

Laghi d'alta quota del Parco Regionale del Frignano.

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 da presenza di arbusti bassi (brughiere di mirtili), mentre nella fascia inferiore il manto vegetale è caratterizzato da faggete, mentre a quote ancora più basse troviamo la presenza di querceti e castagneti.

Inquadramento geo-litologico del territorio

Il Parco del Frignano si estende da E con il Corno alle Scale (1.945 m) 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 si 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.

Nell'area appenninica oggetto dello studio si apre l'ampia valle delle Tagliole, percorsa dall'omonimo torrente, che ha la sua origine in tre separati recinti. Nella loro parte più elevata sono situate le conche del lago Santo Modenese, del lago Baccio e del lago Turchino. Tra i due ultimi recinti si innalza il monte Rondinaio (1.964 m) (foto 3.2), ad est del quale troviamo il passo della Foce a Giovo (1722 m) (foto 3.3) e il crinale del monte Femminamorta (1881 m) che culmina con l'Alpe delle Tre Potenze (1940 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 (1991 m): fra questi s'innalzano il monte Porticciola (1903 m), la Cima dell'Altaretto (1923 m) e la vetta del Grotta Rosa (1914 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. Sono presenti, anche raramente, 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 (1557 m), che sovrastano il Macigno, costituiscono le vette del m. Giovo, m. Gomito (1892 m), m. Lagoni (1962 m) e la piramide sommitale del m. Cimone (2165 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 (foto 3.4) (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-marnosi (Bortolotti, 1992; Manzini e Ponzana, 1992).

L'arenaria Macigno determina morfologie caratterizzate da pendii molto ripidi come la parete est del m. 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 cioè 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.

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 si innalza dalla conca del lago Santo (1501 m) sino alla vetta del monte, interrotta da un solo ripiano. Questo, diretto da N a S e posto fra i 1625 ed i 1675 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 dai bacini del lago Santo Modenese, chiuso a valle da un gradino roccioso-detritico ricoperto da faggi, che termina in uno stretto ripiano a circa 1415 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 (1600-1650 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 (1554 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 m. 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 1650 m. Nel canale occidentale, al di sotto della Cima dell'Altaretto, si trova la piccola conca del lago dell'Altaretto (1649 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 (1742 m), costeggiato dal sentiero che porta in vetta; il lago Rondinaio (1763 m), chiuso a SO dall'omonima vetta e a SE dalla Finestra del Rondinaio; una terza conca lacustre, che abbiamo denominato "Pozza presso il lago delle Piogge" (1742 m), dipende esclusivamente dal contributo dalle 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) (foto 3.5).

A valle del lago dell'Altaretto troviamo un gradino alto un centinaio di metri, ai piedi del quale si apre una seconda conca spaziosa ospitante il lago Baccio. La conca è sbarrata a valle da una morena alta una quarantina di metri circa e poggiante sopra una soglia rocciosa, elaborata dall'azione glaciale (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 (1825 m), forma la parte sinistra del recinto. La parte centrale della testata, invece, fa capo a quota 1781 m, mentre il fianco destro è formato dal dorso degradante che da quota 1806 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 (1676 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 (1600 m) (Losacco, 1982).

Attualmente i depositi morenici della valle delle Tagliole si spingono sino a circa 1050-1100 m; riesce difficile stabilire però se questi depositi rappresentino veramente il limite inferiore raggiunto dall'antico ghiacciaio nel periodo di massima espansione (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 (1050-1100 m) rappresentino veramente il limite inferiore del ghiacciaio nel periodo di massima espansione, il limite delle nevi corrispondente verrebbe ad essere 1520-1545 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).

Nello stadio successivo al primo arresto del ghiacciaio furono deposte le morene che chiudono a valle le conche del lago Santo, del lago Baccio e del lago Turchino. Queste avrebbero avuto limiti nivali di 1746-1782 m. L'innalzamento medio del limite nivale di questa fase rispetto a quella di

massima espansione sarebbe perciò uguale a 240 m circa, un poco inferiore a quanto comunemente ammesso (Losacco, 1982).

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 3.1).

Tabella 3.1: confronto delle temperature medie annuali dell'aria in due stazioni del versante tirrenico (Bagni di Lucca e Porrino) ed in due stazioni del versante adriatico (Pavullo e Sassuolo).

Stazione	Quota (m s.l.m.)	Versante	Temperatura media annua (1961÷1980)	Escursione annua
Pavullo	682	modenese	9,4 °C	18,3 °C
Porrino	640	toscano	10,8 °C	15,6 °C
Sassuolo	121	modenese	13,5 °C	21,1 °C
Bagni di Lucca	120	toscano	13,7 °C	16,6 °C

Come è stato accennato all'inizio, la morfologia dei versanti assume un ruolo importante nella caratterizzazione termica dei versanti appenninici. La stazione di Pavullo (682 m s.l.m.), ad esempio, registra una temperatura media annua di 9,4 °C, inferiore rispetto a quelle registrate alle quote superiori sullo stesso versante (Polinago, 810 m s.l.m., temperatura media: 10,3°C) ed a quote simili sul lato toscano dell'Appennino (Porrino, 640 m s.l.m., temperatura media: 10,8°C).

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. Nella determinazione della permanenza della copertura nevosa è importante il contributo fornito dalle precipitazioni (Repetti & Vittorini, 1989). 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.

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. Nella serie storica 1961÷1980, il gradiente annuo è pari a 59,8 mm/100 m per il versante adriatico, contro i 109,5 mm/100 m di quello tirrenico (Repetti & Vittorini, 1989). 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).

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).

Le informazioni sul territorio in esame sono state desunte dalla Carta del dissesto (scala 1:25.000), dalla Carta dell'uso potenziale del suolo (scala 1:25.000) della Regione Emilia Romagna e dagli studi di Casadei (1996).

I fenomeni di erosione diffusa su versante, erosione a rigagnoli ed erosione incanalata sono stati considerati equivalenti ai fini della valutazione dell'entità del processo erosivo. All'interno dello spartiacque di ogni bacino si è contato il numero dei simboli e si è considerato tale valore proporzionale all'importanza dei fenomeni erosivi nei processi d'interramento dei laghi. Confrontando i valori calcolati con quelli relativi ad altri 35 laghi principali dell'Appennino emiliano-romagnolo, si osserva che solo in 4 casi i fenomeni erosivi assumono maggiore importanza rispetto ai due laghi principali della nostra area (l. Santo Modenese e l. Baccio). 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 torbida; 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 (1000÷1750 m) fino alla fascia boreale subalpica (1750÷2000 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 1200 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, creando un paesaggio più caratteristico e suggestivo delle montagne del parco.

Fra i 1500 e i 1700 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 (1750 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 alla precedente, le condizioni climatiche spinte (basse temperature medie e lunga permanenza della coltre nevosa) favoriscono la dominanza vegetazionale arbustiva, rappresentata da brughiere a mirtilli (vaccinieti) (Tomaselli et al., 1996). Questi trovano nei circhi glaciali del m. Giovo e del m. 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 m. 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 m. Grotta Rosa al m. La Porticciola, alle quote più elevate la brughiera 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 m. 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.

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 mirtillo, a seconda della quota. Le falde attive, come quelle dei versanti del m. Giovo - m. 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*). 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*.

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).

In figura 3.3 è riportata la distribuzione della vegetazione nel l. Baccio, dove si individuano:

1. *Nitelletum flexilis/Potametum trichoides*: la prima occupa il fondo del lago (da 0,5 m a 1,5 m), non è mai emergente e caratterizza le acque oligo-mesotrofiche, debolmente acide o neutre, povere in calcio e con scarsi sedimenti organici. In situazioni analoghe, ma con valori più elevati si presenta l'associazione *Potametum trichoides*.
2. *Sparganium angustifolium*: popolamento che costituisce una cintura vegetazionale pressoché continua, che si estende dalle rive verso il centro del lago, fino a profondità di 50-70 cm.

3. *Carex rostrata*: si distribuisce esternamente allo sparganieto, lungo una fascia che durante l'anno può subire variazioni di livello dell'acqua fino a 25-30 cm; occupa tutta la fascia ripariale ad eccezione di quella posta a N, presso lo sbarramento artificiale che guarda a fondovalle.

Dal punto di vista floristico si osservi che sui versanti O e S del l. Baccio il popolamento è monospecifico, mentre sulla sponda orientale si ritrova associata ad altre specie.

4. *Menyanthes trifoliata*: oltre ad essere presente in associazione con *C. rostrata*, questo popolamento forma estensioni limitate assieme ad altre elofite su suoli perennemente allagati presso i molti rivoli che confluiscono al lago.
5. Vegetazione del piano alluvionale torboso: a monte del lago si estende un vasto piano alluvionale torboso (13.500 m²), leggermente inclinato verso NE, quanto basta per apportare sostanziali modifiche ecologiche, soprattutto riguardo l'umidità ed il grado di ristagno delle acque.
6. *Caricetum nigrae*: associazione dominante su quasi tutta la metà orientale del piano alluvionale; spostandosi verso O, la minor umidità del substrato comporta la scomparsa di molte elofite, sostituite da graminacee (*Nardus stricta*, *Festuca rubra*, etc.), indicanti il passaggio verso le praterie acidofile meno umide, che occupano la metà occidentale del piano.
7. *Eriophorum latifolium*: all'estremo SE del piano alluvionale, la depressione creatasi ha generato la formazione di piccole pozze d'acqua, dove la vegetazione è costituita da *E. latifolium* e da molte specie di *Caricetalia devalianae* e *C. nigrae*.

I laghi dell'Appennino modenese

L'area oggetto della ricerca è situata nel Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese (Parco del Frignano), in provincia di Modena, al confine con quella di Lucca (figg. 3.1 e 3.2) ed è compresa all'interno delle zone di protezione A1 (protezione speciale) e B (protezione generale). La superficie d'interesse si estende nella parte sud-occidentale del Parco. Di seguito è riportato l'elenco dei laghi considerati, corredato di dati topografici e morfologici.

Denominazione	lago Santo Modenese	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 44° 8' 3" lat. N	Substrato	limo, sabbia, sassi
Lunghezza max (m)	540	Forme di tutela	zona A1 Parco regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	154		
Denominazione	lago Baccio	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		

Denominazione	lago Torbido	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		

Denominazione	lago Turchino	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 44° 7' 11" lat. N	Substrato	limo
Lunghezza max (m)	34	Forme di tutela	zona A1 Parco regionale Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	24		

Denominazione	lago dell'Altaretto	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		

Denominazione	lago delle Piogge	Profondità max (m)	0,4
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		

Denominazione	lago Rondinaio	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 Alto Appennino modenese
Larghezza max (m)	28		

Denominazione	lago Pratignano	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		

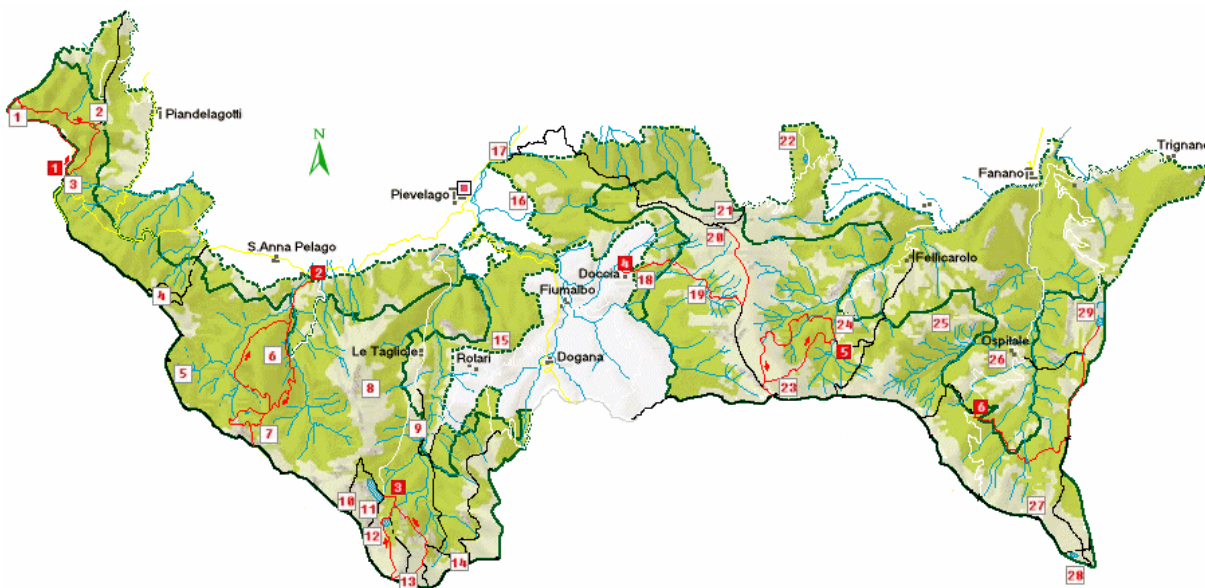
Denominazione	lago Scaffaiolo	Profondità max (m)	2,40
Quota (m s.l.m.)	1784	Area (m²)	
Bacino	fiume Panaro	Perimetro (m)	
Sottobacino idrografico I	torrente Leo	Emissario	assente
Sottobacino idrografico II	torrente Dardagna	Alimentazione	sorgenti perenni, acque meteoriche
Sottobacino idrografico III		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		

Riguardo il lago Santo la profondità massima, rilevata durante il campionamento della primavera 1998, risulta di circa 2 m inferiore a quella riportata da Moroni (1961).

Figura 3.1. Distribuzione dei parchi regionali dell'Emilia-Romagna (in verde) ed in particolare del Parco regionale dell'alto Appennino Modenese (nel riquadro).



Figura 3.2. Carta del Parco regionale dell'Alto Appennino Modenese con indicazione dell'area di studio (nel riquadro) e dei bacini lacustri considerati (in blu).



La dislocazione dei laghi è riportata anche nelle due tavole seguenti.

Il 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. La formazione geologica che caratterizza tutta la valle dell'Ospitale prende il nome di Arenarie del monte Cervarola, flysch costituito da un'alternanza di strati di arenaria e peliti (argilliti e siltiti). L'origine dello sdoppiamento di cresta all'interno della

quale si trova il lago Pratignano, è da ricercarsi in un fenomeno franoso a cinematica molto lenta, determinatosi in epoca imprecisata, forse in clima periglaciale. Sfruttando una superficie di scivolamento parallela alla stratificazione, la porzione di rilievo, che si trova attualmente ad ovest del lago Pratignano, si è spostato verso la valle dell'Ospitale, determinando l'apertura della trincea del lago.

Fino a qualche decennio di anni fa, il lago era utilizzato per lavare le pecore prima della tosatura e nei mesi estivi anche per fare il bagno. Oggi la superficie del lago effettivamente occupata dalle acque si è notevolmente ridotta anche per il progressivo avanzamento della vegetazione. Si può anche supporre che questa evoluzione abbia influito anche sulla diminuzione delle precipitazioni invernali, anche perché il bilancio idrico del lago è regolato dalla superficie del bacino imbrifero che è di poco superiore alla superficie dello specchio lacustre.

All'interno del lago Pratignano sono presenti erbe palustri che ne caratterizzano la morfologia fra cui le meniantecce, lo sfango ed inoltre si segnala la presenza di *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.

Il lago Pratignano viene classificato in zona a protezione integrale e generale (A e B) con numerosissime limitazioni dalla L.R. Emilia Romagna 11/88 istitutiva del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese.

Il lago Scaffaiolo

Il lago Scaffaiolo è posto a quota 1780 lungo lo spartiacque principale dell'Appennino, a cavaliere tra le testate dei bacini del Fosso della Volata (affluente della Lima e quindi del fiume Serchio) e del torrente Dardagna (affluente del fiume Panaro), occupando il fondo di una conca chiusa determinata da uno sdoppiamento della cresta del crinale. Poco distante verso sud-est si eleva la vetta del monte Cupolino, mentre sulle sue rive sorge il Rifugio Duca degli Abruzzi.

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.

Sui versanti che circondano il lago e che sono caratterizzati da una pendenza di 5-10°, per effetto dei cicli gelo-disgelo si formano dei recinti lapidei, i cosiddetti poligoni di pietre, che per effetto della gravità, sui pendii più acclivi essi si evolvono in strisce dando luogo ai "versanti a strie".

Anche la conca che ospita il lago era 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.

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.

Viene classificato in zona a protezione integrale e generale (A e B) con numerosissime limitazione dalla L.R. Emilia Romagna 11/88 istitutiva del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese.

Il lago Santo Modenese

La testata del circo che si apre nel versante nord-est del monte Giovo, appartenente alla valle delle Tagliole, è formata dalla grandiosa parete ripidissima del Giovo, che si innalza dalla conca del lago Santo (1501 m) sino alla vetta del monte, interrotta solo da un ripiano, diretto da nord a sud posto tra i 1625 m e i 1675 m. Il ripiano superiore del circo che rompe la grandiosa uniformità del Giovo, è ampio ed erboso coperto in parte da colate detritiche e percorso da un torrentello affluente del lago Santo. Il fondo del circo è rappresentato da un secondo ripiano lungo circa 600 m e largo poco meno di 200 occupato in gran parte dalla conca del lago Santo. Ha una superficie di 58.100 m², un perimetro di 1259 m e una lunghezza di 550 m. Ha una forma allungata in direzione NNO-SSE ed è più stretta al centro; la profondità si aggira sui 15-20 m. E' ospitato in una profonda nicchia nelle bancate arenacee della parte orientale del Macigno. Sbarrato nella parte orientale da una soglia rocciosa e da un potente accumulo di pietrame grossolano, è coronato nella sponda occidentale da coni e falde di detrito scaricato dal ripido versante del monte Giovo. 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. Gli immissari principali sono tre provenienti dalle sponde verticali del monte Giovo; l'emissario esce dalla parte meridionale del lago incidendo la soglia rocciosa. La sua denominazione di Santo sembra derivi dalla celebrazione di alcuni riti propiziatori o con riferimento al fatto che il lago fosse benedetto dopo una profanazione cruenta. Il lago è attorniato 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, eufobia, felce maschio, cerastio, olivella, parnassia, elicriso, erioforo, nardo, mirtillo nero e uliginoso, carlina e funghi di diverse specie.

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.

Il lago Baccio

Il lago Baccio è posto a 1554 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 rivolto verso il Rondinaio, in cui si presenta come piana acquitrinosa percorsa da diversi ruscelli che alimentano il lago. Nella direzione opposta posta a sud, presenta un emissario, dove 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 sbarrava il lago causando un progressivo abbassamento del livello delle acque. Il lago è sbarrato a valle da un arco morenico coevo ai depositi glaciali del lago Santo, costituito da blocchi sub arrotondati immersi in matrice fine; l'arco morenico è situato su una soglia di roccia in posto modellata dall'azione d'esarazione glaciale.

A monte del lago Baccio si osserva un esempio di rock glacier, costituito da detriti di gelivazione disposti in lingue alcune di queste sono soggette a movimenti ad opera dei processi di gelo-disgelo e delle acque di fusione nivale.

Poco distante dal lago Santo, presenta le medesime specie vegetali ed animali.

Anche il lago Baccio viene classificato in zona a protezione integrale e generale (A e B) con numerosissime limitazione dalla L.R. Emilia Romagna 11/88 istitutiva del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese.

Lago della Porticciola del Rondinaio

Sotto la Grotta Rosa a quota 1664 m giace il lago della Porticciola del Rondinaio, una piccola conca a valenza stagionale chiusa in loco da banchi di arenaria inserita in una morfologia tipicamente glaciale.

Il 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 (1675 m). Il fondo del circo è caratterizzato da 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. Nella parte periferica è visibile lo sbarramento della soglia in roccia, con una coltre di alterazione in posto.

L'ambiente è ricchissimo di flora protetta in cui sono presenti cardi, lamponi, ginepro nano, mirtilli, 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.

Il lago Turchino

Come il lago Torbido anche il lago Turchino è posto nel circo posto nel versante orientale del monte Rondinaio, posizionato nella zona più a valle della conca (1613 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. E' alimentato da piccole sorgenti sotterranee che gli conferiscono carattere di bacino permanente. 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.

Metodologie e tecniche analitiche

Parametri fisico-chimici: oltre alla determinazione sul campo, per alcuni parametri fisici si è provveduto ad una seconda misurazione in laboratorio. La conducibilità elettrica specifica è stata misurata con metodo conduttimetrico, utilizzando un conducimetro WTW mod. LF 323.

Il pH è stato rilevato per via potenziometrica con pHmetro Orion mod. 720 A, utilizzando cloruro di potassio come modificatore di forza ionica. Attraverso titolazione volumetrica (Unichim, 1995) è stata determinata la durezza totale con Mettler DL 25 Titrator. La torbidità è stata rilevata con torbidimetro Hach mod. 18900 (Unichim, 1995).

Per determinare l'ossigeno disciolto abbiamo seguito il metodo di Winkler (APHA, 1985).

L'alcalinità totale (TA) è stata determinata mediante il metodo di titolazione acidometrica eseguito con buretta manuale e successiva determinazione del punto di equivalenza secondo Gram (Serrini et al., 1995).

Componenti ionici principali: la determinazione degli ioni cloruro, nitrato e solfato è stata effettuata mediante cromatografia ionica (Dionex DX 120); gli ioni sodio e potassio sono stati determinati mediante spettrometro di assorbimento atomico con atomizzazione in fiamma Perkin-Elmer Mod. 1100A (Unichim, 1994a).

Le determinazioni della silice disciolta, degli ioni nitrito e ammonio (Unichim, 1994a) sono state effettuate mediante spettrometria di assorbimento molecolare. Lo ione fluoruro è stato misurato con elettrodo ione-selettivo (Unichim, 1994b). Gli ioni calcio, magnesio e bicarbonato sono stati determinati mediante analisi volumetrica.

Trattandosi di acque a basso contenuto ionico, calcio e magnesio sono stati determinati per spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fiamma (Unichim, 1994a). Per l'analisi dello ione fosfato si è utilizzato il metodo al molibdato (Fresenius et al., 1988).

Analisi degli elementi in traccia: la determinazione di elementi in traccia è stata effettuata utilizzando uno spettrometro di assorbimento atomico Varian 800. Sono state utilizzate soluzioni standard dei seguenti elementi: Al, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn (1 mg/mL in soluzione acida per acido nitrico).

Analisi batteriologica, clorofilla-a e del carbonio organico totale (TOC): per la determinazione della clorofilla-a abbiamo utilizzato il metodo APHA (1985).

Per la determinazione del TOC è stato usato un analizzatore di carbonio Astro 2000.

L'analisi batteriologica è stata fatta utilizzando il metodo d'analisi per filtrazione su membrana.

RISULTATI

Presentazione dei risultati

I risultati delle analisi chimiche relativi ai sette laghi considerati sono riportati nelle tabelle 5.1-5.15 e nella loro forma completa in appendice. Gli ambienti studiati sono stati suddivisi in due gruppi, sulla base della presenza di corsi immissari ed emissari:

- gruppo 1: lago dell'Altaretto, lago Baccio, lago Santo, lago Turchino;
- gruppo 2: lago delle Piogge, lago Rondinaio, lago Torbido;
- gruppo 3: lago Pratignano, lago Scaffaiolo.

Lago dell'Altaretto (tab. 5.1)

Il Lago dell'Altaretto (foto 5.1) è caratterizzato da sommersione temporanea, ma non compare mai asciutto nel periodo estivo. Nei campionamenti tardo primaverili si osservano pH debolmente acidi e neutri, mentre nei campionamenti autunnali si hanno pH neutri. La concentrazione ionica è relativamente bassa e presenta un andamento stagionale, evidenziato dalla conducibilità, che denota la marcata influenza dello scioglimento delle nevi nella tarda primavera e la rigenerazione delle specie ioniche nel periodo autunnale.

L'andamento della conducibilità è correlato con quello dei bicarbonati che sono responsabili della capacità tampone delle acque. Le concentrazioni dei nutrienti sono generalmente modeste, mentre non determinabili risultano fosfati, ammonio e nitriti.

I parametri considerati nell'analisi batteriologica (Coliformi totali, Coliformi fecali e Streptococchi totali) hanno valori al di sotto della soglia fissata per la classe di valori A2 proposta dal D.L.vo 152/99; non c'è alcuna forma di contaminazione microbiologica significativa.

Tabella 5.1. Lago dell'Altaretto: alcuni parametri fisico-chimici, relativi al periodo 1996-1998.

		1996	1997			1998		1999
Data prelievo		14/10	02/06	15/10	11/06	12/11	20/06	
Temperatura	°C	4,1	3,8	4,4	4,1	4,2	3,8	
Ossigeno disciolto	mg/L	-	10,0	10,0	10,2	-	-	
Conducibilità	µS/cm 25 °C	44	29	50	26	59	37	
pH		7,0	6,8	7,2	7,1	7,0	6,5	
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Nitrato	mg NO ₃ /L	1,0	0,8	0,3	1,5	1,0	1,0	
Solfato	mgSO ₄ /L	2,3	1,8	2,8	1,6	2,5	1,8	
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	20,4	9,7	20,4	8,7	27,9	13,8	

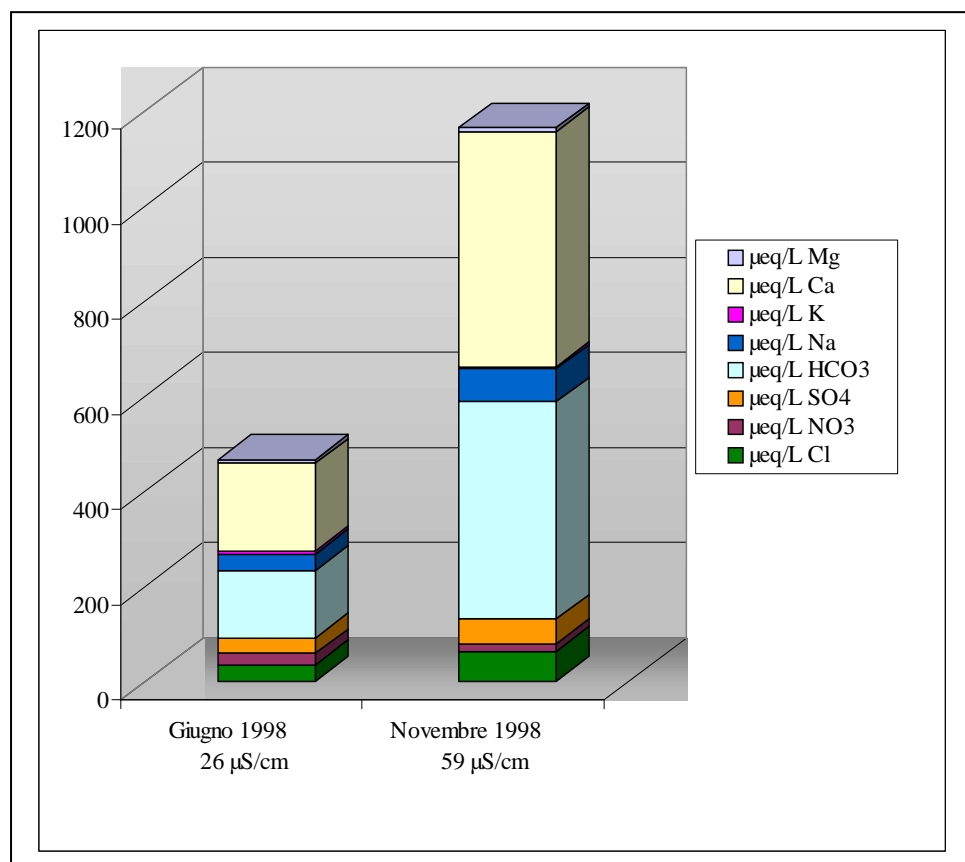


Figura 5.1 Spettro ionico delle acque del lago dell'Altaretto in due diversi periodi dell'anno 1998.

5.1.2. Lago Baccio (tab. 5.2-5.5)

Nelle acque del lago Baccio i valori di pH sono sostanzialmente costanti in tutto il periodo delle acque aperte. La concentrazione ionica è più elevata rispetto a quella dei laghetti a quote maggiori, come mostrano i valori di conducibilità. Valori superiori a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sono stati determinati al termine dell'estate, a causa dell'abbassamento del livello idrometrico. Nella tarda primavera, per effetto dello scioglimento nivale e delle precipitazioni, la conducibilità elettrica assume valori più bassi, che nelle nostre analisi non sono mai stati superiori a 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$. L'andamento della conducibilità è direttamente correlato con quello dei bicarbonati, responsabili della capacità tampone delle acque.

Le concentrazioni dei nitrati e solfati sono superiori alla soglia di rilevabilità, mentre fosfati, ammonio e nitriti non sono rilevabili ai livelli di sensibilità dei metodi analitici impiegati.

I valori di clorofilla-a fitoplanctonica sono scarsamente significativi, oscillando fra un minimo di 3,60 $\mu\text{g}/\text{L}$ ed un massimo di 5,80 $\mu\text{g}/\text{L}$ durante la stagione estiva. I parametri considerati nell'analisi batteriologica indicano l'assenza di significative forme di contaminazione microbiologica.

Tabella 5.2. Lago Baccio: alcuni parametri fisico-chimici, relativi al periodo 1996/97.

		1996		1997		
Data prelievo		09/09	14/10	02/06	13/08	25/09
Temperatura	°C	-	8,6	11,4	-	-
Ossigeno disciolto	mg/L	-	-	-	-	-
Conducibilità	$\mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C	49	42	37	53	62
pH		6,3	7,7	7,6	7,6	7,9
Ammonio	mg NH_4/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO_2/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO_3/L	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Solfato	mg SO_4/L	2,8	2,5	2,2	2,7	3,0
Bicarbonato	mg HCO_3/L	27,0	20,1	14,6	23,2	28,8

Tabella 5.3. Lago Baccio: alcuni parametri fisico-chimici, relativi al periodo 1998/99. I prelievi del 11/06/98 e del 31/08/98 sono stati effettuati in situazioni di elevata siccità.

		1998			1999	
Data prelievo		11/06	31/08	12/11	15/05	20/06
Temperatura	°C	12,2	13,9	4,9	3,5	12,6
Ossigeno disciolto	mg/L	8,8	8,5	8,5	-	-
Conducibilità	$\mu\text{S}/\text{cm}$ 25 °C	54	68	42	32	42
pH		7,3	8,2	7,3	6,9	6,9
Ammonio	mg NH_4/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO_2/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO_3/L	0,2	<0,1	0,4	0,4	<0,1
Solfato	mg SO_4/L	2,3	2,6	2,7	1,8	2,3
Bicarbonato	mg HCO_3/L	17,9	27,5	15,0	11,7	18,0

Tabella 5.4. Lago Baccio: principali parametri chimico-fisici a diverse profondità.

Profondità	m	0,2	1,0	1,2
Temperatura	°C	5,1	5,2	5,2
Ossigeno disciolto	mg/L	-	-	-
Conducibilità	µS/cm 25 °C	63	63	64
pH		8,3	8,3	8,5
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	<0,1	<0,1	<0,1
Solfato	mg SO ₄ /L	2,8	2,7	2,7
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	30,0	31,0	30,0

Tabella 5.5. Lago Baccio: parametri fisico-chimici a diverse profondità il 12/11/98.

Profondità	m	0,5	1,5	2,0
Temperatura	°C	4,9	5,5	5,0
Ossigeno disciolto	mg/L	8,5	8,2	8,6
Conducibilità	µS/cm 25 °C	42	54	42
pH		7,3	8,3	7,3
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	0,4	0,4	0,4
Solfato	mg SO ₄ /L	2,7	2,7	2,6
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	15,0	21,7	14,5

Figura 5.2 Spettro ionico delle acque del Lago Baccio in due periodi tipici .

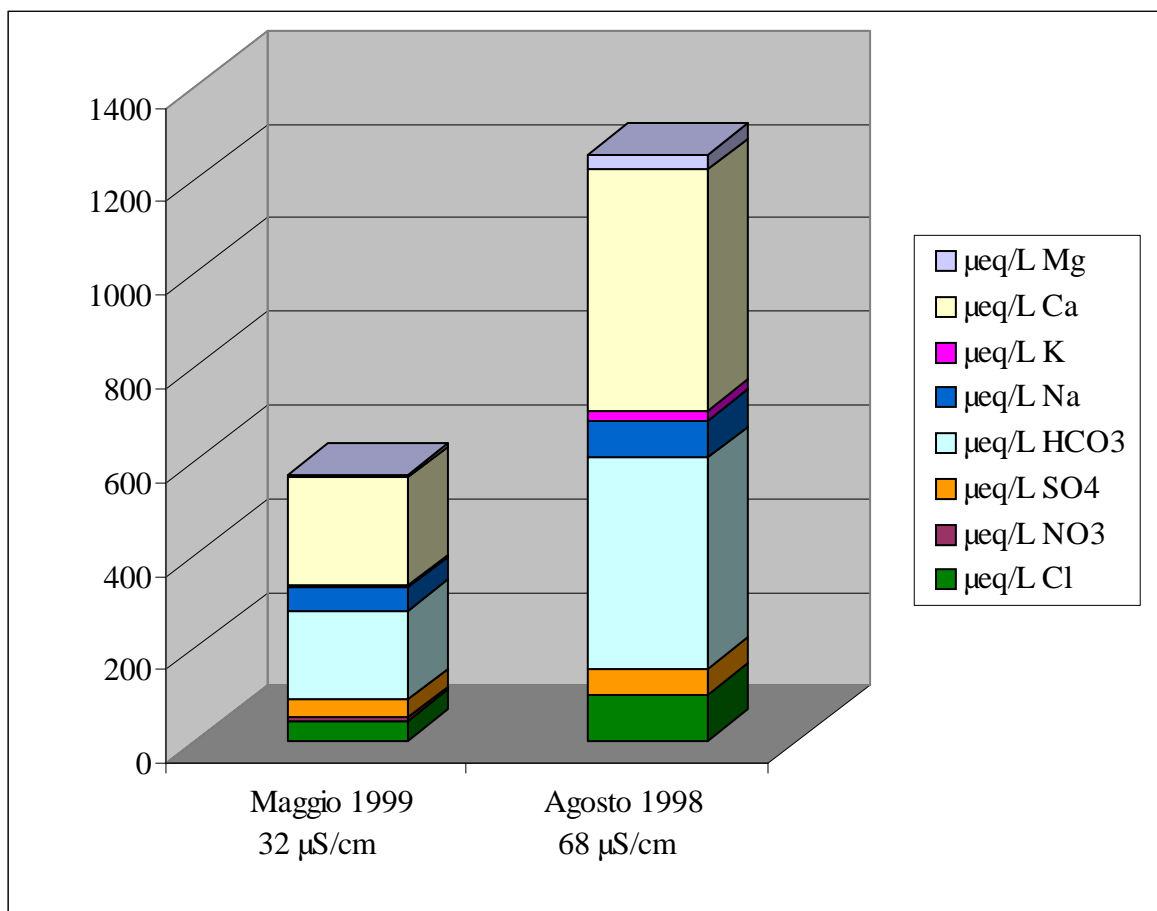


Foto 5.2 Il lago Baccio dalla cresta sommitale del monte Giovo (m 1991) durante l'estate 1993. E' osservabile il colore scuro delle acque per la presenza di sostanze umiche in concentrazione elevata.

Lago Santo Modenese (tab. 5.6-5.11)

Nel lago Santo Modenese i valori di pH sono sempre prossimi alla neutralità e non si osserva una variazione significativa da giugno a settembre. I valori di conducibilità sono relativamente alti, mostrando un'evidente dipendenza dalla concentrazione dei bicarbonati. Lo scioglimento della copertura nivale determina la diminuzione dell'alcalinità senza influenzare il pH, che rimane debolmente alcalino. Tutto ciò denota un'elevata capacità tampone delle acque del lago. Le basse concentrazioni ioniche sono accompagnate da concentrazioni dei nutrienti azotati appena rilevabili. Le concentrazioni di clorofilla-a fitoplanctonica sono risultate rilevabili ma si mantengono su valori molto bassi. L'analisi batteriologica determina risultati sensibilmente inferiori rispetto al lago Baccio, ma che ai sensi del D.L.vo 152/99 non comportano alcuna variazione interpretativa.

Tabella 5.6 Lago Santo: alcuni parametri fisico-chimici, relativi al 1996/97.

		1996	1997			
Data prelievo		14/10	02/06	13/08	15/10	24/11
Temperatura	°C	8,5	12,2	19,7	8,3	1,4
Ossigeno disciolto	mg/L	-	9,8	7,8	-	11,1
Conducibilità	μS/cm 25 °C	78	70	79	86	71
pH		7,9	7,6	7,4	7,5	7,4
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3
Solfato	mg SO ₄ /L	4,6	3,9	4,7	4,9	3,9
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	40,0	31,0	33,0	40,0	32,0

Tabella 5.7 Lago Santo: alcuni parametri fisico-chimici, relativi al 1998/99.

		1998			1999		
Data prelievo		12/06	31/08	11/11	21/03	15/05	20/06
Temperatura	°C	12,5	15,8	6,1	-	3,4	14,1
Ossigeno disciolto	mg/L	-	7,4	9,2	-	-	-
Conducibilità	μS/cm 25 °C	69	86	71	79	66	81
pH		7,0	8,4	7,5	7,6	8,2	8,1
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	<0,1	<0,1	0,6	1,0	0,4	1,0
Solfato	mg SO ₄ /L	3,4	4,4	4,0	4,0	2,7	3,7
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	31,0	43,0	32,0	40,0	32,0	36,0

Tabella 5.8 Lago Santo: parametri fisico-chimici a diverse profondità il 13/08/97.

Profondità	m	0,5	1,5	3,0	5,0	6,0	8,0
Temperatura	°C	19,7	19,9	19,4	12,5	10,1	7,8
Ossigeno disciolto	mg/L	7,8	8,3	9,4	10,5	11,2	9,7
Conducibilità	μS/cm 25 °C	79	78	74	86	92	98
pH		7,4	7,5	7,6	7,5	7,5	7,5
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Solfato	mg SO ₄ /L	4,7	4,6	4,4	4,8	5,0	5,9
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	32,5	33,4	34,7	40,5	43,2	46,2

Tabella 5.9 Lago Santo: parametri fisico-chimici a diverse profondità il 24/11/97.

Profondità	m	0,3	1,5	3,0	4,5	5,0
Temperatura	°C	1,4	2,0	2,2	2,4	2,3
Ossigeno disciolto	mg/L	11,1	11,2	11,3	11,1	10,8
Conducibilità	μS/cm 25 °C	71	73	73	73	73
pH		7,5	7,4	7,4	7,4	7,4
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Solfato	mg SO ₄ /L	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	30,1	31,2	31,9	31,9	31,7

Tabella 5.10 Lago Santo: parametri fisico-chimici a diverse profondità il 31/08/98

Profondità	m	0,5	1,5	3,0	5,0	6,0	9,0
Temperatura	°C	15,8	15,8	15,5	15,5	16,0	10,2
Ossigeno disciolto	mg/L	7,4	7,3	7,4	7,4	7,8	5,8
Conducibilità	μS/cm 25 °C	86,1	85,7	83,7	80,6	85,4	96,8
pH (con KCl)		8,4	8,2	8,0	7,7	8,1	7,3
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1	<0,1
Solfato	mg SO ₄ /L	4,4	4,4	4,2	4,2	4,2	5,4
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	43,3	41,5	39,7	37,8	40,9	47,0

Tabella 5.11 Lago Santo: parametri fisico-chimici a diverse profondità l' 11/11/98

Profondità	m	0,5	1,5	3,0	5,0	6,0	9,0
Temperatura	°C	6,1	6,1	6,4	6,3	6,5	6,3
Ossigeno disciolto	mg/L	9,2	9,1	9,3	9,1	9,4	9,2
Conducibilità	μS/cm 25 °C	70,7	70,4	70,6	70,5	70,4	70,4
pH		7,5	7,0	7,4	7,5	6,8	7,4
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Solfato	mg SO ₄ /L	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	4,0
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	31,6	31,0	31,2	30,8	30,9	31,4

Figura 5.3: spettro ionico delle acque del lago Santo in due periodi del 1997.

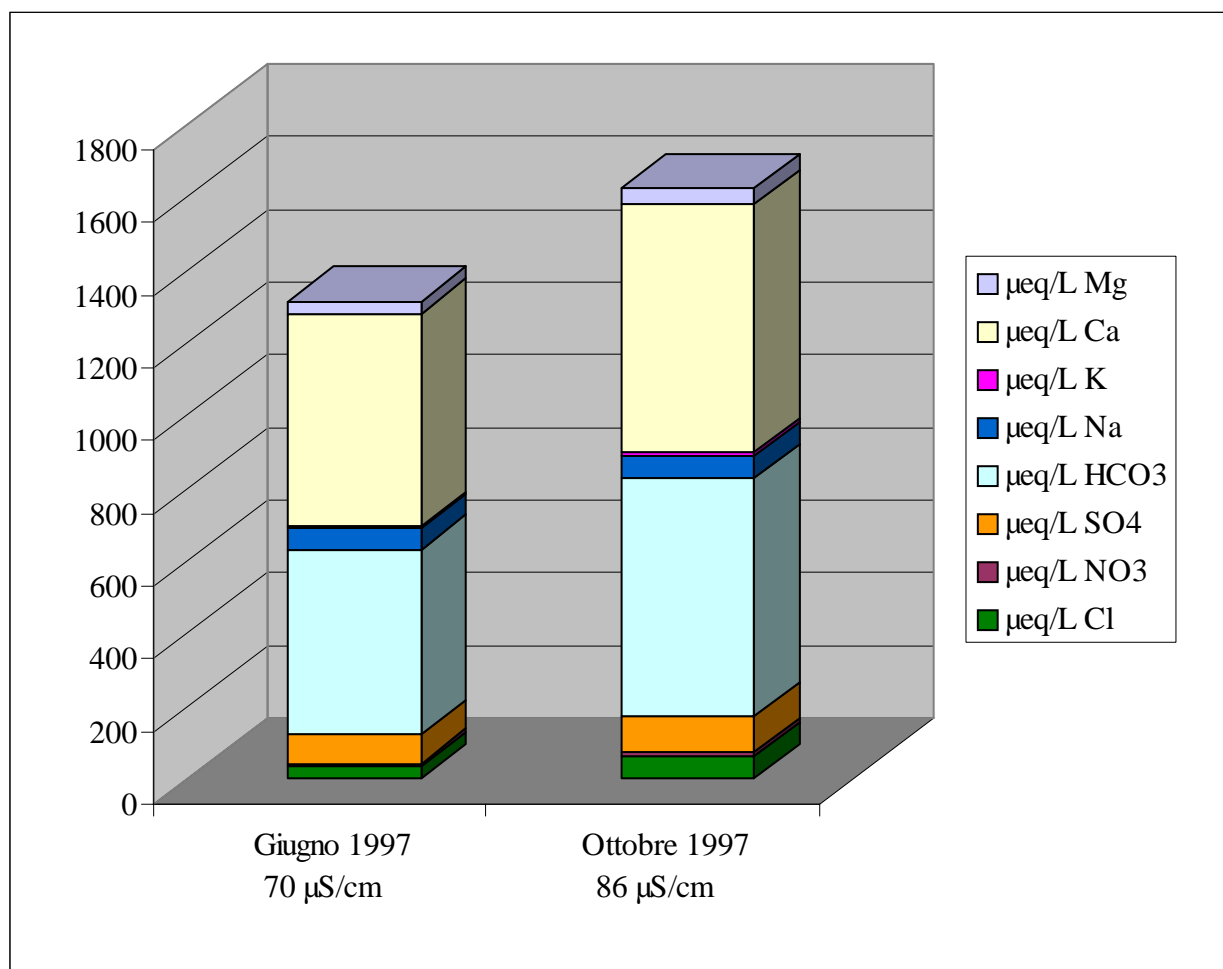


Foto 5.3 Il lago Santo modenese da SE.

Lago Turchino (tab. 5.12)

Il Lago Turchino, nonostante le piccole dimensioni, non è mai completamente asciutto durante il periodo estivo. I valori di pH sono debolmente alcalini. La conducibilità presenta una certa variabilità che è correlata con le concentrazioni dei bicarbonati. Le concentrazioni ioniche sono generalmente modeste; tuttavia, cloruro, solfati e nitrati sono determinabili al di sopra della soglia di rilevabilità. La clorofilla-a fitoplanctonica è in concentrazioni estremamente basse, mentre i parametri considerati nell'analisi batteriologica non sono indicatori di una contaminazione microbiologica significativa.

Tabella 5.12 Lago Turchino: parametri chimico-fisici, relativi al periodo 1996/99. I prelievi del 25/09/97 e del 11/06/98 sono stati effettuati in situazioni di elevata siccità.

		1996	1997		1998		1999
Data prelievo		13/10	24/06	25/09	11/06	12/11	20/06
Temperatura	°C	6,4	11,2	-	4,1	4,7	8,2
Ossigeno disciolto	°C	-	9,1	-	9,2	-	-
Conducibilità	mg/L	59	71	83	54	63	80
pH	µS/cm 25 °C	7,3	7,2	7,8	7,5	7,4	7,8
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	0,5	0,5	0,3	0,7	0,9	1,0
Solfato	mg SO ₄ /L	3,2	3,8	4,5	2,9	3,8	4,1
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	30,5	36,6	39,0	24,1	27,9	38,7

Figura 5.4 Spettro ionico delle acque del Lago Turchino in due diversi periodi.

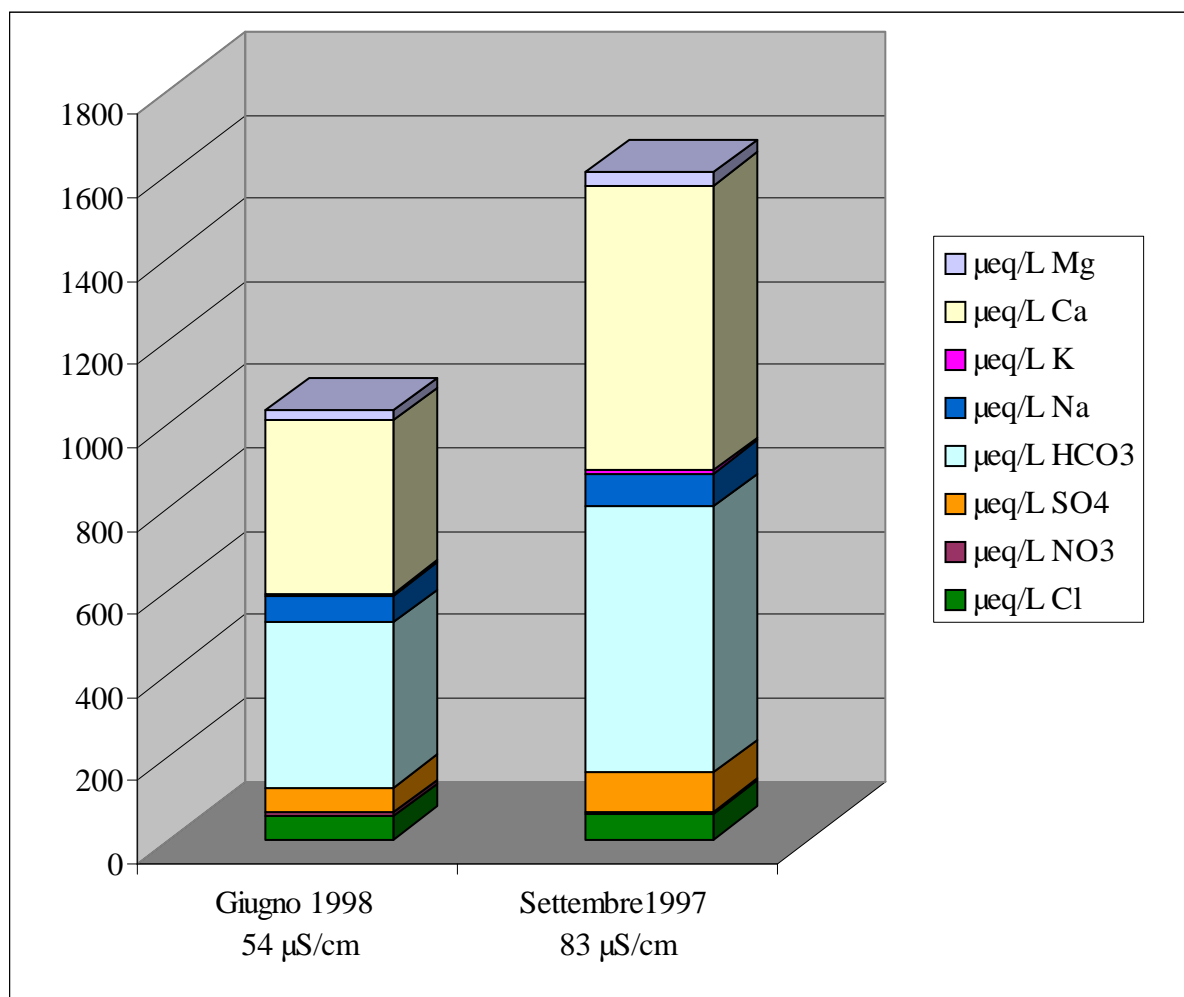


Foto 5.4 Il lago Turchino da SO.

Lago delle Piogge (tab. 5.13)

Il lago delle Piogge ha carattere stagionale ed è asciutto per quasi tutta l'estate. Il pH è in genere debolmente acido, con massimi nei campionamenti autunnali. Il lago, alimentato esclusivamente dalle piogge, risente in modo evidente dello scioglimento delle nevi, come testimoniano valori di conducibilità e concentrazioni di bicarbonati decisamente bassi. La capacità tampone, anche in questo caso correlata all'andamento dei bicarbonati, è pertanto molto ridotta, rendendo il laghetto suscettibile alla presenza di carichi acidificanti d'origine meteorica. La concentrazione dei nutrienti è pressoché trascurabile.

L'analisi batteriologica non mostra significativi risultati in termini di contaminazione fecale.

Tabella 5.13 Lago delle Piogge: parametri fisico-chimici relativi al periodo 1996-1998.

		1996	1997	1998	
Data prelievo		14/10	24/06	11/06	12/11
Temperatura	°C	7,1	12,1	10,3	3,0
Ossigeno disciolto	mg/L	-	6,5	7,8	-
Conducibilità	µS/cm 25 °C	15	11	11	36
pH		6,6	6,2	6,4	6,8
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Solfato	mg SO ₄ /L	1,5	1,4	1,1	1,7
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	-	-	1,8	12,8

Figura 5.5 Spettro ionico delle acque del Lago delle Piogge nel 1998.

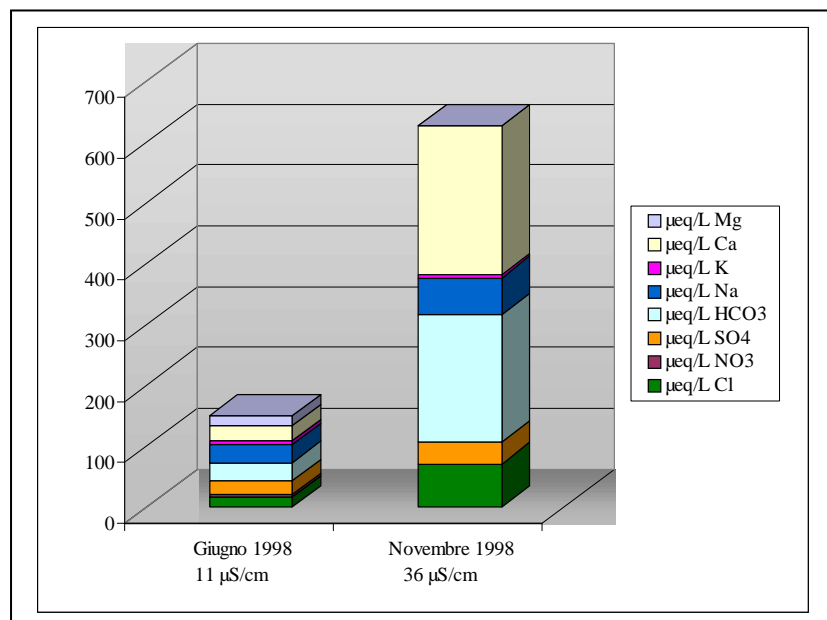


Foto 5.5 Il lago delle Piogge visto da S.

Lago Rondinaio (tab. 5.14)

Come il lago delle Piogge, anche il lago Rondinaio dipende 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 piogge. La riserva di bicarbonati delle acque è minima allo scioglimento delle nevi e tende a rigenerarsi nel periodo autunnale. La concentrazione di bicarbonati è nettamente al di sotto della soglia di rischio di acidificazione. Nitrati e solfati sono probabilmente da attribuire all'apporto meteorico. L'analisi batteriologica non fornisce risultati significativi, analogamente quanto detto per il lago delle Piogge.

Tabella 5.14 Lago Rondinaio: parametri fisico-chimici, relativi al periodo 1996/98.

		1996	1997	1998	
Data prelievo		13/10	24/06	11/06	12/11
Temperatura	°C	7,4	11,2	8,9	3,4
Ossigeno disciolto	mg/L	-	9,5	8,3	-
Conducibilità	µS/cm 25 °C	17	18	12	40
pH		6,8	6,1	6,1	6,9
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	0,2	1,1	0,6	0,8
Solfato	mg SO ₄ /L	1,7	1,7	1,2	2,0
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	4,1	3,2	2,2	12,4

Figura 5.6 Spettro ionico delle acque del Lago Rondinaio nel 1998.

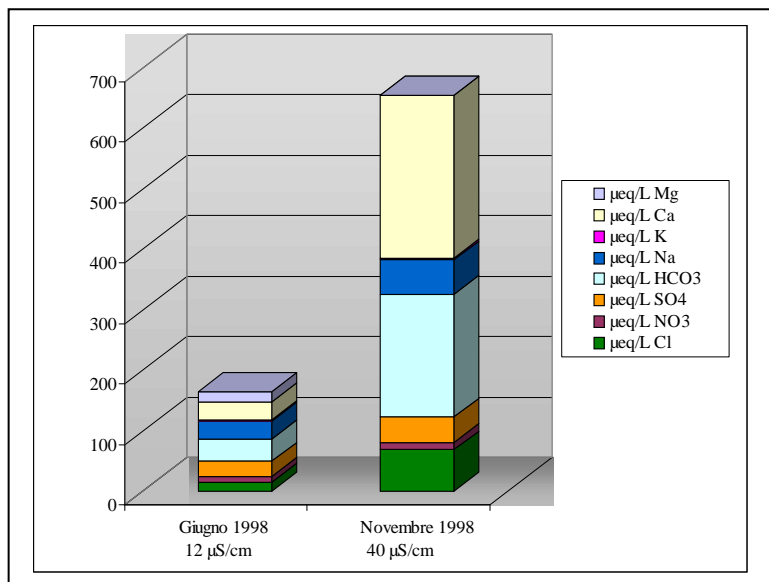


Foto 5.6 Il lago Rondinaio dopo le piogge autunnali di fine ottobre 1999 (visione da S).

Lago Torbido (tab. 5.15)

Il lago Torbido subisce una forte diminuzione del livello idrometrico durante il periodo estivo, talvolta fino al prosciugamento.

I valori di pH sono prossimi alla neutralità, mentre la conducibilità assume valori leggermente superiori nel periodo tardo-primaverile, rispetto a quello autunnale, nonostante un andamento opposto a quello osservato negli altri laghi. Le concentrazioni di bicarbonati evidenziano una sufficiente riserva alcalina. Nitrati e solfati sono presenti in concentrazioni paragonabili a quelle del lago Turchino, situato all'interno dello stesso bacino idrografico.

La clorofilla-a fitoplanctonica è in concentrazioni estremamente bassa, mentre l'analisi batteriologica riconduce il lago Torbido a condizioni analoghe a quelle del lago Rondinaio e del lago delle Piogge.

Tabella 5.15 Lago Torbido: parametri chimico-fisici, relativi al periodo 1996/98.

		1996	1997	1998		1999
Data prelievo		13/10	24/06	11/06	12/11	20/06
Temperatura	°C	8,1	12,2	11,9	2,5	13,8
Ossigeno disciolto	mg/L	-	8,2	8,7	-	
Conducibilità	µS/cm 25 °C	34	33	51	33	57
pH		7,2	7,5	7,0	7,1	8,4
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato	mg NO ₃ /L	0,4	<0,1	0,25	0,6	0,5
Solfato	mg SO ₄ /L	2,0	2,1	1,7	2,1	1,8
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	15,2	-	24,0	11,0	27,5

Figura 5.7 Spettro ionico delle acque del Lago Torbido in primavera ed autunno.

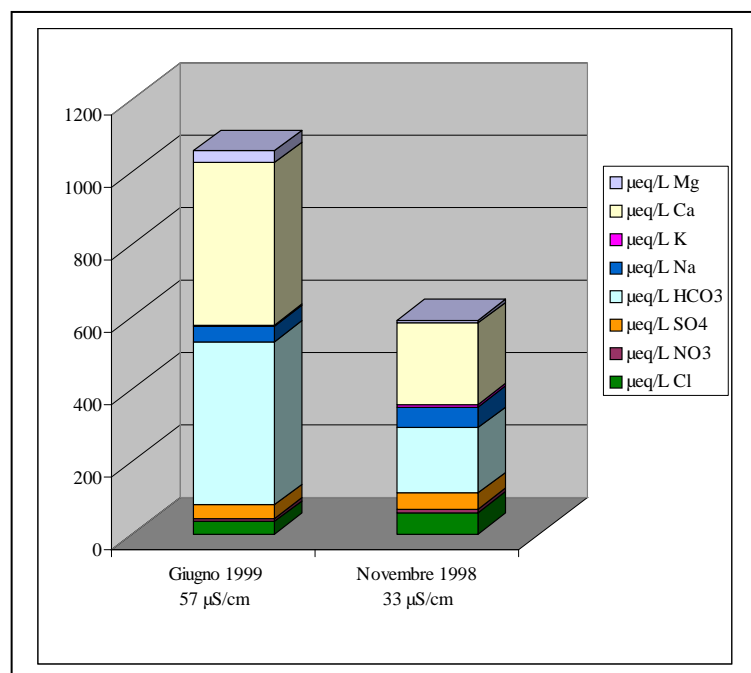


Foto 5.7 Il lago Torbido da SO.

DISCUSSIONE

Caratteristiche fisico - chimiche delle acque.

Un primo gruppo di laghi (dell'Altaretto, Turchino, Santo e Baccio) è caratterizzato dalla presenza di immissari e emissari perenni, ad eccezione della sorgente che alimenta il lago dell'Altaretto che può presentare ridottissima portata nel periodo estivo.

Un secondo gruppo (delle Piogge, Rondinaio e Torbido) è caratterizzato da alimentazione esclusivamente di tipo pluviale o nivale, con emissari temporanei. Le acque presentano un basso contenuto di soluti ed una composizione molto simile a quella delle piogge (tab. 6.5).

Generalmente da metà novembre a fine maggio, tutti i laghi sono ghiacciati. Nel periodo estivo si possono registrare notevoli variazioni dei livelli idrometrici nei piccoli corpi idrici posti a quota più elevata.

La temperatura delle acque è condizionata dal tipo di alimentazione e dalla morfologia del lago, modesta è l'influenza dovuta all'altitudine. La temperatura dei laghi delle Piogge, Rondinaio e Torbido è condizionata soprattutto dalla temperatura dell'aria, in conseguenza della bassa profondità. In questi ambienti, le escursioni termiche sono molto ampie con picchi estivi molto pronunciati.

Lago dell'Altaretto, lago Turchino, lago Santo, lago Baccio

Dal confronto di pH, conducibilità ed alcalinità totale (TA) si osserva una similitudine fra il lago Santo ed il lago Turchino e i laghi Baccio e dell'Altaretto (tab. 6.1).

I laghi Santo e Turchino presentano un'elevata capacità tampone e pH mediamente alcalini.

I laghi Baccio e dell'Altaretto hanno una capacità tampone inferiore e soprattutto nella fase di scioglimento delle nevi presentano pH debolmente acidi. Queste differenze sono espressione delle diverse condizioni geolitologiche e delle caratteristiche morfometriche di questi bacini.

Tabella 6.1 Confronto fra i valori minimi, mediani e massimi di pH, TA e conducibilità tra i laghi dell'Altaretto, Turchino, Santo e Baccio, con riferimento a campioni prelevati sotto riva.

		lago dell'Altaretto	lago Turchino	lago Santo	lago Baccio
pH					
<i>minimo</i>		6,5	7,2	7,0	6,3
<i>mediano</i>		7,0	7,4	7,6	7,4
<i>massimo</i>		7,2	7,8	8,2	8,2
Conducibilità	$\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C				
<i>minimo</i>		26	54	66	37
<i>mediano</i>		41	67	75	49
<i>massimo</i>		59	83	86	68
Alcalinità totale	$\mu\text{eq}/\text{L}$				
<i>minimo</i>		143	395	508	164
<i>mediano</i>		280	549	636	312
<i>massimo</i>		457	639	705	472

Lago dell'Altaretto

Il lago dell'Altaretto viene alimentato da una sorgente, dalle piogge e per scioglimento delle nevi. Le acque presentano generalmente un basso contenuto ionico, che è soggetto a variabilità stagionale:

Il lago, nonostante la presenza della sorgente, è molto esposto alle situazioni di siccità, nel 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, con forte apporto di acque provenienti da piogge e dallo scioglimento delle nevi, l'emissario di questo laghetto costituisce uno dei principali immissari del lago Baccio.

Da un esame dei dati analitici si osserva una minore concentrazione ionica delle acque nella tarda primavera: la neve permane solitamente fino al termine del mese di giugno a quote elevate (perfino lungo i bordi del lago) e pertanto il suo scioglimento determina apporti al lago di acque a basso contenuto ionico. Inoltre, con un regime di elevate portate l'acqua fluisce rapidamente attraverso le rocce e mantiene una bassa concentrazione ionica. Nel periodo estivo l'assenza di deflusso e la stagnazione delle acque determinano tempi lunghi di contatto con le rocce e favoriscono la solubilizzazione di ioni calcio e bicarbonato. Di conseguenza la riserva alcalina del lago incrementa, ponendolo al riparo dal rischio di acidificazione. Il pH si attesta su valori prossimi alla neutralità, senza però mostrare una significativa variabilità tra il periodo tardo primaverile ed autunnale. Infatti, un confronto dei principali costituenti dello spettro ionico, fra i periodi primaverile ed autunnale, evidenzia un notevole incremento di ioni calcio e bicarbonato (tabella 6.2). Queste variazioni riflettono la composizione litologica dei substrati superficiali. Un campione di calcare marnoso prelevato il 25 Settembre 1997 lungo il versante occidentale del lago era costituito dal 94,9% di calcare e dal 5,1% di argilla.

Nel campione autunnale si osserva anche un modesto incremento di sodio, cloruri e solfati che comunque hanno una bassa incidenza nella composizione ionica delle acque.

Tabella 6.2 Composizione ionica delle acque del lago dell'Altaretto nel periodo primaverile ed autunnale 1998.

Data prelievo		11/06/98		12/11/98	
Conducibilità	$\mu\text{S}/\text{cm } 25^\circ\text{C}$	26		59	
pH		7,1		7,0	
		$\mu\text{eq}/\text{L}$	%	$\mu\text{eq}/\text{L}$	%
Nitrato		24	5,3	16	1,5
Sodio		35	7,7	70	6,7
Cloruro		34	7,5	62	5,9
Solfato		33	7,3	52	4,9
Bicarbonato		143	31,5	457	43,5
Calcio		185	40,7	494	47,0
Totali $\mu\text{eq}/\text{L}$		454		1051	
Σ anioni	meq	0,234		0,587	
Σ cationi	meq	0,232		0,572	
Δ (cat.-an.)		0,002		0,015	
Errore %		0,2		1,2	

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.

L'apporto delle acque di sorgente caratterizza il chimismo delle acque del lago a fine estate, quando le precipitazioni sono minime. Nella tabella 6.3 si osserva che il campione relativo all'inizio autunno 1997 presenta la stessa composizione dell'acqua della sorgente, mentre in altri periodi, quando è consistente l'apporto delle piogge (autunno 1998), la conducibilità si attesta su valori inferiori.

Nella tarda primavera la concentrazione ionica del lago è ancora bassa, ma lo scioglimento delle nevi ed una marcata diminuzione delle piogge possono determinare un rapido decremento delle portate e caratteristiche chimiche delle acque più simili a quelle di fine estate.

Il lago, nonostante la presenza della sorgente perenne, risente dell'elevata siccità di inizio autunno 1997, con evaporazione delle acque e incremento della concentrazione ionica.

I valori di pH ed alcalinità totale testimoniano una elevata riserva tampone, per cui questo lago non sembra soggetto a rischio di acidificazione.

Tabella 6.3 Confronto fra la tipologia delle acque del lago Turchino con quella della principale sorgente che alimenta il lago.

		Lago	Lago	Lago	Lago	Lago	Lago	Sorgente
Data prelievo		13/10/96	24/06/97	25/09/97	11/06/98	12/11/98	20/06/99	20/06/99
Conducibilità	µS/cm 25 °C	59	71	83	54	63	80	82
Torbidità	N.T.U.	0,1	0,1	0,9	0,2	0,4	0,1	0,1
pH		7,3	7,2	7,8	7,5	7,4	7,8	7,0
Cloruro	mg/L	1,9	1,6	2,2	1,9	2,1	2,3	2,2
Nitrato	mg/L	0,5	0,5	0,3	0,7	0,9	1,0	1,0
Solfato	mg/L	3,2	3,8	4,5	2,9	3,8	4,1	4,1
Bicarbonato	mg/L	30,5	36,6	39,0	24,1	27,9	38,7	38,3
Sodio	mg/L	1,5	1,4	1,8	1,5	1,5	1,6	1,8
Potassio	mg/L	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Calcio	mg/L	9,9	11,8	13,7	8,3	10,0	13,0	12,5
Magnesio	mg/L	0,2	0,8	0,4	0,3	0,2	0,6	0,7
Durezza totale	° F	2,6	3,3	3,6	2,4	2,6	3,5	3,4

Lago Santo

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 un continuo rifornimento delle acque del lago Santo attraverso sorgenti sotterranee occultate da vaste conoidi di deiezione poste al margine OSO del lago. Questo è desumibile dall'osservazione del flusso intenso in uscita dal lago in certi periodi dell'anno (19 giugno 1999: 720 L/min.), benché inferiore a quello che si verifica durante lo scioglimento nivale.

Il lago Santo è l'unico fra i bacini considerati per il quale abbia senso parlare di vicenda termica delle acque. Dall'andamento delle temperature rilevate a diverse profondità si deduce che il Santo è un lago dimittico: le fasi di piena ricircolazione hanno luogo nella tarda primavera e in autunno (tabella 6.4).

Sono stati effettuati anche quattro campionamenti lungo la colonna di massima profondità. Nell'agosto 1997, si osserva una marcata stratificazione delle acque con un salto termico di circa 10 °C tra i 3 ed i 6 m di profondità (tabella 6.4). La stratificazione termica si accompagna a gradienti di concentrazione degli ioni calcio e bicarbonato e della conducibilità.

Alla fine di agosto 1998 ad una stratificazione termica poco accentuata corrisponde un modesto incremento della concentrazione ionica solo nel punto di massima profondità (da 86 a 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$). In questa fase è già in atto un primo rimescolamento dello strato epilimnico. L'aumento del valore di tale parametro è principalmente imputabile all'incremento del contenuto di calcio e bicarbonato. Non si osservano variazioni significative degli altri componenti ionici, mentre l'ossigeno disciolto mostra una diminuzione solo nel punto di massima profondità, anche se non si evidenziano situazioni di ipossia.

Tabella 6.4 Variazione della temperatura con la profondità nel Lago Santo.

	0,5 m	1,5 m	3,0 m	5,0 m	6,0 m	9,0 m
Temperatura 13/08/97	19,7	19,7	19,4	12,5	10,1	7,8
Temperatura 24/11/97	1,4	2,0	2,2	2,4	2,3	-
Temperatura 31/08/98	15,8	15,8	15,5	15,5	16,0	10,2
Temperatura 11/11/98	6,1	6,1	6,4	6,3	6,5	6,3

Il lago Santo presenta acque con una concentrazione ionica più elevata di quelle degli altri laghi del gruppo Giovo-Rondinaio e una minore variabilità stagionale. Infatti durante il periodo di scioglimento delle nevi la diluizione delle acque del lago non ha effetti significativi sulla conducibilità.

Lo spettro ionico è dominato dalla componente bicarbonato-calcica. Cloruro, sodio e solfati giocano un ruolo secondario. Ciò determina pH debolmente alcalini, mentre i valori di TA oscillano fra un minimo di 492 $\mu\text{eq}/\text{L}$ ed un massimo di 705 $\mu\text{eq}/\text{L}$. 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 m. Giovo e nelle conoidi alla base della parete posta su questo versante. Calcari marnosi campionati nelle conoidi sotto la parete est del m. 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.

Lago Baccio

Il lago Baccio è alimentato dallo scioglimento nivale e da un tributario che durante la primavera raccoglie un'elevata quantità d'acqua proveniente dall'emissario del lago dell'Altaretto. Durante l'estate il lago 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 occasioni di piogge intense e persistenti il lago torna rapidamente a livelli di piena con la riattivazione dell'emissario. Le variazioni del regime idrologico sono

largamente influenti sulle concentrazioni ioniche che sono minime in primavera ed autunno e massime nel periodo di estivo. Questo fenomeno si manifesta attraverso pH, conducibilità e TA che, proprio nel periodo estivo, raggiungono i valori massimi.

Lago Rondinaio, Lago delle Piogge e lago Torbido

I laghi sono situati in bacini costituiti da arenarie quarzoso-feldspatiche che hanno una modesta reattività con le acque di pioggia nelle cuvette lacustri. Le arenarie Macigno e le arenarie di monte Modino sono rocce poco alterabili; pertanto il contributo degli ioni rilasciati alle acque dal momento dello scioglimento della copertura nivale (fine maggio) appare irrilevante. Ciò è evidente nella tabella 6.5 in cui sono riportati i confronti tra la composizione chimica delle acque dei laghi e quelle delle piogge.

Tabella 6.5 Confronto fra i valori mediani della conducibilità e dei principali componenti ionici delle acque dei laghi Rondinaio, delle Piogge e Torbido e delle piogge campionate sulle vicine alture (a quota 1880 sullo sperone SE del monte Rondinaio e a quota 1783 sulla cresta S del monte Femminamorta) (foto 6.1).

		Lago Rondinaio 96/98	Lago delle Piogge 96/98	Lago Torbido 96/98	Piogge Rondinaio 1996/1998	Piogge Femminamorta 1996
Conducibilità	μS/cm a 25 °C	17,5	13,0	33,5	14,6	10,0
pH		6,4	6,5	7,1	5,4	5,9
Ammonio	mg NH ₄ /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2
Nitrito	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloruro	mg Cl/L	1,8	1,5	1,6	0,9	0,7
Nitrato	mg NO ₃ /L	0,7	<0,5	<0,5	0,7	1,0
Solfato	mg SO ₄ /L	1,7	1,5	2,0	1,8	1,3
Bicarbonato	mg HCO ₃ /L	3,6	7,3	15,2	0,5	0,3
Sodio	mg Na/L	0,9	1,0	1,1	0,6	0,4
Potassio	mg K/L	0,10	0,15	0,17	0,11	<0,10
Calcio	mg Ca/L	1,4	0,9	4,8	0,4	0,5
Magnesio	mg Mg/L	0,15	0,15	0,10	0,11	0,08

L'apporto degli ioni solfato e nitrato nelle acque dei tre laghi è imputabile in larga misura al contributo delle piogge, mentre gli ione cloruro e sodio appaiono mediamente in concentrazione doppia rispetto a quella presente nelle piogge. Costituisce un'eccezione il lago Torbido che presenta acque con tenori in calcio di un ordine di grandezza superiore ai valori presenti nelle piogge e comunque sensibilmente più elevate di quelle che si riscontrano negli altri due laghi. Da un'attenta osservazione della litologia affiorante nelle immediate rive del lago Torbido si osserva la presenza di grossi blocchi di rocce marnose. Un'analisi compiuta su tale materiale ha rilevato la presenza del 22% di argilla e del 78% di calcare. È pertanto ipotizzabile una solubilizzazione di queste rocce da parte dell'attacco acido delle piogge che determina una sostanziale equivalenza della concentrazione di calcio e bicarbonati (0,24 meq/L).

Nei bacini dei laghi Rondinaio e delle Piogge la litologia è caratterizzata unicamente dalla presenza di arenarie.

I valori mediani dell'alcalinità dei tre laghi sono i seguenti:

Lago	[HCO ₃ ⁻]	Alcalinità totale (TA)
Rondinaio	3,6 mg/L	59µeq/L
delle Piogge	7,3 mg/L	119µeq/L
Torbido	15,2 mg/L	249 µg/L

Pertanto, le acque dei laghi Rondinaio e delle Piogge presentano una scarsa riserva alcalina e possono essere considerate *potenzialmente sensibili* agli eventuali apporti di acidità atmosferica.

Il pH delle acque dei tre laghi temporanei (tab. 6.6) riflette le concentrazioni dell'alcalinità totale e non sembra essere compromesso dalle deposizioni atmosferiche. Di conseguenza, non si manifestano fenomeni di acidificazione in atto su questi laghi.

Tabella 6.6 Valori del pH nelle acque dei laghi Rondinaio, delle Piogge e Torbido (dati relativi al periodo 1996-1999).

Lago	Val. minimo	Val. mediano	Val. massimo
Rondinaio	6,1	6,5	6,9
delle Piogge	6,2	6,5	6,6
Torbido	7,0	7,2	8,0

Nelle acque dei tre laghi non si rilevano concentrazioni significative dei più comuni elementi in traccia. In alcuni campioni la presenza dell'alluminio in concentrazioni superiori al limite di rilevabilità strumentale è probabilmente dovuta alla presenza del metallo come componente delle argille in quelle acque caratterizzate da una certa torbidità. Ad esempio nel lago Rondinaio si sono riscontrati 75 µg/L di alluminio, con torbidità di 1 NTU. Poiché l'analisi viene effettuata sull'acqua non sottoposta a filtrazione, valori di torbidità intorno a tale valore possono giustificare le concentrazioni di alluminio riscontrate.

Lago Rondinaio

L'alimentazione di questo lago è prevalentemente di tipo meteorico. Le acque presentano un basso carico ionico, con conducibilità comprese tra 12 e 40 µS/cm.

Questi valori sono confrontabili con quelli delle piogge raccolte nelle due stazioni pluviometriche. La grande variabilità della TA, compresa tra 36 e 203 µeq/L, e i valori del pH (6,1-6,9) spiegano la vicenda stagionale di questo lago, dipendente dall'impatto delle deposizioni atmosferiche.

I litotipi affioranti nel piccolo bacino imbrifero (e anche in quello relativo al lago delle Piogge) sono costituiti prevalentemente da arenarie, con scarsa presenza della componente marnosa e pertanto con ridotto contributo di calcio e bicarbonato.

Le concentrazioni molto alte di TA e calcio determinate nell'autunno 1998 possono essere attribuiti a deposizioni causate da correnti meridionali oppure ad una contaminazione del campione.

Lago delle Piogge

L'alimentazione di questo lago risente sia degli apporti pluviali, sia dello scioglimento delle nevi. Le acque presentano una bassa concentrazione ionica, con conducibilità comprese tra 11 e 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH debolmente acidi (6,2-6,8) e una grande variabilità dell'alcalinità (29-164 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Lago Torbido

Le acque del lago Torbido presentano una bassa concentrazione ionica, con conducibilità compresa tra 33 e 51 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valori che sono circa il doppio di quelli delle piogge raccolte nelle due stazioni di campionamento. L'incremento del contenuto di ioni è imputabile all'aumento delle concentrazioni degli ioni calcio e bicarbonato, probabilmente rilasciati da rocce marnoso-calcaree degli immediati dintorni (tab. 6.5). Nel bacino imbrifero 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 (164-451 $\mu\text{eq}/\text{L}$) e nei pH alcalini (7,0-8,4).

Foto 6.1 I campionatori per le piogge sullo sperone SE del monte Rondinaio, a quota 1880, durante la fase di recupero (novembre 1998).

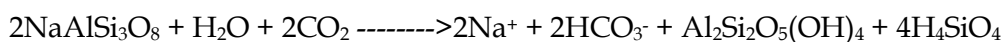
Chimismo delle acque: rischio di acidificazione

Le arenaria Macigno e di monte Modino, inframmezzate da affioramenti marnosi e argillosi, sono i principali litotipi presenti nell'area di studio. Il chimismo delle acque sotterranee e superficiali è quindi determinato dall'interazione con queste rocce.

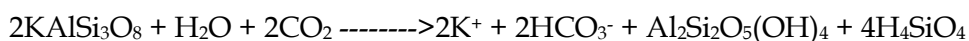
Il contributo ionico alle acque dei laghi è dovuto:

1) dall'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 secondo le seguenti reazioni:

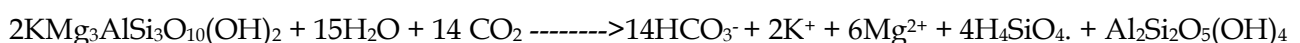


(Albite)

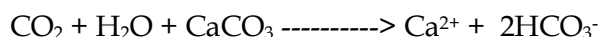


(Ortoclasio)

La biotite, una mica, si altera secondo le seguenti reazioni che contribuiscono alla messa in circolo nelle acque della silice e, in modo molto ridotto, di sodio e potassio:



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.

I sette laghi considerati ricadono all'interno dello stesso sottobacino idrografico di 2° grado (Torrente Tagliole) e sono accomunati da analoghe caratteristiche geolitologiche (Sala et al., 1994). La struttura litologica 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).

In tabella 6.7 sono riportati l'uso del suolo per i bacini imbriferi del lago Santo modenese e del lago Baccio.

Tabella 6.7 Zr = litotipi affioranti; L = lago; Pc+Pb= praterie acidofile e brughiere cucuminali; Zs = zone cespugliose. Dati espressi come percentuale della superficie totale del bacino imbrifero (Casadei, 1996).

Lago	Zr	L	Pc + Pb	Boschi	Zs
Santo	57,17	7,5	1,99	32,16	2,98
Baccio	41,89	1,34	23,34	11,15	9,26

Nel caso del lago Santo le due componenti preponderanti sono le zone ad affioramento litoide e le formazioni boschive, dominate dal faggio. La componente vegetazionale si concentra tutt'intorno al lago. Assieme al suolo svolge un importante ruolo di "filtro" del carico ionico d'origine meteorico, come testimoniano i valori di alcalinità totale che escludono qualsiasi rischio di acidificazione.

Nel caso del lago Baccio, invece, oltre alle due componenti sopracitate, si aggiunge una presenza rilevante di praterie acidofile e brughiere cucuminali che occupano circa un quinto della superficie del bacino.

Le scarse deposizioni del periodo estivo e la forte evaporazione causano la diminuzione del volume del bacino con un incremento dell'alcalinità totale. 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 l'incremento osservato nei valori di TA, pH e conducibilità. Infatti le concentrazioni ioniche nel periodo autunnale sono mediamente doppie rispetto a quelle di maggio-giugno. Le piogge autunnali causano diluizione e consumo dell'alcalinità, con una conseguente diminuzione del pH.

Nel lago Santo tutti i valori di TA sono al di sopra dei 400 $\mu\text{eq/L}$, dunque il rischio di acidificazione sembra totalmente assente. Il lago ha una notevole riserva alcalina che si manifesta soprattutto con il rilascio dei bicarbonati nelle masse d'acqua ipolimniche. Ciò comporta gradienti di concentrazione accentuati nei periodi di stratificazione termica.

I laghi dell'Altaretto, Baccio, delle Piogge e Rondinaio sono situati all'interno del bacino idrografico del lago Baccio. I valori di TA registrati sono significativamente inferiori nel periodo

tardo primaverile (prima metà di giugno) rispetto a quelli autunnali (ottobre), come mostra la seguente tabella:

Tabella 6.8 Valori di alcalinità totale ($\mu\text{eq/L}$) nei laghi dell'Alteretto, Baccio, delle Piogge, Rondinaio e Santo fra il 1996 ed il 1999.

Lago	Alcalinità totale	Ottobre '96	Giugno '97	Ottobre '97	Giugno '98	Ottobre '98	Giugno '99
dell'Altaretto	$\mu\text{eq/L}$	334	159	334	143	451	226
Baccio	$\mu\text{eq/L}$	329	239	472	293	451	295
delle Piogge	$\mu\text{eq/L}$	-	-	-	30	210	asciutto
Rondinaio	$\mu\text{eq/L}$	67	53	-	36	203	asciutto
Santo	$\mu\text{eq/L}$	656	508	656	508	525	590

I valori di alcalinità totale indicano una marcata sensibilità all'acidificazione nei periodi dello scioglimento nivale, mentre in autunno superano abbondantemente la soglia di $200 \mu\text{eq/L}$

Il lago dell'Altaretto presenta due spettri ionici quantitativamente ben distinti; in autunno il contributo ionico complessivo è più del doppio di quello primaverile, a causa dell'incremento della concentrazione di bicarbonato di un fattore superiore a 2,5. Anche lo ione solfato aumenta di un fattore 1,5, per cui complessivamente l'incremento del carico ionico s'accompagna con un evidente aumento del valore di alcalinità totale, ben oltre la soglia di suscettibilità all'acidificazione.

Il lago delle Piogge mostra una situazione analoga al lago dell'Altaretto, con un incremento nella concentrazione di calcio di un fattore 10 e dello ione bicarbonato di circa 7 volte. Anche in questo caso, con l'autunno si raggiungono valori di TA che fanno escludere qualsiasi rischio d'acidificazione per il lago.

Anche nel caso del lago Rondinaio le variazioni stagionali dello spettro sono comparabili a quelle dei due laghi precedenti.

I laghi Torbido e Turchino pur avendo alcalinità inferiore a quelle del Santo, conservano una buona capacità tampone, che è alterata solo da deposizioni umide particolarmente intense.

Si può concludere che i laghi Santo, Baccio, Torbido e Turchino non sono suscettibili al rischio di acidificazione. Soltanto il lago Rondinaio presenta un rischio reale di acidificazione.

La batracofauna è un valido indicatore biologico dello stato di acidificazione delle acque lacustri e delle zone umide in genere. Le specie prevalenti nei laghi oggetto di studio (*Rana temporaria*, *Bufo bufo*) risentono di condizioni di pH compresi fra 3,5 e 4,0, che possono essere letali, mentre valori di pH considerati critici (comportano la mortalità del 50% della popolazione) oscillano fra 4 e 4,5 (Leuven et al. 1986, cit. in Guzzi, 1991). Per entrambe le specie la presenza più alta è stata riscontrata in acque prossime alla neutralità

La presenza di queste specie è un'ulteriore conferma dell'assenza di stress acido nei laghi dell'alta valle delle Tagliole.

LO STATO TROFICO ED IL RISCHIO DI EUTROFIZZAZIONE

Lo stato trofico è stato valutato sulla base dei carichi esterni del fosforo e delle concentrazioni in lago di P totale, azoto inorganico disciolto e clorofilla-a fitoplanctonica. Sulla base dei dati riportati da Casadei (1996) il lago Santo è soggetto a carichi di fosforo pari a $3,52 \cdot 10^{-2} \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ed il Lago Baccio a $5,65 \cdot 10^{-3} \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$. Entrambi i carichi risultano tollerabili secondo il modello di Vollenweider (1968, cit. in Chiaudani et al, 1978) (tab. 6.9).

Tabella 6.9 Tempo teorico di ricambio (τ_w) e quantità di fosforo totale (P_{tot}) nelle acque del lago Santo e del lago Baccio. Z_{medio} indica la profondità media del lago

	Baccio	Santo
τ_w (y)	0,07	0,61
$Z_{\text{medio}} / \tau_w$	27,14	9,21
P_{tot} ($\text{g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$)	$5,65 \cdot 10^{-3}$	$3,52 \cdot 10^{-2}$

Le concentrazioni di clorofilla-a registrate nel giugno 1998 e 1999 rientrano nell'intervallo tipico di laghi oligotrofici (tab. 6.10).

Tabella 6.10. Limiti fissi della clorofilla-a fitoplanctonica per la determinazione dello stato trofico dei laghi secondo l'OECD (Premazzi & Chiaudani, 1992)

Categoria trofica	[Chl-a] medio $\mu\text{g/L}$	[Chl-a] max $\mu\text{g/L}$
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

IMPATTO TURISTICO E CARICO DEI NUTRIENTI ASSOCIATO

L'area dei laghi Santo e Baccio costituisce una delle zone di maggior interesse turistico dell'intero Parco. Ciò è dovuto, oltre alla bellezza paesaggistica intrinseca, ad una estrema facilità d'accesso, grazie alla strada che, attraversando la frazione di Tagliole, giunge ad un ampio parcheggio antistante il lago Santo.

Sebbene i due laghi siano abbastanza vicini a Pievipelago, centro turistico molto affollato nel periodo estivo, il turismo in area è di tipo pendolare: è costituito prettamente da famiglie (soprattutto nei week-end), da gruppi escursionistici (scout, etc.) e da semplici appassionati della montagna. Presso il lago Santo si trovano tre rifugi che praticano attività di ristoro.

L'affluenza ai laghi è stata stimata a partire dall'unico dato a disposizione: il numero dei veicoli in entrata al parcheggio antistante il lago Santo, gestito per la prima volta dall'ente Parco nell'estate 1998. Il periodo di riferimento è 1 giugno-15 settembre.

Stima dell'impatto turistico

Il nostro obiettivo è quello di stimare il numero di "abitanti equivalenti" (AE), per valutare il carico potenziale di nutrienti convogliati ai corpi d'acqua.

Nel periodo considerato si è calcolato in 20.000 il numero dei veicoli che hanno sostato nel parcheggio. Stimando almeno tre passeggeri per veicolo, il numero minimo dei turisti giunti nell'estate '98 è di 60.000 unità. Considerando una permanenza di 8 ore al giorno per ciascun veicolo si ottiene:

$$\begin{aligned} & (\text{tot. turisti estate '98} * \text{n}^\circ \text{ ore permanenza/d}) / \text{n}^\circ \text{ ore/d} = \\ & = (60.000 * 8) / 24 = 20.000 \end{aligned}$$

numero degli abitanti equivalenti complessivi presenti ai laghi dal 1 giugno al 15 settembre (=107 giorni). Il coefficiente unitario dell'azoto è 12 g N/abitante/d, quello del fosforo è 4,2 g P/abitante/d (Provini et al. 1998)

Da questi valori si calcolano i carichi potenziali:

Elemento	Carico totale (Kg)
Azoto	240
Fosforo	84

Sulla base della lunghezza e dei tempi di percorrenza dei sentieri che uniscono i diversi laghi (vedi tab. 6.11) si è stimata la ridistribuzione dei carichi di nutrienti fra tutti i corpi d'acqua. Tuttavia, un'attenta analisi dei sentieri ci ha condotto ad escludere qualsiasi apporto antropico di fosforo ed azoto nei laghi dell'Altaretto, delle Piogge e Rondinaio, che rimangono fuori dai sentieri o che, come nel lago dell'Altaretto, si trovano lungo il percorso che conduce alla vetta del monte Rondinaio, obiettivo primario degli escursionisti che percorrono il sentiero.

La ridistribuzione dei carichi di azoto e fosforo avviene, allora, solo fra i due principali bacini: il lago Santo ed il lago Baccio.

Ponendo:

N_d = carico medio giornaliero di azoto dovuto alla presenza turistica ; P_d = carico medio giornaliero di fosforo dovuto alla presenza turistica, si ottiene:

$$N_d = 240.000/107 = 2243 \text{ g N/d}$$

$$P_d = 84.000/107 = 785 \text{ g P/d}$$

che riportati su scala oraria equivalgono a:

$$N_h = 280,4 \text{ g N/h}$$

$$P_h = 98,1 \text{ g P/h}$$

Stimando che il 75% dei turisti che affluiscono al parcheggio antistante il lago Santo si fermano a questo lago, il carico medio giornaliero risulta:

$$N'_d = N_d * 0,75 = 1682,25 \text{ g N/d}$$

$$P'_d = P_d * 0,75 = 588,75 \text{ g P/d}$$

Il restante 25% interessa il lago Baccio, dove si calcola che il turista sostenga mediamente 1 ora. Per cui:

$$N^*_d = N_d * 0,25 = 560,72 \text{ g N/d} = 70,1 \text{ g N/h}$$

$$P^*_d = P_d * 0,25 = 196,25 \text{ g P/d} = 24,5 \text{ g P/h}$$

Dalla letteratura emerge che soltanto una parte dei nutrienti effettivamente prodotti dalla presenza antropica arricchisce effettivamente le acque dei due laghi: questa parte corrisponde al 20% per l'azoto ed al 3% per il fosforo (Marchetti, 1994).

contributo diario reale dovuto all'afflusso turistico	N (g/d)	P (g/d)
lago Santo	434,58	22,81
Lago Baccio	14,02	0,73

Per stimare l'impatto de carichi calcolati sue due laghi è necessario rapportare questi valori ai volumi dei corpi d'acqua:

Laghi	Volume (m³)
Santo	383.986
Baccio	26.267

Attraverso una semplice proporzione, noti i valori di azoto nitroso, nitrico ed ammoniacale presenti nelle acque lacustri, ottengo i seguenti valori:

	L. Santo		L. Baccio	
	Cg	Cs	Cg	Cs
Azoto (%)	0,48	50,99	0,21	22,84
Fosforo (%)	0,35	37,45	0,15	16,05

Dove:

Cg: contributo giornaliero del carico indotto dalla presenza turistica espresso come percentuale rispetto a quello naturale;

Cs: contributo stagionale del carico indotto dalla presenza turistica espresso come percentuale rispetto a quello naturale.

I risultati di questo studio preliminare non consentono di fornire risultati definitivi poiché:

1. la serie storica è troppo ridotta (comprendendo solo un anno d'informazioni sulla presenza turistica);
2. i valori del volume dei laghi sono approssimati;
3. in molti campioni analizzati i valori di azoto ammoniacale, nitroso e quelli di fosforo ortofosfato sono risultati al di sotto della soglia di rilevabilità strumentale. Per stimare l'impatto antropico si sono considerati i valori minimi di soglia, generando, alla fine, risultati che sono delle sovrastime di quelli reali. A fine estate non si registra un incremento significativo nelle concentrazioni di azoto.

Tuttavia, il fatto che tra la primavera e l'autunno non si registri un incremento significativo nella concentrazione dei nutrienti farebbe presumere che l'impatto antropico sul lago Santo e sul lago Baccio sia trascurabile. Soltanto proseguendo questa ricerca, in modo da ottenere una serie storica sufficientemente ampia, sarà possibile chiarire l'effetto dell'impatto antropico sui due bacini.

Tabella 6.11 Lunghezza e tempi di percorrenza dei sentieri che conducono ai laghi con riferimento al numero del sentiero (C.A.I., 1998).

Numero del sentiero	Lago	Distanza (km)	Tempo di percorrenza (min.)
525	Santo	0,25	5
523	Baccio	1,00	20
523, 521, 517A	Turchino	3,05	100
00, 517	Turchino ¹	1,58	30
523, 521, 517A, 517	Torbido	3,55	110
00, 517	Torbido ¹	1,08	20
523	Dell'Altaretto	1,23	30
523	Rondinaio ²	1,24	40
523	Delle Piogge	1,25	40

Note:

1: l'inizio del percorso è presso il valico della Via della Foce (detta anche Via del Granduca).

2: in questo caso la distanza ed il tempo di percorrenza sono sottoposti ad una stima ancor più approssimata che nei laghi precedenti, poiché è necessario percorrere un tratto fuori sentiero per raggiungere il lago.