,37	2,19		2,14	2,2	1,1	<1	1,5	4,2	
Potassio	mg/L	1	0	0,1	0,16			0,79					0,1	0,12	0,2	0,18	
Calcio	mg/L	6,3	5,4	10,1	6,3			9,64	5,89		5,82	7,1	5,3	5,3	11,4	9,7	
Magnesio	mg/L	0,61	0,5	0,79	0,57			0,9	0,56		0,52	0,6	0,6	0,84	0,5	0,8	
Alcalinità	µeq/l	426	393	557	311	293	451	487	246	295	308	344	311	311	557	705	

Tabella 12 – Lago Baccio: parametri chimico-fisici. I prelievi relativi alle estati del 1998 e del 2003, sono stati effettuati in condizioni di elevata siccità.

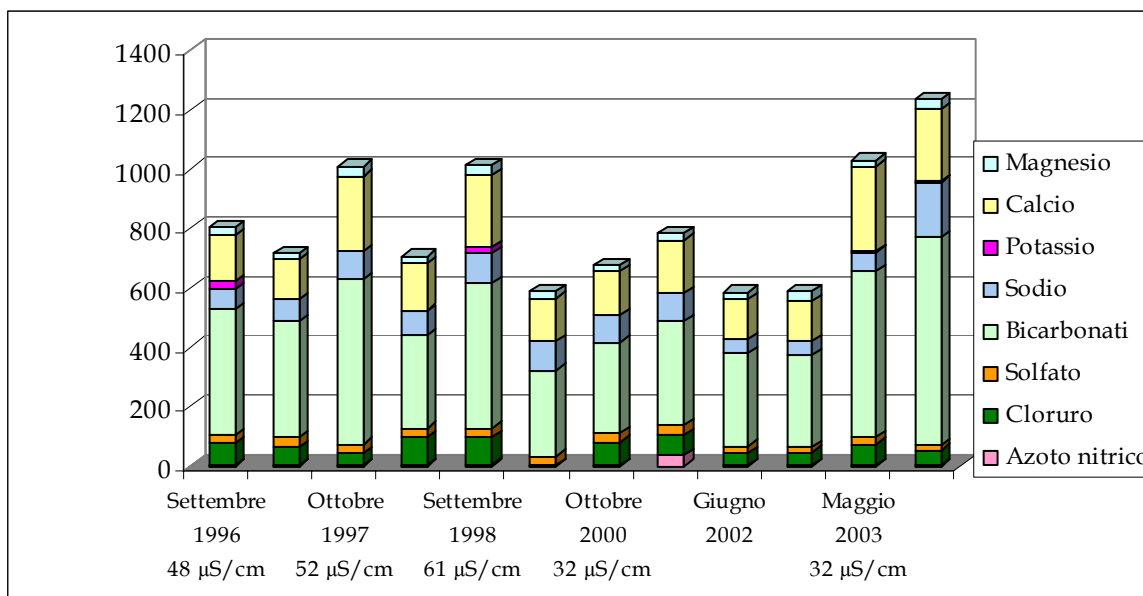


Figura 16 - Spettro ionico dei campioni del lago Baccio (µeq/l).

Il pH del lago Baccio presenta una discreta variabilità di pH (6,8 – 8,2), passando da valori debolmente acidi a valori basici. La conducibilità si attesta intorno ai 40 – 50 µS/cm con un picco a 82 µS/cm, registrato nel novembre 2002. Ammoniaca, nitriti e Fosfati risultano sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale, mentre i nitrati, risultano in alcuni casi rilevabili anche se in concentrazioni relativamente basse, ad eccezione di novembre 2001 con 2,1 mg/l. L'andamento della conducibilità è correlato con quello dei bicarbonati, indicatore della capacità tampone delle acque. L'alcalinità oscilla da 246 a 705 µeq/l, indicando una non suscettibilità delle acque del lago al fenomeno dell'acidificazione. In concentrazioni relativamente basse risultano anche Cloruri e Solfati.

		1996	1997		2002		2003
		22/10	15/10	24/11	19/06	25/11	27/08
Ferro totale	µg/l		446		<5	<5	209
Manganese	µg/l	20	<20	<20	5	2	28
Alluminio	µg/l		145	<100	<100	<100	<100
Cadmio	µg/l		<0,5	<0,5	<1	<1	<1
Cromo	µg/l		<2	<2	<5	<5	<5
Piombo	µg/l	2	<2	<2	<10	<10	<10
Nichel	µg/l		<4	<4	<5	<5	<5
Rame	µg/l	10	<10	<10	5	17	<5
Zinco	µg/l	20	<20	<20	62	22	<5
Boro	µg/l	100	<100	<100	<50	<10	<10
Bario	µg/l	25	<25	<25	61	11	<10

Tabella 14 - Concentrazione dei metalli (µg/l) nelle acque del lago Baccio.

La quasi totalità dei metalli si presenta in concentrazioni inferiori o prossime al limite di rilevabilità, ad eccezione del Ferro a ottobre 1997 e agosto 2003.

Lago della Porticciola del Rondinaio

Il lago della Porticciola del Rondinaio chiamato anche “*Lagarello*”, prende il nome dall’omonima cima della Porticciola (1.903 m), primo cospicuo rilievo roccioso a ovest – nord – ovest del Valico del Passetto. E’ posto sotto la Grotta Rosa a quota 1.664 m, in una piccola conca chiusa in loco da banchi di arenaria inserita in una morfologia tipicamente glaciale, alimentato da una sorgente, dalle piogge e per scioglimento delle nevi. In uscita al lago è presente un emissario che va a gettarsi nel Lago Baccio. Lungo le sue rive si trovano specie di piante rarissime come l’*Erioforo di Scheutzer*, dai caratteristici bianchi pennacchi.

Denominazione	<u>lago della Porticciola</u>	Profondità max (m)	0,3
Quota (m s.l.m.)	1649	Area (m²)	700
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	88
Sottobacino idrografico I	torrente Scoltenna	Emissario	permanente
Sottobacino idrografico II	torrente Tagliole	Alimentazione	acqua stagnante permanente
Sottobacino idrografico III	fosso del Lago Baccio	Escursione livello (cm)	30
Coordinate geografiche	1° 51' 57" long. O 44° 7' 23" lat. N	Substrato	limo, sassi
Lunghezza max (m)	26	Forme di tutela	zona B Parco regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	27		

Le acque presentano generalmente una basso contenuto ionico soggetto a variabilità stagionale. Il lago, nonostante la presenza della sorgente, è molto esposto alle situazioni di siccità durante il periodo di fine estate - inizio autunno, con conseguente abbassamento del livello idrometrico. Si presume infatti che il bacino imbrifero sia costituito da un esteso detrito di falda. Nel periodo primaverile, l’emissario di questo laghetto costituisce uno dei principali immissari del lago Baccio, con un forte apporto di acque provenienti da piogge e dallo scioglimento delle nevi.



Figura 17 – Lago della Porticciola. La foto a destra mostra l’abbassamento del livello del lago registrato nell’agosto 2003.

		1996	1997		1998			1999	2000	2001	2002	2003
		14/10	02/06	15/10	11/06	30/08	12/11	20/06	21/10	02/11	19/06	27/08
Temperatura acqua	°C	4,1	3,8	4,4	4,1		4,2	3,8	5,8		12,2	17,2
Ossigeno disciolto	mg/l		10,0	10,0	10,2						18,45	
Coducibilità	µS/cm	44	29	50	26	55	43	37	41,5	58		
pH		7,0	6,8	7,2	7,1	7,2	7	6,5	6,75	7,1	7,1	7,6
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	0,09
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01
Azoto nitrico (N)	mg/l		0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cloruro (Cl)	mg/l					3	2,6	2,6	2,3	2,2	1,7	1,6
Solfato (SO ₄)	mg/l		2,8	2,8	1,6	4	2,5	1,8	2,4	2,4	2	1,6
Bicarbonati (HCO ₃)	mg/l		9,7	20,4	8,7	33,3	27,9	13,8	22,7	28,1	19	34
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l			<0,02		<0,02			<0,02		0,12	0,05
Sodio	mg/l	1,5		1,9		1,76	2,16		2,05	1,2	1,1	3,7
Potassio	mg/l			0,23		0,23		1			0,1	0,16
Calcio	mg/l	6,4		7,51		8,53	5,41		6,94	0,5	5,5	7,8
Magnesio	mg/l	0,5		0,53		0,57	0,42		0,46	12,5	0,5	0,5
Alcalinità	µeq/l		159	334	143	546	457	226	372	461	311	557

Tabella 15 – Lago della Porticciola: parametri chimico-fisici.

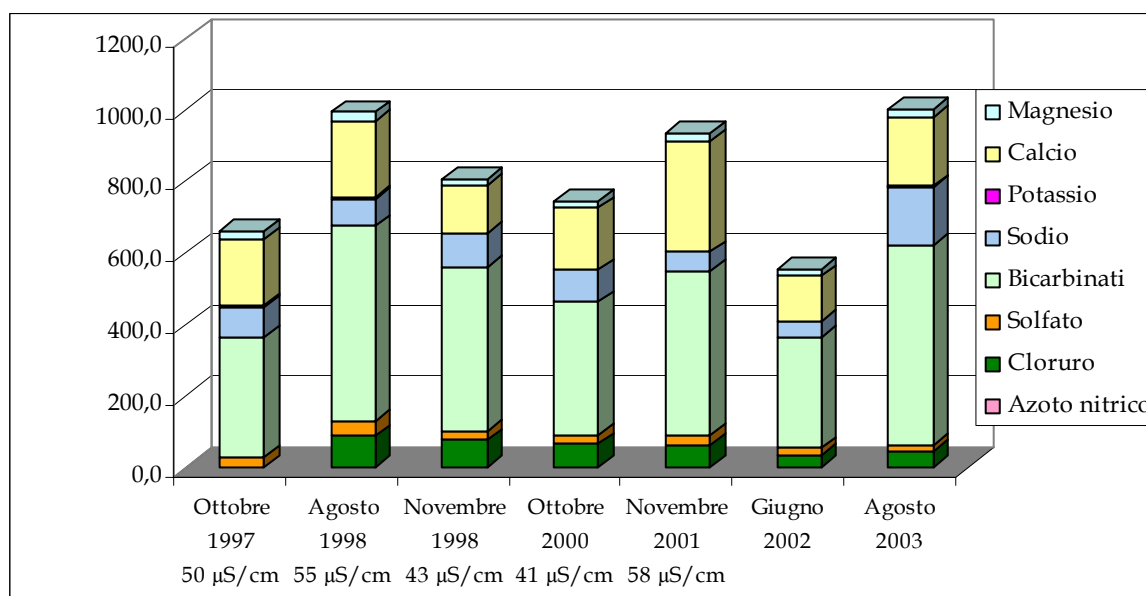


Figura 18 – Spettro ionico del lago della Porticciola (µeq/l).

Il pH presenta una lieve variabilità nell'intorno della neutralità (6,4-7,6). La conducibilità presenta valori relativamente bassi (40-50 µS/cm), correlabili con l'andamento dei bicarbonati. Le concentrazioni dei nutrienti risultano inferiori al limite di rilevabilità sia per le sostanze azotate e che per i fosfati.

Lago Torbido

Nel versante orientale del monte Rondinaio, si apre un tipico circo il cui fianco sinistro presenta ripide pareti mascherate da potenti falde detritiche. Nella parte più elevata della conca è situato il lago Torbido (1.675 m). Il fondo del circo è caratterizzato dall'abbondante presenza di detriti di origine glaciale.

Il lago Torbido occupa una depressione poco profonda sostenuta da una soglia in roccia. L'idrografia è appena accennata; non esiste un vero e proprio immissario. La scarsa profondità e la limitata alimentazione condizionano fortemente il regime del lago che durante la stagione estiva è spesso completamente prosciugato. Questa situazione permette di osservare il fondo del bacino costituito nella parte centrale da depositi lacustri fini di colore nerastro per l'alto contenuto organico.

L'ambiente è ricchissimo di flora protetta in cui sono presenti cardi, lamponi, ginepro nano, mirtillo, genziana purpurea, anemoni, peonie, dafne, pinguicola, pulsatilla, aquilegia, uva ursina, centaurea e fragole. La fauna è composta da marmotte, cinghiali, passeracei, falconidi e l'aquila reale che nidifica nell'Orrido di Botri.

Denominazione	<i><u>lago Torbido</u></i>	Profondità max (m)	0,7
Quota (m s.l.m.)	1676	Area (m²)	1742
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	168,5
Sottobacino idrografico I	torrente Scoltenna	Emissario	assente
Sottobacino idrografico II	torrente Tagliole	Alimentazione	acque meteoriche
Sottobacino idrografico III	-	Escursione livello (cm)	40
Coordinate geografiche	1° 51' 12" long. O 44° 6' 56" lat. N	Substrato	Limo, sabbia, sassi
Lunghezza max (m)	69	Forme di tutela	zona A1 Parco regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	25		



Figura 19 – Lago Torbido. La foto a destra mostra il lago completamente secco nell'agosto 2003.

		1996	1997	1998		1999	2001	2002	2003
		13/10	24/6	11/6	12/11	20/6	2/11	19/6	27/8
Temperatura acqua	°C	8,1	12,2	11,9	2,5	13,8		25,5	Secco
Ossigeno disciolto	mg/l	-	8,2	8,7	-			15,59	
Conducibilità	µS/cm	34	33	51	33	57	40		
pH		7,2	7,5	7	7,1	8,4	7,1	7	
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	
Azoto nitrico (N)	mg/l	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	
Cloruro (Cl)	mg/l		2,7	1,6	2,6		2,3	9,4	
Solfato (SO ₄)	mg/l	2	2,1	1,7	2,1	1,8	2,8	4,2	
Bicarbonati (HCO ₃)	mg/l	15	24	24	11	27	16	16	
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l			<0,02				<0,02	
Sodio	mg/l		1,5		1,88		1,2	1,3	
Potassio	mg/l							0,2	
Calcio	mg/l		4,1		4,33		3,6	4,1	
Magnesio	mg/l		0,5		0,51		0,5	0,5	
Alcalinità	µeq/l	246	393	393	180	442	262	262	

Tabella 16 – Lago Torbido: parametri chimico-fisici.

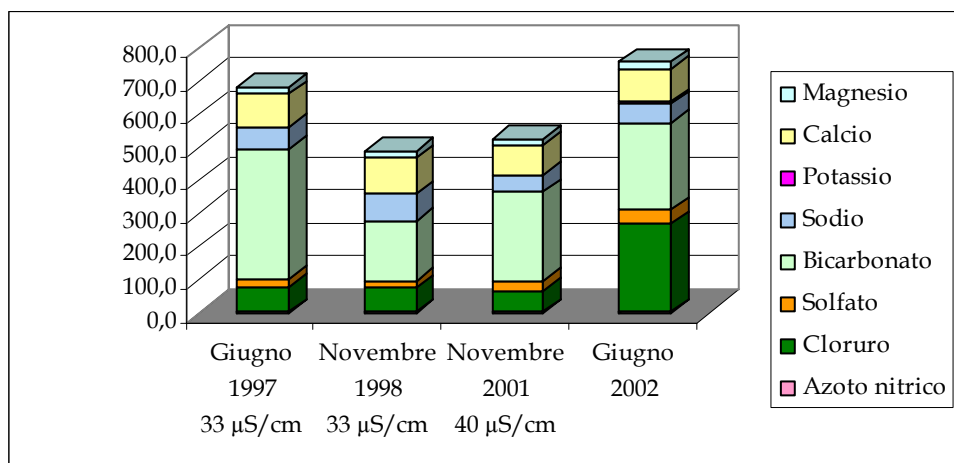


Figura 20 – Spettro ionico del lago Torbido (µeq/l).

I dati di pH del lago Torbido presentano valori prossimi alla neutralità ad eccezione del dato rilevato a giugno 1999 che risulta tendenzialmente alcalino. La conducibilità risulta non molto elevata (33 – 57 µS/cm). Le sostanze azotate ed i fosfati sono inferiori al limite di rilevabilità strumentale. Nello spettro ionico i bicarbonati, calcio e cloruro risultano i parametri maggiormente rappresentativi, dovuti probabilmente alla presenza di rocce marnose-calcaree presenti nei dintorni. Nel bacino imbrifero di competenza del lago Torbido sono presenti, seppur in modo caotico, grossi blocchi di calcari marnosi che sembrano contribuire alla maggior mineralizzazione delle acque con un apporto di ioni calcio e bicarbonato che si riflette anche nei valori di alcalinità (180-442 µeq/l) e nei pH alcalini (7,0-8,4).

		2002
		19/06
Ferro totale	µg/L	11
Manganese	µg/L	5
Alluminio	µg/L	<100
Cadmio	µg/L	<1
Cromo	µg/L	<5
Piombo	µg/L	<10
Nichel	µg/L	<5
Rame	µg/L	<5
Zinco	µg/L	<5
Boro	µg/L	<10
Bario	µg/L	<10

Tabella 17- Concentrazione dei metalli (µg/l) nelle acque del lago Torbido.

Le concentrazioni dei metalli rilevati nella campagna di monitoraggio effettuata a giugno 2002, risultano inferiori o prossimi ai limiti di rilevabilità.

Lago Turchino

Come il lago Torbido anche il lago Turchino è posto nel versante orientale del monte Rondinaio, posizionato nella zona più a valle della conca (1.613 m). Il lago Turchino occupa una depressione di forma tondeggiante profonda circa 1,5 m; è sbarrato da un archetto morenico, a valle del quale una soglia rocciosa montonata isola un ripiano anch'esso roccioso. Il lago di forma circolare è circondato da erba e sulla sua riva è situato un rifugio privato. Flora e fauna presenti rispecchiano quelli del lago Torbido.

Denominazione	<u><i>lago Turchino</i></u>	Profondità max (m)	1,0
Quota (m s.l.m.)	1600	Area (m²)	833
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	106
Sottobacino idrografico I	torrente Scoltenna	Emissario	permanente
Sottobacino idrografico II	torrente Tagliole	Alimentazione	immissario permanente
Sottobacino idrografico III	-	Escursione livello (cm)	30
Coordinate geografiche	1° 51' 12" long. O	Substrato	limo
	44° 7' 11" lat. N	Forme di tutela	zona A1 Parco regionale Alto Appennino modenese
Lunghezza max (m)	34		
Larghezza max (m)	24		



Figura 21 – Il lago Turchino.

L'alimentazione del lago Turchino è costituita sia da una sorgente perenne, sia dall'apporto meteorico. Appare trascurabile l'apporto di alcune piccole sorgenti sul lato occidentale. Le acque presentano una concentrazione ionica variabile nel corso delle stagioni, di poco superiore a quella dei laghi alimentati solo dalle precipitazioni.

		Lago									Sorgente
		1996	1997		1998		1999	2001	2002	2003	1999
		13/10	24/6	25/9	11/6	12/11	20/6	2/11	19/6	27/8	20/6
Temperatura acqua	°C	6,4	11,2	-	4,1	4,7	8,2		12,9	19,5	
Ossigeno disciolto	mg/l	-	9,1	-	9,2	-	-		19,03		
Coducibilità	μS/cm	59	71	83	54	63	80	72			82
pH		7,3	7,2	7,8	7,5	7,4	7,8	7	7,2	8,05	7,0
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	0,03	
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	
Azoto nitrico (N)	mg/l	0,5	0,5	0,3	0,7	0,9	1	<0,1	<0,1	<0,1	
Cloruro (Cl)	mg/l	1,9	1,6	2,2	1,9	2,1	2,3	2,2	2,7	2,7	2,2
Solfato (SO ₄)	mg/l	3,2	3,8	4,5	2,9	3,8	4,1	4,3	5,4	3,1	4,1
Bicarbonati (HCO ₃)	mg/l	30,5	36,6	39	24,1	27,9	38,7	37,5	35	48	38,3
Sodio	mg/l	1,5	1,4	1,8	1,5	1,5	1,6	1,3	1,4	2,1	1,8
Potassio	mg/l	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2		0,1	0,19	0,2
Calcio	mg/l	9,9	11,8	13,7	8,3	10	13	19	10	12	12,5
Magnesio	mg/l	0,2	0,8	0,4	0,3	0,2	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7
Alcalinità	μeq/l	500	600	639	395	457	634	615	574	787	628

Tabella 18 – Lago Turchino: parametri chimico-fisici. Confronto tra le acque del lago e della sorgente.

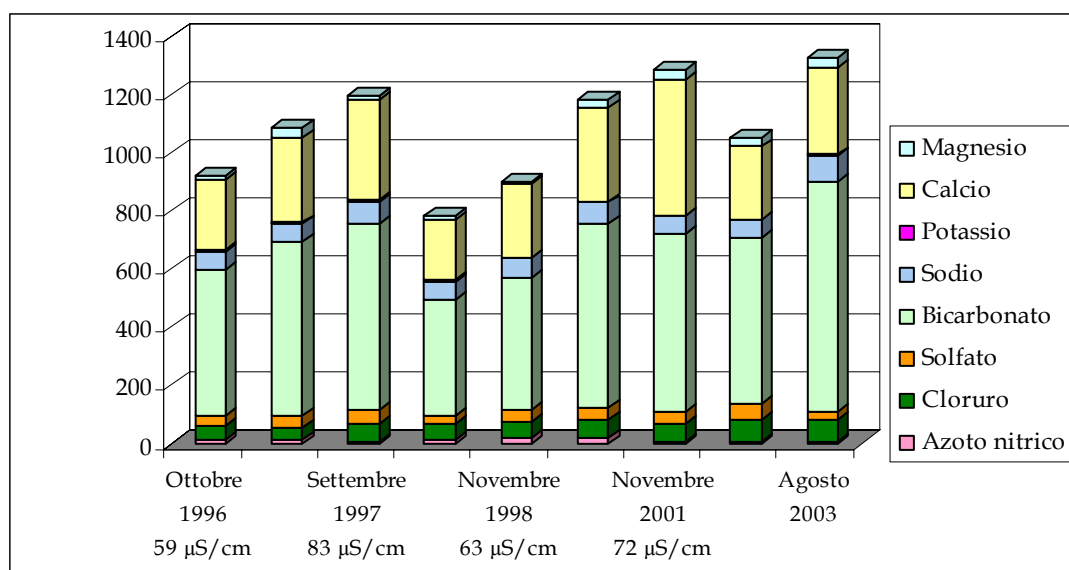


Figura 22 – Spettro ionico Turchino (µeq/l).

Il lago Turchino è alimentato sia da una sorgente perenne che dalle acque meteoriche. Presenta tendenzialmente pH debolmente alcalini. La conducibilità è relativamente elevata, correlata alla concentrazione dei bicarbonati. Nel periodo estivo, in cui l'apporto meteorico è minimo, il chimismo del lago è caratterizzato dalle acque della sorgente. Nella tabella 18 si evidenzia come i campioni effettuati nei periodi più siccitosi (autunno 97, giugno 98 e 99 e agosto 2003), presentino un chimismo simile a quello della sorgente. I valori elevati di pH e bicarbonati, rilevano una elevata riserva tampone, tale da rendere il lago non soggetto a rischio di acidificazione.

Lago delle Piogge

E' un lago a carattere stagionale, asciutto per buona parte dell'estate ed essendo alimentato esclusivamente dalle precipitazioni, risente significativamente degli apporti nivali. E' quindi caratterizzato da marcate variazioni di livello e di dimensioni. Non esiste stratificazione termica e l'alternanza tra periodi di secca e periodi di gelo, costituendo un elemento estremamente selettivo nei confronti delle biocenosi rappresentate da poche specie molto specializzate che mostrano una buona tolleranza nei confronti dei fattori abiotici.

Denominazione	<u><i>lago delle Piogge</i></u>	Profondità max (m)	1,0
Quota (m s.l.m.)	1742	Area (m²)	216
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	50
Sottobacino idrografico I	torrente Scoltenna	Emissario	assente
Sottobacino idrografico II	torrente Tagliole	Alimentazione	acqua meteoriche
Sottobacino idrografico III	fosso del Balzone	Escursione livello (cm)	40
Coordinate geografiche	1° 51' 31" long. O 44° 7' 11" lat. N	Substrato	limo, sassi
Lunghezza max (m)	18	Forme di tutela	zona A1 Parco regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	12		



Figura 23 – Lago delle Piogge. A destra il lago in completa mancanza di acqua nell'agosto 2003.

		1996	1997	1998		2001	2002	2003
		14/10	24/6	11/6	12/11	2/11	19/6	27/8
Temperatura acqua	°C	7,1	12,1	10,3	3		23,2	Secco
Ossigeno disciolto	mg/l	-	6,5	7,8	-		15,2	
Conducibilità	μS/cm	15	11	11	36	28		
pH		6,6	6,2	6,4	6,8	7	6,2	
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,02	
Azoto nitrico (N)	mg/l	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	
Cloruro (Cl)	mg/l		2,3	1,3	2,3	2,8	1,7	
Solfato (SO ₄)	mg/l	1,5	1,4	1,1	1,7	1,9	1,6	
Bicarbonati (HCO ₃)	mg/l	-	6	1,8	12,8	9,2	5	
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l			<0,02			<0,02	
Sodio	mg/l		1,3		1,94	1,6	1,2	
Potassio	mg/l						0,1	
Calcio	mg/l				1,17	2,4	0,8	
Magnesio	mg/l				0,38	0,4	<0,5	
Alcalinità	μeq/l		98	29	210	151	82	

Tabella 19 – Lago delle Piogge: parametri chimico-fisici.

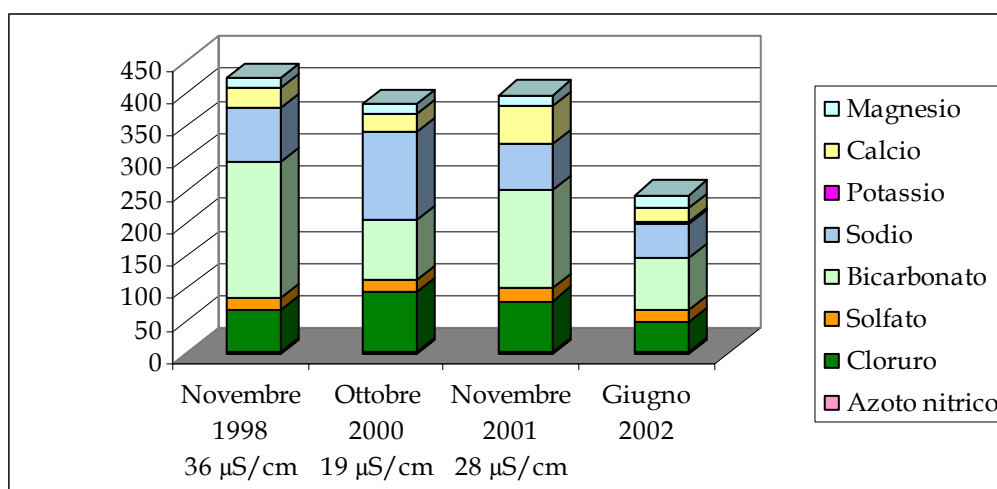


Figura 24 – Spettro ionico del lago delle Piogge (μeq/l).

Il pH risulta debolmente acido con valori più elevati (6,8 - 7) nel periodo tardo autunnale (novembre 1998 e 2001). I valori di conducibilità sono decisamente bassi (11 - 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$), in quanto l'alimentazione del lago è influenzata dallo scioglimento nivale e dalle precipitazioni. Basse sono anche le concentrazioni dei bicarbonati, che denotano una scarsa capacità tampone e di conseguenza una suscettibilità ai carichi acidificanti di origine meteorica. Insignificanti le concentrazioni dei nutrienti quasi sempre inferiori ai limiti strumentali.

Anche lo screening dei metalli evidenzia concentrazioni spesso inferiori ai limiti di rilevabilità.

Lago Rondinaio

Come il lago delle Piogge, anche il lago Rondinaio è alimentato esclusivamente dai contributi delle acque meteoriche. Bassi valori di conducibilità e pH debolmente acidi evidenziano la stretta dipendenza del chimismo delle acque di questo laghetto dalle deposizioni umide. La grande variabilità dell'alcalinità totale, compresa tra 36 e 203 $\mu\text{eq}/\text{l}$, e i valori del pH (6,1-7,2) sottolineano l'andamento stagionale di questo lago, dipendente dall'impatto delle deposizioni atmosferiche.

La riserva di bicarbonati delle acque è minima nel periodo di scioglimento delle nevi e tende a rigenerarsi nel periodo autunnale. La concentrazione di bicarbonati è nettamente al di sotto della soglia che definisce il potenziale rischio di acidificazione. Nitrati e solfati sono attribuibili all'apporto meteorico, evidenziando gli stessi livelli quantitativi.

I litotipi affioranti nel piccolo bacino imbrifero sono costituiti prevalentemente da arenarie, con scarsa presenza della componente marnosa e pertanto con ridotto contributo di calcio e bicarbonato.

Denominazione	<i><u>lago Rondinaio</u></i>	Profondità max (m)	0,4
Quota (m s.l.m.)	1763	Area (m²)	806
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	93
Sottobacino idrografico I	torrente Scoltenna	Emissario	assente
Sottobacino idrografico II	torrente Tagliole	Alimentazione	acqua meteoriche
Sottobacino idrografico III	fosso del Balzone	Escursione livello (cm)	40
Coordinate geografiche	1° 51' 31" long. O 44° 7' 11" lat. N	Substrato	limo, sassi
Lunghezza max (m)	29	Forme di tutela	zona A1 Parco regionale
Larghezza max (m)	28		Alto Appennino modenese



Figura 25 - Lago Rondinaio. A destra è riportata la foto del lago completamente secco nell'agosto 2003.

		1996	1997	1998		2001	2002	2003
		13/10	24/6	11/6	12/11	2/11	19/6	27/8
Temperatura acqua	°C	7,4	11,2	8,9	3,4		27,2	Secco
Ossigeno disciolto	mg/l	-	9,5	8,3	-		13,9	
Coducibilità	µS/cm	17	18	12	40	24		
pH		6,8	6,1	6,1	6,9	7,2	6,2	
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	
Azoto nitroso (N)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	
Azoto nitrico (N)	mg/l	0,2	1,1	0,6	0,8	<0,1	<0,1	
Cloruro (Cl)	mg/l		2,8	0,76	2,8	2,4	1,3	
Solfato (SO ₄)	mg/l	1,7	1,7	1,2	2	2,4	4,1	
Bicarbonati (HCO ₃)	mg/l	4,1	3,2	2,2	12,4	5,5	6	
Fosfati (P ₂ O ₅)	mg/l		<0,02				0,04	
Sodio	mg/l	1,1		1,85		1	1,1	
Potassio	mg/l						0,1	
Calcio	mg/l	1,2		1,53		1,2	1,3	
Magnesio	mg/l	0,3		0,32		<0,5	<0,5	
Alcalinità	µeq/l	67	52	36	203	90	98	

Tabella 20 - Lago Rondinaio: parametri chimico-fisici.

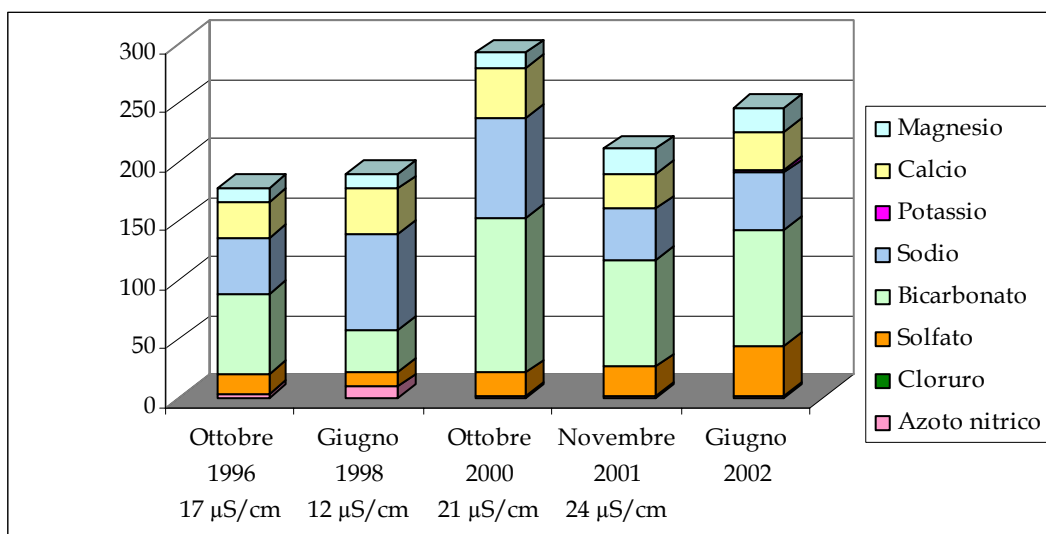


Figura 26 - Spettro ionico del lago Rondinaio (µeq/l).

Pressoché assenti i fosfati e le sostanze azotate ad eccezione dei nitrati presenti in concentrazioni ridotte.

	Giugno 2002
Ferro totale	19
Manganese	3
Alluminio	136
Cadmio	<1
Cromo	<5
Piombo	<10
Nichel	<5
Rame	<5
Zinco	40
Boro	18
Bario	46

Tabella 21 – Concentrazione dei metalli
(µg/l) nelle acque del lago Rondinaio

Si rileva la presenza dei metalli Ferro, Manganese, Alluminio, Zinco, Boro e Bario anche se in concentrazioni estremamente basse.

Valutazioni generali sul rischio di acidificazione e sulle caratteristiche chimico-fisiche

Le scarse deposizioni del periodo estivo ed il concomitante incremento dell'evapotraspirazione causano una diminuzione generale del volume idrico dei bacini lacustri con conseguente incremento della mineralizzazione delle acque. Infatti le concentrazioni ioniche in questo periodo sono mediamente doppie rispetto a quelle rilevate nei mesi di maggio-giugno, in cui si registrano gli effetti delle piogge autunnali e dello scioglimento nivale.

Lago		Ottobr e '96	Giugn o '97	Ottobr e '97	Giugn o '98	Ottobr e '98	Giugn o '99	Luglio '99	Novembre '01	Giugno '02	Novembre '02	Maggio '03	Agosto '03
Santo	µeq/l	655	508	655	508	525	590	647	662	557	557	885	705
Baccio	µeq/l	329	239	472	293	451	295	308	352	311	311	557	705
della Porticciola	µeq/l	334	159	334	143	451	226	372	461	311	-	-	557
delle Piogge	µeq/l	-	-	-	30	210	secco	93	151	82	-	-	secco
Rondinaio	µeq/l	67	52	-	36	203	secco	-	90	98	-	-	secco
Torbido	µeq/l	249	-	-	393	180	451	-	267	262	-	-	secco
Turchino	µeq/l	590	718	765	472	582	759	-	615	574	-	-	787
Pratignano	µeq/l	-	-	-	636	-	-	-	-	705	-	-	-
Scaffaiolo	µeq/l	-	-	-	728	-	-	836	-	590	-	-	1409

Tabella 22 - Valori di alcalinità totale (µeq/l) nei laghi monitorati fra il 1996 ed il 2003.

Nel *lago Santo* tutti i valori di alcalinità sono al di sopra dei 400 µeq/l, dunque il rischio di acidificazione sembra totalmente assente. Con le prime piogge autunnali la capacità tampone, concentrata sotto forma di bicarbonati nelle acque più profonde, viene ridistribuita su tutta la colonna d'acqua, determinando una variabilità meno accentuata rispetto a quanto si riscontra negli altri corpi lacustri monitorati.

Tuttavia da quanto evidenziato nella tabella 18 si può concludere che anche i laghi, *Baccio, della Porticciola, Torbido, Turchino, Pratignano* e *Scaffaiolo*, pur registrando ampie oscillazioni stagionali, non sono suscettibili al rischio di acidificazione.

Soltanto il *lago Rondinaio* e il *lago delle Piogge* presentano una scarsa capacità di risposta al rischio di acidificazione.

Da una complessiva analisi comparativa dei dati analizzati (nella tabella 23 sono riportati i valori medi dei parametri di composizione dell'intero periodo di monitoraggio effettuato) si può considerare che la qualità generale dei corpi lacustri esaminati è più che soddisfacente. Non si evidenzia una sostanziale diversità fra le acque lacustri a maggiore interazione con l'ambiente antropico (*lago Santo, Baccio, Pratignano, Scaffaiolo, Turchino* e *Torbido*), causa la loro più facile accessibilità e fruibilità da parte del flusso turistico, con gli altri laghi (*Altaretto della Porticciola, delle Piogge, Rondinaio*) che in virtù della loro ubicazione possono ipoteticamente ritenersi come meno perturbati e quindi porsi come "bianco di riferimento".

		Santo	Baccio	Porticciola	Piogge	Rondinaio	Torbido	Turchino	Pratignano	Scaffaiolo
Ossigeno disciolto	mg/l	10,6	10,4	14,3	9,8	10,6	12,1	12,7	12,55	11,67
Conducibilità	μS/cm	68	48	43	16	17	34	56	71	98,2
pH		7,6	7,3	7,0	6,7	6,5	7,3	7,3	7	7,4
Azoto ammoniacale	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Azoto nitroso	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	2,6	2,3	2,4	2,3	2,2	3,7	2,4	2,0	3,2
Azoto nitrico	mg/l	<0,1	0,4	1,2	<0,1	0,5	0,3	0,3	<0,1	0,2
Solfato	mg/l	4,6	2,8	2,6	2,0	2,3	2,9	3,8	2,0	3,8
Bicarbonati	mg/l	38,6	26,2	23,5	6,1	5,9	17,3	34,6	40,9	57,9
Sodio	mg/l	2,0	2,1	2,0	1,6	1,3	1,5	1,9	1,3	1,7
Potassio	mg/l	0,7	0,3	0,4			0,2	0,2	0,4	1,5
Calcio	mg/l	10,1	7,8	6,0	1,8	1,3	4,0	11,5	11,4	22,4
Magnesio	mg/l	3,7	0,6	2,5	0,4	0,4	0,5	0,8	1,5	0,6
Fosfati	mg/l	1,27	0,09	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Ferro totale	μg/l	<50	166	80	<50	<50	<50	<50	92	95
Manganese	μg/l	<20	<20	25	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Alluminio	μg/l	114	93	76	100	136	100	71	100	100
Cadmio	μg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cromo	μg/l	<2	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Piombo	μg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nichel	μg/l	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Rame	μg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zinco	μg/l	42	24	<20	23	40	<20	<20	<20	118
Boro	μg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Bario	μg/l	48	<25	<25	29	46	<25	<25	61	139

Tabella 23 – Valori medi delle analisi effettuate nel periodo di monitoraggio.

I parametri indicatori della pressione antropica, quali i composti azotati e fosforati, risultano presenti a livelli quantitativi tali da non evidenziare particolari situazioni di criticità. I nitrati si attestano nell'intervallo 0,1- 1 mg/l ed i fosfati al di sotto della soglia di rilevabilità analitica. Anche la ricerca dei metalli pesanti ha fornito risultati soddisfacenti, con una non rilevabilità della quasi totalità dei parametri esaminati; solo gli ioni ferro ed alluminio, naturalmente presenti, sono stati riscontrati a concentrazioni superiori alla soglia analitica.

Analisi batteriologica

Per l'analisi batteriologica, sono state effettuate analisi indirette mediante filtrazione su membrana per individuare quei microrganismi non patogeni di origine intestinale che sono presenti in grande quantità nelle feci umane ed animali: Coliformi totali, Coliformi fecali, Streptococchi fecali ed Escherichia coli. Questi batteri sono definiti "indicatori di inquinamento fecale", la loro presenza sta ad indicare che vi è stato un inquinamento da feci ed è possibile che siano presenti anche germi patogeni; al contrario la loro assenza assicura la non presenza di questi ultimi.

lago	Data	Coliformi totali (U.F.C.)	Coliformi fecali (U.F.C.)	Streptococchi fecali (U.F.C.)	Escherichia coli (U.F.C.)
lago Santo	11/06/1998	200	10	0	9
lago Santo	27/06/1998	160	11	7	10
lago Santo	11/09/1998	10	8	30	7
lago Santo	20/06/1999	20		46	
lago Santo	02/11/2001		13		12
lago Santo	19/06/2002		0	0	0
lago Santo	25/11/2002		2	5	2
lago Baccio	11/06/1998	180	4	10	4
lago Baccio	11/09/1998	500	150	5	135
lago Baccio	12/11/1998	140	8	0	7
lago Baccio	20/06/1999	3		3	
lago Baccio	02/11/2001		1		1
lago Baccio	19/06/2002		0	0	0
lago Baccio	25/11/2002		1	4	1
Sorgente del Baccio	27/06/1998	250	1	170	1
Sorgente del Baccio	12/11/1998	70	40	0	36
lago Porticciola	12/11/1998	90	1	1	1
lago Porticciola	20/06/1999	2		24	
lago Porticciola	02/11/2001		16		14
lago Porticciola	19/06/2002		0	0	0
lago delle Piogge	12/11/1998	170	0	0	0
lago delle Piogge	02/11/2001		2		2
lago delle Piogge	19/06/2002		0	0	0
lago Rondinaio	12/11/1998	150	11	0	10
lago Rondinaio	02/11/2001		9		8
lago Rondinaio	19/06/2002		0	0	0
lago Torbido	12/11/1998	35	3	7	3
lago Torbido	02/11/2001		4		4
lago Torbido	19/06/2002		0	0	0
lago Turchino	12/11/1998	15	5	6	5
lago Turchino	02/11/2001		1		1
lago Turchino	19/06/2002		0	0	0
Sorgente del Turchino	12/11/1998	6	0	0	0
lago Pratignano	07/07/1998	500	10	6	9
lago Pratignano	11/06/2002		0	2	0
Sorgente del Pratignano	07/07/1998	35	10	3	9
Sorgente del Pratignano	11/06/2002		11	0	10
lago Scaffaiolo	07/07/1998	1000	100	2200	90
lago Scaffaiolo	07/07/1999	28	26	2	23
lago Scaffaiolo	11/06/2002		0	0	0

Tabella 24 – Parametri microbiologici rilevati nei laghi e nelle sorgenti monitorate (U.F.C. = unità formanti colonie).

I Coliformi totali, Coliformi fecali ed in particolare *Escherichia coli* stanno ad indicare un inquinamento molto recente da liquami. Gli Streptococchi fecali sono maggiormente resistenti all'ambiente e quindi possono essere considerati come indicatori di uno stato di inquinamento fecale anche non recente.

Al fine di effettuare una valutazione dei dati rilevati, si è utilizzato come riferimento, la tabella di definizione delle caratteristiche di qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, secondo quanto definito nell'allegato 2 del D.lgs. 152/99 aggiornato D.lgs. 258/2000 testo unico sulle acque, che prevede la classificazione delle stesse in tre categorie in relazione al trattamento da attuarsi ai fini dell'utilizzo per il consumo umano:

A1 trattamento fisico semplice e disinfezione;

A2 trattamento fisico e chimico normale e disinfezione;

A3 trattamento fisico e chimico spinto, affinazione e disinfezione.

I valori microbiologici del *lago della Porticciola*, per tutti gli anni monitorati, sono da considerarsi a bassa contaminazione microbiologica. Anche per le acque del *lago Baccio* e della sua sorgente, nonostante i valori colimetrici siano fra i più elevati fra quelli rilevati nei laghi monitorati, in virtù della sua collocazione e delle caratteristiche ambientali, si possono escludere significative contaminazioni antropiche.

I dati analitici del *lago Santo*, risultano lievemente inferiori a quelle del lago Baccio e non risultano avere livelli batterici correlabili a contaminazioni antropiche, nonostante la presenza di tre rifugi e le numerose presenze turistiche soprattutto nel periodo estivo.

Di scarsa significatività risulta anche la contaminazione batterica dei laghi *Turchino, Rondinaio, Torbido e delle Piogge*.

Anche per le acque del *lago Pratignano*, nonostante in un campione i valori di coliformi risultavano leggermente elevati, gli altri parametri batteriologici risultano estremamente bassi e non indicatori di inquinamenti significativi.

Il *lago Scaffaiolo* in una occasione presentava valori più elevati rispetto agli altri laghi monitorati; tale contaminazione può essere imputata ad un fenomeno puntuale e non recente come sottolineato dall'elevata presenza di Streptococchi fecali e dalle successive analisi che rilevano valori colimetrici di scarsa significatività.

Le acque dei laghi indagati da un punto di vista batteriologico ed in relazione ai limiti normativi definiti per le acque superficiali ad uso idropotabile, possono, nella loro totalità, essere *classificate in classe A2*, necessiterebbero pertanto, ai potenziali fini dell'utilizzo per il consumo umano, di un trattamento fisico e chimico normale e disinfezione. Si riportano i Valori Guida (V.G.) di riferimento della classe A2: Coliformi totali 5.000 U.F.C., Coliformi fecali 2.000 U.F.C., Streptococchi fecali 1.000 U.F.C.)

Trofismo dei laghi e il rischio di eutrofizzazione.

Le condizioni di vita nelle acque sono determinate soprattutto dalla disponibilità della luce solare. Le sostanze sospese e quelle disciolte (plancton, detriti particellati, acidi umici ed altri soluti), modificano lo spettro di assorbimento dell'acqua determinando il profilo luminoso caratteristico di ciascun lago. Per questo motivo in un lago molto produttivo la luce non penetra in profondità.

L'aumento della concentrazione dei nutrienti porta ad un incremento della produzione primaria fitoplantonica e microalgale. Il nutriente limitante e che influenza la crescita è solitamente rappresentato dal fosforo. Un aumento della crescita algale provoca inizialmente un aumento della produzione secondaria ed in particolare di quella ittica e causa un aumento del detrito. La biomassa fitoplanctonica, che viene espressa come concentrazione di clorofilla-a, viene usualmente

utilizzata come indicatore dello stato trofico (tabella 25). Maggiori concentrazioni di clorofilla corrispondono a valori minimi della trasparenza dell'acqua (misurata come profondità di scomparsa del disco di Secchi).

Categoria trofica	[Chl-a] medio µg/l	[Chl-a] max µg/l
Ultra-oligotrofica	<1	<2,5
Oligotrofica	<2,5	<8,0
Mesotrofica	2,5-8	8-25
Eutrofica	8-25	25-75
Iper-eutrofica	>25	>75

Tabella 25 - Limiti fissi della clorofilla-a fitoplanctonica per la determinazione dello stato trofico dei laghi secondo l'OECD (Premazzi & Chiaudani, 1992)

lago	Data	Cho A	Cho B	Cho C
		(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
lago Santo	11/09/1998	1,14	n.r.	0,74
lago Santo	27/06/1998	0,81	n.r.	0,16
lago Santo	20/06/1999	1,61	1,00	1,93
lago Santo	07/07/1999	4,38	4,57	5,74
lago Santo	21/10/2000	1,26	1,57	0,13
lago Santo	19/06/2002	1,48	0,08	0,18
lago Baccio	11/06/1998	2,14	1,51	2,10
lago Baccio	26/06/1998	2,80	0,56	0,94
lago Baccio	30/08/1998	4,85	1,03	1,80
lago Baccio	11/09/1998	3,60	0,63	0,53
lago Baccio	12/11/1998	5,81	1,38	2,21
lago Baccio	07/07/1999	0,82	1,09	0,86
lago Baccio	21/10/2000	0,53	0,60	n.r.
lago Baccio	19/06/2002	2,12	0,49	0,85
lago della Porticciola	20/06/1998	0,20	0,26	0,34
lago della Porticciola	07/07/1999	0,22	0,06	1,39
lago della Porticciola	21/10/2000	0,78	0,28	n.r.
lago della Porticciola	19/06/2002	0,12	n.r.	n.r.
lago Rondinaio	07/07/1999	0,53	0,60	0,55
lago Rondinaio	19/06/2002	1,94	0,08	0,10
lago Torbido	11/06/1998	0,42	0,33	0,50
lago Torbido	21/10/2000	1,14	0,11	n.r.
lago Torbido	19/06/2002	0,56	0,10	0,33
lago Turchino	11/06/1998	3,84	1,67	2,45
lago Turchino	21/10/2000	n.r.	0,54	n.r.
lago Turchino	19/06/2002	0,10	0,13	0,17
lago delle Piogge	07/07/1999	1,35	1,76	n.r.
lago delle Piogge	19/06/2002	0,20	0,26	0,34
lago Scaffaiolo	22/06/1998	2,70	1,63	2,20
lago Scaffaiolo	11/06/2002	0,34	n.r.	0,66
lago Pratignano	22/06/1998	9,86	3,41	4,02
lago Pratignano	11/06/2002	3,56	1,23	0,55

Tabella 26 - Concentrazione di clorofilla a, b e c. (n.r. valore non rilevabile).

I valori di clorofilla-a fitoplanctonica nelle acque del *lago Santo*, risultano poco significativi e oscillano fra un minimo di 0,81 µg/l e un massimo di 4,38 µg/l rilevati nel periodo estivo oscillando dalla *ultra-oligotrofia* alla *oligotrofia*. Il valore massimo è stato rilevato in concomitanza ad un lieve incremento delle concentrazioni di nitrati. Anche il *lago Baccio*, pur avendo valori più elevati di clorofilla, con una sensibile variabilità di concentrazioni (0,53 – 5,81 µg/l), si pone fra le classi *ultra-oligotrofiche* e *oligotrofiche*, analogamente a quanto rilevato per i laghi *Turchino* e *Scaffaiolo* (0,1 – 3,84 µg/l).

Per i laghi *Altaretto della Porticciola*, *Rondinaio*, *Torbido* e *delle Piogge*, i valori di clorofilla-a risultano estremamente bassi (0,20 – 1,94 µg/l), tali da classificarli tutti come *ultra-oligotrofi*.

Solamente il lago *Pratignano* ha concentrazioni di clorofilla-a più elevate (fino a 9,86 µg/l), causate dalle caratteristiche morfologiche del lago stesso, tali da classificare le acque come *mesotrofiche*.

Conclusioni

L'analisi dei dati raccolti relativi sia alle condizioni morfologiche, chimico-fisiche, microbiologiche che trofiche, evidenziano uno stato qualitativo delle acque lacustri complessivamente buono, non compromesso da particolari impatti causati dalla presenza antropica.

In relazione al “rischio di acidificazione”, solamente i laghi Rondinaio, delle Piogge in relazione alle basse concentrazioni di bicarbonato, denotano scarsa capacità tampone con conseguente suscettibilità ai carichi acidificanti provenienti dalle acque meteoriche.

L'intrinseca fragilità strutturale dei laghi indagati suggerisce l'attuazione di una costante attività di monitoraggio sia sugli ambienti lotici che sulle deposizioni umide, al fine di registrare sia le variazioni quali - quantitative che per acquisire in modo tempestivo i segnali della pur minima compromissione di questo ecosistema ad elevato valore ambientale per l'intero territorio provinciale.

BIBLIOGRAFIA

- Boraldi V., Manzieri A. M, Mantelli F, Mencarelli G. 2000 - "Stato di qualità ambientale delle acque dei laghi dell'Alto Appennino Modenese".
- Antonietti, R., Ferrari, I., Rossetti, G., Tarozzi, L., Viaroli, P., 1987. Zooplankton structure in an oligotrophic mountain lake in Northern Italy. *Verh. Internat. Ver. Limnol.*, 23: 543-552.
- Antonietti, R., Ferrari, I., Viaroli, P., 1996. Ricerca ecologica e problemi di conservazione e gestione degli ambienti acquatici. In: *Atti del 1° Congresso su conservazione e biodiversità nella progettazione ambientale. Vol.3: Comunicazioni*.
- APHA, AWWA, WPCF, 1985. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 16th.ed.(Whashington, APHA).
- Bonacina, C., Ferrari, I., Rossetti, G., 1991. Composizione ed evoluzione temporale della biocenosi zooplanctonica nei laghi di Suviana e Brasimone (App. Tosco-Emiliano). *Riv. Idrobiol.*, 30: 77-101.
- Borroni, I., Morisi, A., 1994. Gestione dei sovrappopolamenti del Lago Santo modenese (Appennino toso-emiliano) e sue ripercussioni sulle comunità ittica a macrobentonica. Osservazioni dal 1983 al 1991. In: *Biologia dei Salmonidi; tutela e gestione delle popolazioni indigene, Atti del 5° convegno nazionale Associazione Italiana Ittiologi Acque Dolci, Montecchio Maggiore (VI), 28-29 ottobre 1994: 343-349*.
- Bortolotti, V., 1992. *Dodici itinerari dell'Appennino Tosco-Emiliano*. Guide geologiche regionali a cura della Società Geologica Italiana. BE-MA Editrice, Roma.
- C.A.I. sezione di Modena 1998. *Carta dei sentieri: alto Appennino modenese*. Edizioni S.e.l.c.a.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Shasrpley, A.N., Smith, V.H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus an nitrogen. *Ecological Application*, 8: 559-568.
- Casadei, F. 1996. *Analisi della suscettibilità ai rischi di acidificazione e di eutrofizzazione dei sistemi lacustri del crinale dell'Appennino emiliano - romagnolo. Problemi di gestione in funzione della conservazione e dello sviluppo economico ecologicamente sostenibile: il caso del lago Calamone*. Tesi di laurea in Scienze Ambientali, Università degli studi di Parma.
- Chiaudani, G., Gerletti, M., Marchetti, R., Provini, A., Vighi, M., 1978. Il problema dell'eutrofizzazione in Italia. *Quaderni del CNR*, 42.
- Cooke, G.D., Welch, E.B., Pterson, S.A., Newroth, P.R., 1993. *Restoration and management of Lakes and Reservoirs*. Lewis Publisher.
- D'Aversa, M., Monguzzi, C., Remi, S., Schultze, G. (a cura di), 1987. *Le piogge acide: cosa sono, cosa provocano, quali controlli, come prevenirle*. Edizioni Franco Angeli, Milano.
- D'Elia A. "Composizione chimica delle precipitazioni nevose nell'Alto Appennino Tosco-Emiliano". Università degli Studi di Firenze, Corso di Laurea in Chimica. Anno Accademico 1998/99.13 dicembre 1999.
- Franchini, L., 1997. *Indagine idrogeologica nei bacini lacustri del Rio delle Fontanacce e del Fosso delle Tagliole*, manoscritto.
- Guzzi, L., 1991. Acidificazione degli ecosistemi lacustri: effetti ambientali e biocenotici. *Deposizioni acide ed ecosistemi lacustri*, ENEL-CRTN.
- Haines, T.A., 1981. Acid precipitation and its consequences for aquatic ecosystems: a rewiev. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 110.

- Henriksen, A., 1980. Acidification of freshwaters: a large scale titration. Proc. Int. Conf. On *Ecological impact of acid precipitation*, Norway, 1980. S.N.S.F. project: 68-74.
- Johannessen, M., Mosello, R., Barth, H. (a cura di) 1990. Acidification processes in remote mountain lakes. *Air Pollution Research Report*, 20.
- Krugg, S., 1999. Educación medioambiental: promoción de la sostenibilidad. *The IPTS Report*, 36.
- Losacco, U., 1982. Gli antichi ghiacciai dell'Appennino settentrionale. Studio morfologico e paleogeografico. *Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena*, 113: pag-pag.
- Marchetti, R., 1988. *L'eutrofizzazione: un processo degenerativo delle acque*. Franco Angeli, Milano, 315 pp.
- Marchetti, R. (a cura di), 1994. *Ecologia applicata*. Città Studi, Milano.
- Mantelli F., P. Bucci., M. Masini, S. Romagnoli - *Metalli pesanti nelle deposizioni nevose dell'Alto Appennino tosco-emiliano e delle Alpi Apuane. Indagini relative al periodo 1990-1992*. Atti del 2° Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze 29 Novembre -3 Dicembre 1993. Quaderni di tecniche di protezione ambientale, 49, pp. 503-512, Pitagora Editrice, Bologna.
- Mantelli F.m, A. Ronchi, C. Minoia - *Campionamento delle piogge in aree montane* Boll. Chim. Igien. Vol. 51, pp. 81-88, 2000:
- Manzini, M.L., Ponzana, L., 1992. Itinerari naturalistici nell'Appennino modenese. Mucchi Editore, Modena: 129-145.
- Mencarelli G. "Valutazione della qualità dei laghi appenninici del gruppo montuoso Giovo-Rondinaio (Appennino modenese) finalizzata alla gestione del territorio". Università degli Studi di Parma, Corso di Laurea in Scienze Ambientali. Anno Accademico 1998/99. 25 novembre 1999.
- Moroni, A., 1961. I laghi di Val Panaro. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 16: 3-103.
- Mosello, R., Marchetto, A., Tartari, G.A., Guzzi, L., 1988. Acidificazione ed acidificabilità delle acque lacustri italiane. *Documenta Ist. Ital. Idrobiol.*, 15: 1-155.
- Mosello, R., 1991. *Acidificazione delle acque interne*. In: L. Morselli (a cura di) - "Deposizioni acide", Maggioli editore.
- Pardi, F., 1990. Orogenesi e morfologia. L'interpretazione geologica dell'Appennino. In *Paesaggi dell'Appennino toscano*, Marsilio, Firenze: 77-99.
- Premazzi, G., Chiaudani, G., 1992. *Ecological quality of surface waters: quality assesment schemes for European Community lakes*. Joint Research Centre.
- Raffaelli, M., Mori Secci, M., Mariotti Lippi, M., Fiorini, G., 1997. Indagini floristico - vegetazionali e actua palinologiche sul Lago Baccio e sul Lago del Greppo (appennino Tosco - Emiliano). *Webbia*, 51(2): 201-235.
- Repetti, F., Vittorini, S., 1989. Aspetti del clima nei versanti tirrenico ed adriatico lungo l'allineamento Livorno - Monte Cimone. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., seria A*, 96: 159-192.
- Sala, L., Pinca, A., Tongiorgi P., 1994. Biotopi umidi dell'alto Appennino modenese e loro batracofauna. *Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena*, 125: 123-249.
- Serrini, G., Bianchi, M., Geiss, H., Marchetto, A., Morselli, L., Muntan, H., Serrini Lanza, G., Tartari, G.A., Mosello, R., 1995. La determinazione dell'alcalinità nelle acque: metodologie e problematiche. *Acqua Aria*, 4: 423-432.
- Steinberg, C.E.W., Wright, R.F. (a cura di), 1994. *Acidification of frashwater: implication for the future*. John Wiley and Sons.

- Tomaselli, M., Del Prete, C., Manzini, M. L., 1996 . *Parco regionale dell'Alto Appennino modenese: L'ambiente vegetale*". Regione Emilia – Romagna: 178 pp.
- Tonolli, V., Tonolli, L., 1951. Osservazioni sulla biologia ed ecologia di 170 popolamenti zooplanctonici di laghi italiani di alta quota. *Mem. Ist. Ital. Idrob.*, 6: 53-136.
- Vianelli, M., Bassi, S., Tinarelli, R., 1998. *Parco Regionale Alto Appennino Modenese*. Giunti Gruppo Editoriale, Firenze: 269 pp.
- Viaroli, P., Rossi, V., Clerici, A., Menozzi P., 1992a. Caratteristiche litologiche ed idrochimiche dei principali laghi dell'Appennino Tosco-Emiliano: risultati preliminari (Maggio-Ottobre 1989). *Atti IX Congresso nazionale AIOL, S. Margherita Ligure, Genova, 20-23 Novembre 1990*: 93-104.
- Viaroli, P., Ferrari, I., Mangia, A., Rossi, V., Menozzi P., 1992b. Sensitivity to acidification of Northern Apennines lakes (Italy) in relation to watershed characteristics and wet deposition. In R. Mosello, B. M. Whatne, G. Giussani, *Limnology on groups of remote lakes: ongoing and planned activities. Documenta Ist. Ital. Idrobiol.*, 32: 93-105.
- Viaroli, P., Ferrari, I., Paris, G., Rossetti, G., Menozzi P., 1994. Limnological research on northern Apennine lakes (Italy) in relation to eutrophication and acidification risk. *Hydrobiologia*, 274: 155-162.
- Regione Emilia Romagna (1998) – *Parco Regionale Alto Appennino Modenese*. Ed. Giunti.
- Claudio Soli (1997) – *I laghi dell'Appennino modenese e bolognese*. Edizioni il Fiorino (Modena).
- AA.VV. – *Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese. Provincia di Modena, Consorzio del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese*.
- AA.VV. – *I Beni Geologici della Provincia di Modena*. Università degli Studi di Modena e Reggio E., Dipartimento di Scienze della Terra, Provincia di Modena Assessorato Difesa del Suolo e Tutela dell'Ambiente.