

UN DECENNIO DI RICERCHE IDROCHIMICHE E
IDROBIOLOGICHE SU LAGHI E POZZE DELLA VAL D'AVETO
(APPENNINO LIGURE)

*A DECADE OF HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL
RESEARCH ON LAKES AND PONDS OF THE AVETO VALLEY
(LIGURIAN APENNINES)*

IRENEO FERRARI¹, GIORGIO BENASSI¹, LUIGI CAGNOLARO²,
GIANMARCO PARIS¹, GIAMPAOLO ROSSETTI¹, VALERIA ROSSI¹,
SANDRA SEI¹, PIERLUIGI VIAROLI¹

¹Dipartimento di Bioscienze, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 11A, 43124 Parma, Italy. ireneo.ferrari@unipr.it ²Museo Civico di Storia Naturale, Corso Venezia 55, 20121 Milano, Italy.

RIASSUNTO

Sono sintetizzati i risultati di ricerche idrochimiche e idrobiologiche, svolte dal 1988 al 1999 su laghi e corpi di acque temporanee della Val d'Aveto (Appennino Ligure), a quote comprese tra 1267 e 1330 m s.l.m. Particolare attenzione è stata rivolta al Lago degli Abeti, al Lago Riondo e allo Stagno del Lagastro, che sono situati all'interno della Riserva Naturale Integrale Agoraia di Sopra e Moggetto, ma anche alle pozze temporanee Asperelle e Code d'Asino. Lo studio è stato esteso anche al Lago delle Lame (1060 m s.l.m.).

L'influenza degli estesi affioramenti di ofioliti e rocce sedimentarie nell'area di studio si riflette nettamente sulla composizione ionica delle acque, che si connota per la notevole incidenza del magnesio sul totale dei cationi e per gli alti valori di silice reattiva disciolta. Lo stato trofico dei corpi d'acqua è stato valutato sulle concentrazioni di azoto e fosforo, sui contenuti di clorofilla-*a*, sulle densità e sui biovolumi del fitoplancton. Le acque del L. degli Abeti sono oligotrofiche, mentre naturalmente eutrofiche sono quelle del L. Riondo, del Lagastro e delle pozze. Il L. delle Lame risente sensibilmente dell'impatto di attività umane (pesca sportiva e turismo).

La struttura dello zooplancton nei diversi biotopi si differenzia per i pattern di associazione tra copepodi calanoidi (*Eudiaptomus intermedius* e *Mixodiaptomus kupelwieseri*) e due specie di *Daphnia* (*D. longispina* e *D. obtusa*). *Mixodiaptomus kupelwieseri* è la sola specie euplanctonica di microcrostacei rinvenuta nel Lago degli Abeti, mentre è in associazione con *D. obtusa* nelle pozze Asperelle e Code d'Asino e con *D. longispina* nel Lagastro.

Nel Lago delle Lame non compaiono calanoidi. *Eudiaptomus intermedius* e *D. longispina* caratterizzano il popolamento del Lago Riondo.

Ricerche accurate sono state condotte sui cicli stagionali, sulle strategie riproduttive e sulla variabilità genetica di *M. kupelwieseri*: il più alto livello di polimorfismo genetico è stato riscontrato nei corpi d'acqua (Lagastro, Asperelle e Code d'Asino) con più marcata instabilità ambientale.

ABSTRACT

A synthesis of the main results of hydrochemical and hydrobiological research carried out from 1988 to 1999 on lakes and ponds located at altitudes from 1267 to 1330 m a.s.l. in the Aveto Valley (Ligurian Apennines) is presented here. Special attention was devoted to the Lago degli Abeti, Lago Riondo and Lagastro pond, that are inside the area of the “ Riserva Naturale Integrale di Sopra Agoraie e Moggetto”, and the temporary ponds Asperelle and Code d'Asino. The research was widened to also include the Lago delle Lame, a lake located at 1060 m a.s.l.

Most of the waterbodies are magnesium and silica rich, due to the weathering of ophiolitic and sedimentary rocks that are prevailing in the area. Trophic status was evaluated using nitrogen and phosphorus concentrations and chlorophyll-*a* contents as well as the phytoplankton density and biovolume data; it is ranging from the oligotrophy of Lago degli Abeti to the eutrophic conditions of Lago Riondo and temporary ponds. The Lago delle Lame was heavily affected by the impact of human activities (fishing, tourism).

Zooplankton structure was characterised by different association patterns of the calanoids *Eudiaptomus intermedius* and *Mixodiaptomus kupelwieseri* with two species of *Daphnia* (*D. longispina* and *D. obtusa*). *M. kupelwieseri* is the only euplanktonic microcrustacean species living in the Lago degli Abeti, while it occurred in association with *D. obtusa* in the Asperelle and Code d'Asino ponds and with *D. longispina* in the Lagastro pond. Any calanoid species was found in the Lago delle Lame. Zooplankton of the Lago Riondo was dominated by *E. intermedius* and *D. longispina*.

Seasonal life cycles, reproductive strategies and genetic variability of *M. kupelwieseri* were carefully investigated: the populations inhabiting the water bodies with a more marked environmental instability (Lagastro, Asperelle and Code d'Asino) show the highest levels of genetic polymorphism.

PAROLE CHIAVE

Appennino Settentrionale, laghi, pozze temporanee, idrochimica, plancton, biodiversità.

KEY WORDS

Northern Apennines (Italy), lakes, temporary ponds, hydrochemistry, plankton, biodiversity.

INTRODUZIONE

L'area su cui si sono concentrate le ricerche illustrate in questa nota fa parte della Foresta Demaniale delle Lame, nell'Appennino Ligure, ed è parzialmente inclusa nella Riserva Naturale Integrale "Agoraie di Sopra e Moggetto", istituita nel 1971 e riclassificata nel 1986 come Riserva Naturale Orientata. La Riserva è gestita dal Corpo Forestale dello Stato. Le Agoraie e il territorio circostante costituiscono un sito di interesse comunitario (S. I. C.) che rientra pertanto nella rete "Natura 2000" in attuazione della Direttiva Europea "Habitat" 92/43. Olivari e Bonani (1998) hanno ricostruito le vicende di scala geologica e storica che hanno segnato i cambiamenti più significativi della vegetazione nella foresta delle Lame e hanno fornito importanti informazioni sull'evoluzione recente delle normative mirate a una gestione conservativa della Riserva. La complessità dei problemi gestionali di questo territorio di grande pregio naturalistico sono richiamati da Corbetta (1998), con riferimento anche all'istituzione, avvenuta nel 1995 con legge della Regione Liguria, del Parco Naturale Regionale dell'Aveto.

Sui laghi e sulle pozze delle Agoraie, che costituiscono elementi di prioritario interesse conservazionistico della Riserva, il Dipartimento di Scienze Ambientali (ora Dipartimento di Bioscienze) dell'Università di Parma ha condotto per oltre un decennio, dal 1988 al 1999, indagini idrochimiche ed idrobiologiche. Tali indagini sono state promosse da un gruppo di lavoro interdisciplinare che ha operato in stretta collaborazione con il Corpo Forestale dello Stato (Olivari e Bonani, 1998) e con il Museo Civico di Storia Naturale di Milano. In questo lavoro è presentata una sintesi dei risultati di quel ciclo di attività di ricerca.

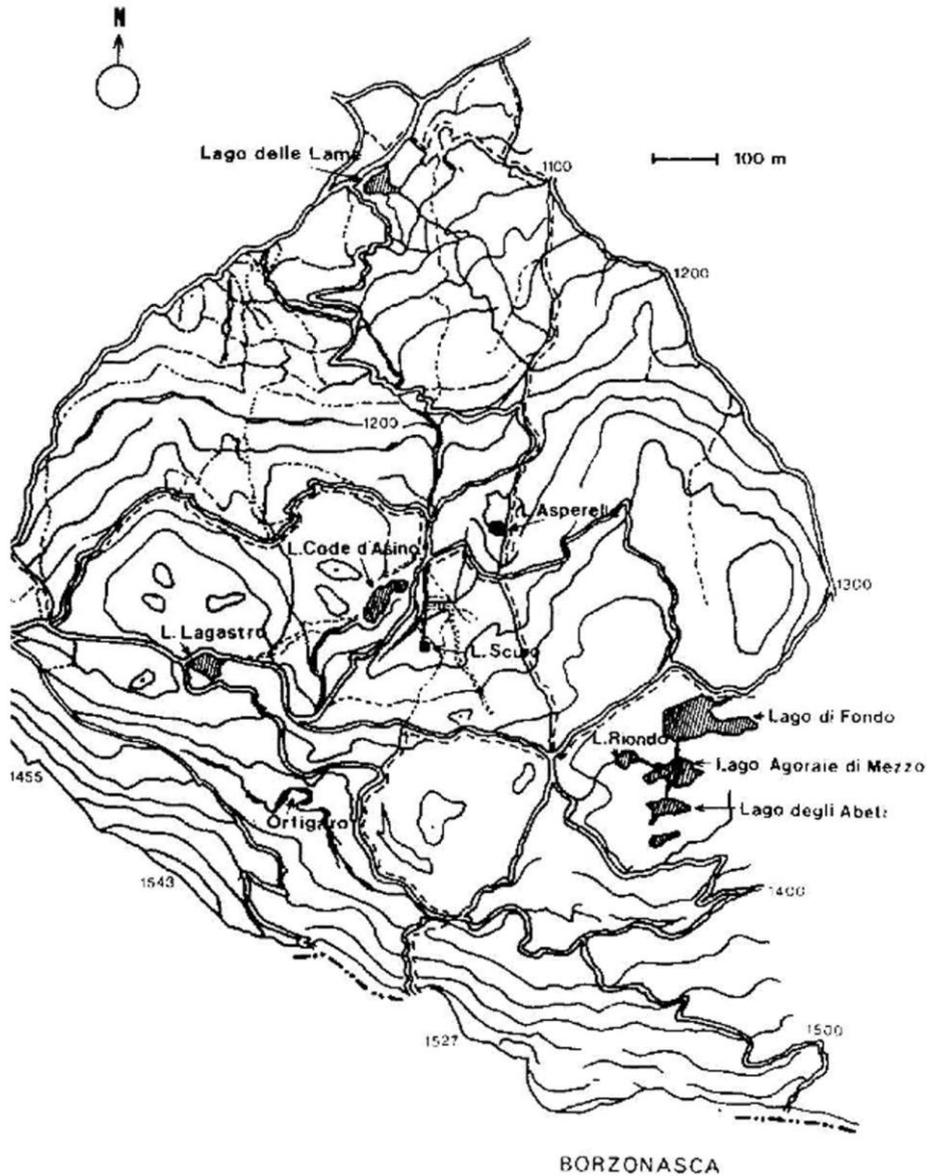


Fig. 1. Carta della Foresta Demaniale delle Lame: sono indicati i corpi d'acqua oggetto della ricerca (da Manzoni et al., 1992).
Map of the Foresta Demaniale delle Lame. Lakes and ponds included in this study are shown (from Manzoni et al., 1992).

Accanto ad alcuni lavori pionieristici fondamentali (Brian, 1924, 1925; Prete, 1950; Cagnolaro 1957, 1971), la bibliografia sui corpi d'acqua della Riserva si è arricchita recentemente di nuovi contributi scientifici originali, in particolare di campo fitogeografico e paleobotanico (Olivari e Bonani, 1998). Di rilevante interesse sono anche gli studi geologici sulla valle dei laghi Agoraie (Bartolini et al., 1998) e, a più vasta scala, sull'Appennino Ligure - Emiliano (Casnedi et al., 1993, 1997; Vernia, 2002).

Raccolte ed analisi di campioni sono state eseguite, complessivamente, in nove ambienti acquatici (Fig. 1). Quattro di questi costituiscono, entro il perimetro della Riserva, il gruppo delle Agoraie: i due più profondi sono il Lago degli Abeti (1329 m s.l.m., profondità circa 6 m al massimo invaso) e il Lago Riondo (1328 m s.l.m., profondità massima circa 2.5 m); i loro emissari confluiscono nel Lago Agoraie di Mezzo (1327 m s.l.m.) che a sua volta è collegato con il Lago Agoraie di Fondo (1326 m s.l.m.); nei laghi di Mezzo e di Fondo la profondità massima è generalmente inferiore a 1 m. Della Riserva, nell'area del Moggetto, fa parte anche lo Stagno del Lagastro (1330 m s.l.m.), un corpo piuttosto esteso di acque basse (profondità massima non oltre 1 m), caratterizzato da periodiche asciutte. Sono stati oggetto di ricerca altri piccoli corpi d'acqua di modesta profondità (non oltre 1 m), esterni al perimetro della Riserva: il Lago Scuro (1285 m s.l.m.), una pozza perenne alimentata da fredde acque sorgive, e le pozze temporanee Asperelle (1267 m s.l.m.) e Code d'Asino (1275 m s.l.m.). Nella ricerca è stato incluso anche il Lago delle Lame (1060 m s.l. m.), il più profondo dei nove biotopi indagati (la sua profondità massima raggiunge circa 8 m), che non è sottoposto a un particolare regime di tutela ed è esposto alla pressione di attività antropiche associate al turismo e alla pesca sportiva.

I sopralluoghi su tutti i nove biotopi sono stati effettuati due volte l'anno nel 1988 (25 luglio e 15 ottobre), nel 1989 (10 giugno e 21 ottobre) e nel 1990 (19 maggio e 8 ottobre). In questi tre anni è stato

saltuariamente visitato un altro piccolo corpo di acque temporanee, l'Ortigaro. Nel 1991 si sono succeduti quattro sopralluoghi (8 giugno, 30 luglio, 7 settembre e 30 ottobre) ai laghi Abeti, Riondo e Lame, al Lagastro e alle pozze Asperelle e Code d'Asino. Nei due anni successivi l'attenzione si è concentrata sul Lago degli Abeti e sui tre ambienti di acque temporanee, effettuando cinque sopralluoghi nel 1992 (11 maggio, 16 giugno, 21 luglio, 7 settembre e 29 ottobre) e sei nel 1993 (5 maggio, 15 giugno, 14 luglio, 18 agosto, 22 settembre e 27 ottobre). Le tematiche affrontate hanno riguardato essenzialmente l'analisi del chimismo delle acque, la valutazione dello stato trofico dei biotopi e lo studio della struttura e della diversità dei popolamenti planctonici. Lo sforzo di analisi non è stato tuttavia distribuito uniformemente sull'intero ciclo dei sei anni della ricerca: il riconoscimento e conteggio dello zooplancton sono stati effettuati su campioni raccolti in occasione di tutte le date dei sopralluoghi sopra indicate; le analisi chimiche sono state eseguite principalmente su campioni d'acqua prelevati dal 1989 al 1991; lo studio del fitoplancton è stato condotto sulla serie dei campioni del 1991 limitatamente ai laghi Abeti, Riondo e Lame.

Dati più recenti sull'idrochimica e sulla composizione dello zooplancton dei nove biotopi della Val d'Aveto sono stati acquisiti dall'analisi di campioni prelevati durante un sopralluogo del 3 novembre 1999.

I risultati (e i metodi di studio) sono illustrati in quattro distinte sezioni:

- 1) parametri fisici e chimici delle acque e caratterizzazione dello stato trofico dei laghi e delle pozze;
- 2) struttura e composizione del fitoplancton;
- 3) struttura e composizione dello zooplancton;
- 4) biologia ed ecologia di popolazione di una specie di copepodi calanoidi (*Mixodiaptomus kupelwieseri*) insediata nel Lago degli Abeti e nei tre corpi d'acqua temporanei Lagastro, Asperelle e Code d'Asino.

Risultati preliminari o settoriali dell'intero ciclo di ricerche sono stati richiamati in alcune pubblicazioni sullo stato delle conoscenze e sui

problemi di conservazione e gestione dei laghi dell'Appennino Settentrionale (Ferrari et al., 1992, 1999; Viaroli et al., 1992 a, 1992 b, 1994, 1997; Paris, 1993; Fratta, 2000; Sandei, 2000; Moroni & Bellavere, 2001; Tavernini & Rossetti, 2001; Rossetti et al., 2004). Altre pubblicazioni di taglio più specialistico, e principalmente focalizzate sulle ricerche in Val d'Aveto, sono citate nelle singole sezioni.

1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE E STATO TROFICO DEI CORPI D'ACQUA

Rilevamenti termici nei corpi d'acqua oggetto di questa ricerca sono stati effettuati nel corso di tutti i sopralluoghi per il campionamento dello zooplankton: dal 1988 al 1993 nel Lago degli Abeti e nei tre ambienti di acque temporanee Lagastro, Asperelle e Code d'Asino (che sono caratterizzati da prolungate asciutte estive); dal 1988 al 1991 nel Lago Riondo e nel Lago delle Lame; dal 1988 al 1990 nei laghi Scuro, Agoraie di Mezzo e di Fondo. Nei laghi degli Abeti, di Riondo e delle Lame sono state ogni volta misurate anche le temperature lungo la colonna verticale di massima profondità ed è stata rilevata la trasparenza delle acque con disco di Secchi; saltuariamente sono state determinate le concentrazioni di ossigeno disciolto.

In occasione dei sopralluoghi del 1989, del 1990 e del 1991 sono stati raccolti campioni d'acqua per le analisi chimiche, in particolare per la determinazione dello spettro ionico e delle concentrazioni di nutrienti e di clorofilla-*a* fitoplanctonica. Su questi campioni, in laboratorio, si procedeva alla determinazione dei seguenti parametri: pH (TIM 90, Radiometer); conducibilità a 20°C (CDM 83, Radiometer); alcalinità totale mediante titolazione acidimetrica a due punti finali (TIM 90, Radiometer) e linearizzazione secondo Rodier (1978); azoto nitrico (Rodier, 1978), nitroso (A.P.H.A. et al., 1975) e ammoniacale (Korolef, 1970); fosforo reattivo solubile e fosforo totale disciolto e particellato (Valderrama, 1981); silice reattiva disciolta (A.P.H.A. et al., 1975); solfati (Liberti, 1972); cloruri (Florence &

Farrar, 1971); calcio, magnesio e sodio mediante spettrometria di emissione atomica (Philips PU 7450 ICP); potassio mediante spettrometria di emissione atomica con metodo Perkin Elmer; clorofilla-*a* fitoplanctonica con metodo tricromatico secondo Parson & Strickland (A.P.H.A. et al., 1975).

Le caratteristiche idrochimiche sono state analizzate in relazione alle prevalenti tipologie litologiche nell'ambito di un progetto di ricerca sulla valutazione del rischio di acidificazione (e dello stato trofico) dei laghi dell'Appennino Settentrionale: l'indagine ha interessato 55 bacini lacustri localizzati sull'arco esteso dalla Val d'Aveto e dalla Val Trebbia fino all'Appennino Bolognese e Romagnolo. I risultati del progetto sono stati presentati e discussi in numerose pubblicazioni; ci si limita a citare quelle che riportano informazioni attinenti i laghi e le pozze della Val d'Aveto: Manzoni et al. (1992), Rossi et al. (1994 b) e Viaroli et al. (1992 a, 1992 b, 1994, 1997, 2002). Sulla base di questi riferimenti bibliografici (e di dati ulteriori recuperati dai protocolli originali relativi alla serie di sopralluoghi) è stata tentata una descrizione sintetica dei caratteri fisici e chimici salienti dei corpi d'acqua di Val d'Aveto.

I profili termici dei tre laghi di maggiore profondità durante l'estate segnalano condizioni di stratificazione che appaiono particolarmente stabili nel Lago delle Lame. Le temperature mediamente più elevate sull'intera colonna d'acqua sono state misurate il 25 luglio 1988: in superficie e nello strato prossimo al fondo sono stati registrati 14.0°C e 8.2°C negli Abeti (che evidentemente risente dell'apporto al suo bilancio idrico di acque fredde sotterranee), 20.0°C e 16.0°C nel Riondo, 22.5°C e 6.8°C nelle Lame. Il 30 luglio 1991 le temperature di superficie e di massima profondità sono risultate 12.7°C e 5.3°C negli Abeti, 18.9°C e 11.0°C nel Riondo e 19.9°C e 7.0°C nelle Lame. Interessante è anche il profilo termico del 18 agosto 1993, disponibile solo per gli Abeti: sono stati registrati 14.9°C in superficie (la temperatura più alta misurata in questo lago nei sei anni di rilevamenti) e 5.2°C in profondità. In data 25 luglio 1988 sono state

registrate le temperature più alte di tutto il ciclo triennale di misure anche nelle pozze (con un massimo di 28.0°C in Code d'Asino) e nel L. Scuro (7.5°C).

La trasparenza delle acque è decisamente elevata nel Lago degli Abeti dove il fondo è sempre chiaramente visibile ad occhio nudo. Anche nel Lago Riondo il disco di Secchi ha sempre valori prossimi alla massima profondità (circa 2.5 m), nonostante un'estesa copertura macrofitica. In entrambi i laghi le acque sono ben ossigenate su tutta la colonna. Nel Lago delle Lame sono stati invece registrati in più occasioni valori modesti del disco di Secchi (1.4 m nell'ottobre 1990, tra 2.5 e 3 m nel luglio 1988, nel maggio 1990, nel giugno e nel settembre 1991), spesso associati a condizioni di ipossia delle acque sull'intera colonna; solo nell'ottobre 1991 è stato rilevato un disco di Secchi pari alla profondità massima del lago (8 m) (Viaroli et al., 2002).

I valori dei principali parametri chimici riportati in Tab. 1 si riferiscono a campioni prelevati in primavera e in autunno, quando la distribuzione nella massa d'acqua delle riserve ioniche e dei nutrienti è tendenzialmente omogenea per effetto della piena circolazione. I valori della conducibilità elettrica specifica variano da 43 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 116 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e quelli dell'alcalinità totale da 0.23 meq L^{-1} a 1.04 meq L^{-1} , mentre le concentrazioni ioniche complessive sono comprese tra 1.03 meq L^{-1} e 2.59 meq L^{-1} : per tutti e tre i parametri i minimi sono stati rilevati nelle Asperelle, i massimi nel Lago delle Lame. Questi dati consentono di ritenere praticamente irrilevante il rischio di acidificazione delle acque dei laghi e delle pozze di Val d'Aveto. Il chimismo di base delle acque dei laghi Agoraie di Mezzo e Agoraie di Fondo si caratterizza per valori di conducibilità, alcalinità e concentrazioni ioniche leggermente inferiori a quelli rilevati nel Lago degli Abeti e nettamente più alti di quelli del Lago Riondo (Viaroli et al., 2002). I valori più bassi di pH sono stati registrati nelle Asperelle e nel Lagastro.

| | Abeti(5) | | Riondo(5) | | AS(2) | CA(1) | LG(1) | SC(1) | Lame(7) | |
|-----------------------|----------|------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|---------|------|
| pH | 7.62 | 0.6 | 7.05 | 0.08 | 6.65 | 7.45 | 6.64 | 7.61 | 8.01 | 0.23 |
| CES | 108 | 13 | 59 | 7 | 43 | 98 | 69 | 100 | 116 | 8 |
| TA | 0.98 | 0.03 | 0.43 | 0.05 | 0.23 | 0.94 | 0.61 | 0.92 | 1.04 | 0.05 |
| SO₄ | 0.11 | 0.01 | 0.10 | 0.05 | 0.14 | 0.07 | 0.11 | 0.09 | 0.15 | 0.02 |
| Cl | 0.09 | 0.01 | 0.12 | 0.02 | 0.16 | 0.09 | 0.17 | 0.12 | 0.09 | 0.01 |
| ∑A | 1.20 | 0.04 | 0.66 | 0.05 | 0.54 | 1.13 | 0.88 | 1.14 | 1.30 | 0.06 |
| Na | 0.08 | 0 | 0.10 | 0.02 | 0.10 | 0.09 | 0.13 | 0.08 | 0.08 | 0.01 |
| Ca | 0.60 | 0.09 | 0.24 | 0.03 | 0.23 | 0.43 | 0.59 | 0.77 | 0.40 | 0.02 |
| Mg | 0.44 | 0.04 | 0.30 | 0.03 | 0.14 | 0.69 | 0.14 | 0.30 | 0.80 | 0.06 |
| ∑C | 1.13 | 0.11 | 0.65 | 0.02 | 0.49 | 1.23 | 0.88 | 1.16 | 1.29 | 0.06 |
| ∑I | 2.33 | 0.13 | 1.30 | 0.60 | 1.03 | 2.35 | 1.76 | 2.30 | 2.59 | 0.09 |
| DIN | 427 | 95 | 167 | 100 | 51 | 376 | 40 | 210 | 203 | 75 |
| TP | 15 | 6 | 31 | 8 | 59 | 5 | 5 | 0 | 23 | 6 |
| DRSi | 3.65 | 0.72 | 3.72 | 1.12 | 4.13 | 3.41 | 4.91 | 8.71 | 6.21 | 1.35 |

Tab. 1. Valori medi dei dati relativi ai principali parametri chimici rilevati durante il triennio 1989 - 1991 nei laghi e nelle pozze di Val d'Aveto: L. degli Abeti, L. Riondo, Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro (SC) e L. delle Lame. Tra parentesi, nella prima riga, è indicato il numero di campioni analizzati per ciascun biotopo. Per i laghi Abeti, Riondo e Lame, accanto alle medie, sono indicati i corrispondenti valori di deviazione standard. Oltre al pH, sono riportati valori relativi a: conducibilità elettrica specifica (CES) in $\mu\text{S cm}^{-1}$; alcalinità totale (TA), solfati (SO_4), cloruri (Cl), somma anioni ($\sum\text{A}$), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg), somma cationi ($\sum\text{C}$) e somma totale ioni ($\sum\text{I}$) in meq L^{-1} ; azoto inorganico disciolto (DIN) in $\mu\text{g N L}^{-1}$; fosforo totale (TP) in $\mu\text{g P L}^{-1}$; silice reattiva disciolta (DRSi) in mg Si L^{-1} (da Viaroli et al., 2002).

Average values of different chemical parameters measured in the period 1989 - 1991 at ponds and lakes of the Aveto Valley: L. degli Abeti, L. Riondo, Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro (SC) and L. delle Lame. In the top line, the number of analysed samples is indicated between brackets. The following variables are reported: pH; specific electrical conductivity (CES) in $\mu\text{S cm}^{-1}$; total alkalinity (TA), sulphates (SO_4), chlorides (Cl), total anions ($\sum\text{A}$), sodium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), total cations ($\sum\text{C}$) and total ions ($\sum\text{I}$) in meq L^{-1} ; dissolved inorganic nitrogen (DIN) in $\mu\text{g N L}^{-1}$; total phosphorus (TP) in $\mu\text{g P L}^{-1}$; dissolved reactive silica (DRSi) in mg Si L^{-1} (from Viaroli et al., 2002).

L'analisi del bilancio ionico mostra un'elevata incidenza del magnesio, che in cinque biotopi (Riondo, Lame, Code d'Asino, ma anche Agoraie di Mezzo e di Fondo) supera il 40% del totale cationi, con concentrazioni più alte di quelle del calcio. Evidente è l'affinità con i laghi dell'alta Val Nure; altrettanto netta è la differenza rispetto a tutti gli altri ambienti limnici dell'Appennino Settentrionale, indagati per la valutazione del rischio di acidificazione, nei quali è stata osservata una forte prevalenza del calcio che contribuisce con oltre il 70% al totale dei cationi (Viaroli et al., 1992 a, 1992b, 2002). In Tab. 2 sono riportati in dettaglio i dati di spettro ionico rilevati nei laghi Abeti, Riondo e Lame nell'ottobre 1989 (Manzoni et al., 1992). Un'altra specificità che accomuna laghi di Val d'Aveto e laghi di Val Nure è l'alto contenuto di silice reattiva disciolta, con massimi di oltre 6 mg Si L⁻¹ nel Lago delle Lame e addirittura di oltre 8 mg Si L⁻¹ nello Scuro: si tratta di valori mediamente da tre a otto volte più alti di quelli rilevati nei bacini lacustri del crinale appenninico dal Parmense al Modenese. Queste peculiarità sono evidentemente correlate con l'ampia estensione che assumono nell'area di studio gli affioramenti di terreni ofiolitici ricchi di magnesio e di silicati (Bartolini et al., 1998; Casnedi et al., 1993, 1997; Saccani, 2002; Venturelli, 2002; Vernia, 2002).

La valutazione dello stato trofico dei tre laghi più profondi può essere ricavata dai dati di Tab. 3 relativi ai campioni prelevati nel 1991: vi sono riportate le concentrazioni medie (pesate sull'intera colonna d'acqua di massima profondità) di azoto inorganico disciolto, di fosforo totale e di clorofilla-*a* fitoplanctonica (Viaroli et al., 2002). Nel Lago degli Abeti le acque sono tendenzialmente oligotrofiche: vi si registrano le più alte concentrazioni di azoto inorganico, ma le più basse concentrazioni di fosforo totale, mentre i contenuti relativamente alti di clorofilla-*a* di giugno e luglio dipendono probabilmente da massimi rilevati nello strato prossimo al fondo in relazione alla presenza di alghe bentiche filamentose del genere *Spirogyra* (Rossi et al., 1994 b). Evidente è la condizione eutrofica del Lago Riondo, che corrisponde ai

caratteri fisiografici della sua presente fase evolutiva che si connota per un progressivo colmamento della cuvetta. Più incerta è la valutazione dello stato trofico del Lago delle Lame, che, per diversi motivi (la maggiore profondità e l'esposizione a varie fonti di impatto antropico), non appare comunque comparabile agli altri due bacini lacustri. Analoghe considerazioni sono state svolte da Manzoni et al. (1992) a commento dei dati di concentrazione dei nutrienti e di clorofilla-*a* determinati sui campioni raccolti nei tre laghi nel 1989 e nel 1990. L'elevato trofismo delle pozze è documentato dalle alte concentrazioni di fosforo totale (fino a un massimo di 93 $\mu\text{g P L}^{-1}$ nelle Asperelle) e di clorofilla-*a* fitoplanctonica (fino a un massimo di 26.4 $\mu\text{g L}^{-1}$ nel Lagastro) riscontrate nei campioni primaverili del 1991 (Rossi et al., 1994 b).

| | Lago Abeti | Lago Riondo | Lago Lame |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| Solfati | 0.121 | 0.067 | 0.154 |
| Cloruri | 0.073 | 0.096 | 0.068 |
| Bicarbonati | 0.987 | 0.407 | 1.047 |
| Nitrati | 0.026 | 0.005 | 0.007 |
| Σ anioni | 1.207 | 0.575 | 1.276 |
| Sodio | 0.083 | 0.100 | 0.083 |
| Potassio | 0.006 | 0.008 | 0.009 |
| Magnesio | 0.465 | 0.319 | 0.821 |
| Calcio | 0.570 | 0.208 | 0.425 |
| Ammonio | 0.008 | 0.008 | 0.002 |
| Σ cationi | 1.133 | 0.644 | 1.340 |

Tab. 2. Bilancio ionico (meq L^{-1}) determinato su campioni d'acqua di superficie prelevati nei laghi Abeti, Riondo e Lame il 21 ottobre 1989 (da Manzoni et al., 1992).

Ionic balance (meq L^{-1}) in surface water samples collected from lakes Abeti, Riondo and Lame on October 21, 1989 (from Manzoni et al., 1992).

| | Abeti | | | Riondo | | | Lame | | |
|-----------------|-------|----|------|--------|----|-------|------|----|------|
| | DIN | TP | Ch-a | DIN | TP | Ch-a | DIN | TP | Ch-a |
| 08.06.91 | 319 | 14 | 3.83 | 34 | 25 | 5.67 | 162 | 32 | 1.48 |
| 30.07.91 | 221 | 9 | 6.69 | 22 | 36 | 9.44 | 96 | 16 | 2.07 |
| 07.09.91 | 304 | 8 | 0.71 | 16 | 41 | 3.64 | 114 | 14 | 3.83 |
| 30.10.91 | 487 | 10 | 0.71 | 31 | 15 | 33.76 | 408 | 39 | 0.76 |

Tab. 3. Concentrazioni medie (pesate sulla verticale di massima profondità) di azoto inorganico disciolto (DIN) in $\mu\text{g N L}^{-1}$, fosforo totale (TP) in $\mu\text{g P L}^{-1}$ e clorofilla-*a* fitoplanctonica (Ch-a) in $\mu\text{g L}^{-1}$, rilevate nei laghi Abeti, Riondo e Lame su campioni d'acqua raccolti nel 1991 (da Viaroli et al., 2002).

*Mean concentrations (averaged throughout the water column) of dissolved inorganic nitrogen (DIN, in $\mu\text{g N L}^{-1}$), total phosphorus (TP, in $\mu\text{g P L}^{-1}$) and phytoplankton chlorophyll-*a* (Ch-a, in $\mu\text{g L}^{-1}$) measured in water samples collected in 1991 from lakes Abeti, Riondo and Lame (from Viaroli et al., 2002).*

Di notevole interesse appaiono i dati di Tab. 4, ottenuti dall'analisi di campioni prelevati il 3 novembre 1999 (Sandeï, 2000). Sono pienamente confermate le prevalenti caratteristiche chimiche delle acque, evidenziate dalle analisi eseguite nel triennio 1989 - 1991 (Tab. 1): la conducibilità elettrica specifica varia da $36 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ e l'alcalinità totale da 0.19 meq L^{-1} a 0.96 meq L^{-1} , con i minimi nelle Asperelle e i massimi nel Lago delle Lame; i valori più bassi di pH si hanno nelle Asperelle e nel Lagastro; le concentrazioni più alte di silice reattiva disciolta sono state rilevate nel Lago Scuro e nel Lago delle Lame. Anche i dati di concentrazione dei nutrienti sono in linea con quelli riportati in Tab. 1: in particolare, sono confermati gli alti contenuti di azoto inorganico disciolto nel Lago degli Abeti e di fosforo reattivo solubile nel Lago Riondo.

| | Abeti | Riondo | Mezzo | Fondo | AS | CA | LG | Scuro | Lame |
|-------------------------|-------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|------|
| pH | 7.50 | 6.92 | 6.94 | 7.04 | 6.25 | 7.24 | 6.60 | 7.78 | 7.79 |
| CES | 78 | 45 | 61 | 67 | 36 | 79 | 56 | 79 | 100 |
| TA | 0.76 | 0.20 | 0.56 | 0.62 | 0.19 | 0.73 | 0.51 | 0.85 | 0.96 |
| DIN | 306 | 44 | 121 | 197 | 41 | 285 | 339 | 370 | 234 |
| P-PO₄ | 6 | 28 | 6 | 11 | 15 | 8 | 8 | 12 | 11 |
| DRSi | 2.57 | 2.89 | 3.32 | 2.74 | 3.09 | 2.83 | 4.67 | 6.02 | 5.70 |

Tab. 4. Dati relativi a parametri chimici rilevati su campioni d'acqua prelevati il 3 novembre 1999 sui laghi e sulle pozze di Val d'Aveto: L. degli Abeti, L. Riondo, L. Agoraie di Mezzo, L. Agoraie di Fondo, Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro e L. delle Lame. Oltre al pH, sono riportati valori relativi a: conducibilità elettrica specifica (CES) in $\mu\text{S cm}^{-1}$, alcalinità totale (TA) in meq L^{-1} , azoto inorganico disciolto (DIN) in $\mu\text{g N L}^{-1}$, fosforo reattivo solubile (P-PO₄) in $\mu\text{g P L}^{-1}$; silice reattiva disciolta (DRSi) in mg Si L^{-1} (da Sandei, 2002).

Chemical parameters determined in water samples collected on November 3, 1999 at ponds and lakes of the Aveto Valley: L. degli Abeti, L. Riondo, L. Agoraie di Mezzo, L. Agoraie di Fondo, Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro and L. delle Lame. The following variables are reported: pH; specific electrical conductivity (CES, in $\mu\text{S cm}^{-1}$), total alkalinity (TA, in meq L^{-1}), dissolved inorganic nitrogen (DIN, in $\mu\text{g N L}^{-1}$), dissolved reactive phosphorus (P-PO₄, in $\mu\text{g P L}^{-1}$), dissolved reactive silica (DRSi, in mg Si L^{-1}) (from Sandei, 2002).

2. IL FITOPLANCTON

Per la valutazione dello stato trofico dei laghi Abeti, Riondo e Lame sono disponibili anche dati di densità, biovolume e composizione dei popolamenti fitoplanctonici relativi a campioni raccolti in occasione dei quattro sopralluoghi del 1991. Questi dati sono presentati e discussi nell'ambito di uno studio comparato di Paris (1993) sull'ecologia del fitoplancton di nove laghi appenninici d'alta quota: i tre di Val d'Aveto, il L. Santo Parmense e il L. Scuro Parmense (Val Parma), il L. Calamone (Val d'Enza) e i laghi Cerretano, Le Gore e Scuro del Cerreto (Val Secchia). L'analisi è stata condotta su campioni integrati sull'intera

colonna d'acqua di massima profondità (ogni campione integrato era ottenuto mescolando l'acqua di campioni prelevati con bottiglia di Ruttner da diverse quote batimetriche). Come agente fissativo è stata usata una soluzione di Lugol acetico. Per l'identificazione e il conteggio delle cellule algali è stato utilizzato il metodo di Utermöhl al microscopio rovesciato: sono state utilizzate camere di sedimentazione combinate di capacità tra 10 e 50 ml con tempi di sedimentazione di almeno 24 ore. La determinazione del biovolume è stata effettuata assimilando le morfologie delle singole cellule algali a volumi di solidi geometrici in accordo con le indicazioni e le formule riportate da Rott (1981).

Paris (1993) segnala massimi di densità (in 10^6 cellule L^{-1}) di 3.4 (in luglio) nel L. degli Abeti, di 4.7 (in giugno) nel L. Riondo e di 2.5 (in settembre) nel L. delle Lame. Assai più accentuata è la variabilità dei dati di biovolume massimo (in $mm^3 L^{-1}$): 0.91 (in luglio) nel L. degli Abeti, 13.00 (in ottobre) nel L. Riondo e 1.45 (in settembre) nel L. delle Lame. Questi massimi coincidono con quelli registrati nei tre laghi, alle stesse date di campionamento, per il contenuto di clorofilla-*a* sull'intera colonna d'acqua (Tab. 3). Il massimo di biovolume del L. Riondo è il più alto tra quelli osservati sul complesso dei nove laghi appenninici indagati.

Sono state identificate 12 specie algali nel L. degli Abeti, 27 nel L. Riondo e 18 nel L. delle Lame. In tutti e tre i laghi compaiono crisoficee, cloroficee, criptoficee, dinoficee, diatomee e alghe microflagellate; nel Riondo sono presenti anche cianobatteri. Il numero di specie del L. degli Abeti è il più basso tra quelli rilevati sull'insieme dei nove laghi appenninici (il numero più alto, 36, è stato trovato nel L. Santo Parmense). Nel L. degli Abeti *Chlamydomonas* sp. (cloroficee) è la specie che sostiene i picchi di densità e biovolume di luglio; nel Riondo *Dinobryon* sp. e *Uroglena* sp. (crisoficee) sono nettamente dominanti in giugno, mentre al picco di biovolume di ottobre contribuiscono principalmente *Mougeotia* sp. (cloroficee) e tre specie di

diatomee, *Epithemia* sp. *Gomphonema* sp. e *Synedra ulna*; nel L. delle Lame i massimi di densità e biovolume riscontrati in settembre sono dovuti alle rilevanti abbondanze di *Oocystis* sp. e *Monoraphidium* sp. (cloroficee), di *Cryptomonas* sp. (criptoficee) e di *Gymnodinium* sp. (dinoficee).

3. LO ZOOPLANCTON

Campioni di zooplancton sono stati raccolti in occasione di tutti i sopralluoghi dal 1988 al 1993 nel Lago degli Abeti e nei tre biotopi di acque temporanee Lagastro, Asperelle e Code d'Asino. I campionamenti sono stati effettuati per quattro anni (fino al 1991) nei laghi Riondo e Lame e per tre anni (fino al 1990) nei laghi Scuro, Agoraie di Mezzo e Agoraie di Fondo.

Sono stati adottati metodi quantitativi in modo da poter determinare le densità dei diversi taxa identificati in ciascun campione. Sono stati filtrati volumi d'acqua dell'ordine da decine a centinaia di litri, utilizzando in ogni caso reti ad apertura di maglia di 50 μm . Nei laghi Abeti, Riondo e Lame è stata per lo più usata una rete da plancton (con bocca di 27 cm di diametro) calata e recuperata da un canotto lungo la verticale corrispondente alla massima profondità; in alcuni casi si è campionato con una trappola di Patalas da 15 litri per il prelievo di campioni a diverse quote batimetriche. Negli altri biotopi l'acqua era raccolta a più riprese con un secchio, da cui era trasferita, previa filtrazione attraverso rete da plancton, ad un contenitore graduato, fino a raggiungere il volume predefinito di acqua filtrata. Immediatamente dopo il prelievo, i campioni erano fissati con formalina neutralizzata a concentrazione finale del 4%.

Da tutti i nove biotopi oggetto della ricerca campioni qualitativi di zooplancton, filtrati attraverso una rete ad apertura di maglia di 50 μm , sono stati prelevati in data 3 novembre 1999 (Sandei, 2000; Tavernini & Rossetti, 2001).

| | AB | ME | FO | RI | AS | CA | LG | SC | LA |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Brachionus quadridentatus</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Keratella</i> gr. <i>quadrata</i> | | + | + | + | + | + | + | | |
| <i>Keratella cochlearis</i> | + | | | | | | | | |
| <i>Notholca</i> gr. <i>acuminata-labis</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Notholca squamula</i> | + | + | | + | | + | | + | + |
| <i>Euchlanis</i> sp. | + | + | + | + | + | | + | + | + |
| <i>Colurella</i> sp. | | + | + | | | | | | |
| <i>Lepadella</i> sp. | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Squatinella tridentata</i> | | + | | | | | | | |
| <i>Lecane</i> gr. <i>lunaris</i> | + | + | + | + | | | | | + |
| <i>Lecane flexilis</i> | | + | + | + | | | | | + |
| <i>Lecane closteroerca</i> | | + | + | | | | + | | |
| <i>Lecane hamata</i> | | | | | | | + | | |
| <i>Lecane tenuiseta</i> | | | | | | | + | | |
| <i>Lecane</i> spp. | + | + | + | + | | | + | | |
| Notommatidae n.i. | | | | + | | + | + | | + |
| <i>Monommata longiseta</i> | | | | | | | + | | |
| <i>Notommata</i> sp. | | | | | + | | | | |
| <i>Cephalodella</i> sp. | + | + | + | | + | + | + | | |
| <i>Trichocerca longiseta</i> | | + | | + | | | | | + |
| <i>Trichocerca</i> spp. | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Ascomorpha ecaudis</i> | | | | | | | + | | |
| <i>Ascomorpha saltans</i> | | | | + | | | | | |
| <i>Ascomorpha</i> sp. | | | | | + | | + | | |
| <i>Synchaeta</i> spp. | | + | + | + | + | + | + | | + |
| <i>Polyarthra</i> spp. | | | | | | | | | + |
| <i>Asplanchna priodonta</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Enicentrum</i> sp. | | | | | | | + | | |
| <i>Collotheca</i> sp. | | | | | + | | + | | |
| Bdelloidei | + | + | + | + | + | | + | + | |
| Rotiferi n.i. | | + | + | + | + | + | + | + | + |

Tab. 5. Taxa di rotiferi presenti nei campioni di zooplankton raccolti dal 1988 al 1993 nei laghi e nelle pozze di Val d'Aveto: L. degli Abeti (AB), L. Agoraia di Mezzo (ME), L. Agoraia di Fondo (FO), L. Riondo (RI), Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro (SC) e L. delle Lame (LA) (da Manzoni et al., 1992 e Rossi et al., 1994 b).

Rotifer taxa found in zooplankton samples collected from 1988 to 1993 in lakes and ponds of the Aveto Valley: L. degli Abeti (AB), L. Agoraia di Mezzo (ME), L. Agoraia di Fondo (FO), L. Riondo (RI), Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro (SC) and L. delle Lame (LA) (from Manzoni et al., 1992 and Rossi et al., 1994 b).

| | AB | ME | FO | RI | AS | CA | LG | SC | LA |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| CLADOCERI | | | | | | | | | |
| <i>Bosmina longirostris</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Ceriodaphnia reticulata</i> | | + | + | + | | | + | | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> | + | + | | + | | + | + | | + |
| <i>Daphnia obtusa</i> | | | | | + | + | + | | |
| <i>Daphnia longispina</i> | | + | | + | | | + | | + |
| <i>Macrothrix hirsuticornis</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Eurycercus lamellatus</i> | | | | | | | | | + |
| <i>Pleuroxus truncatus</i> | | + | + | + | | | | | |
| <i>Chydorus sphaericus</i> | + | + | | + | + | + | + | + | + |
| <i>Alona quadrangularis</i> | | | | | | | | + | |
| <i>Alona guttata</i> | | | | + | + | | + | | |
| <i>Biapertura affinis</i> | + | + | + | + | | | | | + |
| COPEPODI | | | | | | | | | |
| <i>Eudiaptomus intermedius</i> | | + | | + | + | | | | |
| <i>Mixodiaptomus kupelwieseri</i> | + | + | + | | + | + | + | | |
| <i>Macrocyclus fuscus</i> | | + | | + | | | | | + |
| <i>Eucyclops serrulatus</i> | + | + | | + | | | + | + | + |
| <i>Tropocyclops prasinus</i> | | + | | + | | | | | |
| <i>Paracyclops affinis</i> | | + | | | | | | | |
| <i>Cyclops strenuus</i> | | | | | + | | | | + |
| <i>Acanthocyclops gr.vernalis-robustus</i> | | | | | + | + | + | | |
| <i>Megacyclops viridis</i> | + | + | | + | + | | + | | |
| <i>Canthocamptus staphylinus</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Tab. 6. Specie di cladoceri e copepodi presenti nei campioni di zooplancton raccolti dal 1988 al 1993 nei laghi e nelle pozze di Val d'Aveto: L. degli Abeti (AB), L. Agoraie di Mezzo (ME), L. Agoraie di Fondo (FO), L. Riondo (RI), Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro (SC) e L. delle Lame (LA) (da Manzoni et al., 1992 e Rossi et al., 1994 b).

Cladoceran and copepod taxa found in zooplankton samples collected from 1988 to 1993 in lakes and ponds of the Aveto Valley: L. degli Abeti (AB), L. Agoraie di Mezzo (ME), L. Agoraie di Fondo (FO), L. Riondo (RI), Asperelle (AS), Code d'Asino (CA), Lagastro (LG), L. Scuro (SC) and L. delle Lame (LA) (from Manzoni et al., 1992 and Rossi et al., 1994 b).

In Tab. 5 e Tab. 6 è sintetizzata l'informazione sui taxa di Rotiferi e di Cladoceri e Copepodi individuati per ciascun biotopo nei campioni prelevati dal 1988 al 1993. Risulta confermata ed ampliata la lista di taxa pubblicata da Manzoni et al. (1992) relativamente ai

campioni del biennio 1988-1989. Le due tabelle devono essere integrate con altre specie che Tavernini & Rossetti (2001) hanno rinvenuto nei campioni raccolti nel 1999. Si tratta dei copepodi *Acanthocyclops venustus* (Lago Scuro) e *Cyclops strenuus* (Lagastro) e di 14 entità sistematiche di rotiferi: *Keratella tropica* (Asperelle), *Euchlanis* gr. *dilatata-parva* (Lagastro e Asperelle), *Lepadella patella* (Lagastro, Mezzo e Asperelle), *Proales* sp. (Scuro), *Cephalodella forficula* (Asperelle), *Pleurotrocha petromyzon* (Scuro), *Trichocerca cavia* (Mezzo e Code d'Asino), *Trichocerca tigris* e *Trichocerca elongata* (Asperelle), *Trichocerca porcellus* (Scuro), *Synchaeta* gr. *stylata-pectinata* e *Testudinella incisa* (Lagastro), *Testudinella caeca* (Mezzo), Flosculariidae (Asperelle).

I diversi biotopi si connotano per tratti peculiari di struttura delle comunità che vi sono insediate. Significativo appare il pattern di distribuzione delle specie dominanti di microcrostacei, in particolare i calanoidi *Eudiaptomus intermedius* e *Mixodiaptomus kupelwieseri* e i cladoceri *Daphnia longispina* e *D. obtusa*.

Nel Lago degli Abeti l'unica specie euplanctonica è *M. kupelwieseri*, che compare con una densità massima, calcolata sul totale degli stadi larvali e degli adulti, di 32 ind. L⁻¹ nell'ottobre 1988.

Il Lago Riondo si caratterizza per una più alta diversità di specie euplanctoniche: i calanoidi vi sono rappresentati unicamente da *E. intermedius*, mentre tra i cladoceri spiccano per abbondanza *D. longispina* e *Ceriodaphnia reticulata*; queste tre specie raggiungono i valori più alti di densità, rispettivamente 90, 9 e 38 ind. L⁻¹, nel luglio 1991. Significativa è anche la presenza di *Biapertura affinis*, un cladocero chidoride tipicamente insediato tra la vegetazione sommersa ed emergente particolarmente fitta in questo lago, che compare con un picco di 16 ind. L⁻¹ nell'ottobre 1989. Tra i rotiferi si alternano, come specie dominanti, *Synchaeta* sp. e *Keratella* gr. *quadrata* con massimi dell'ordine di decine di ind. L⁻¹.

Il Lago Agoraie di Mezzo è in connessione idrografica sia con il Lago degli Abeti che con il Riondo. Non sorprende pertanto il ritrovamento delle specie dominanti di entrambi i bacini lacustri tributari: da un lato *M. kupelwieseri*, dall'altro *E. intermedius*, *D. longispina* e *B. affinis*; si segnalano anche densità ragguardevoli (decine di ind. L⁻¹) di alcuni taxa di rotiferi, in particolare *Lepadella* sp., *Synchaeta* sp. e bdelloidei.

Il Lago Agoraie di Fondo, rispetto a quello di Mezzo, mostra un più ridotto numero di specie e densità complessivamente più basse: i calanoidi appaiono stabilmente rappresentati solo da *M. kupelwieseri*; tra i cladoceri spicca il massimo di densità di *B. affinis* (22 ind. L⁻¹) nel luglio 1988.

Delle tre pozze temporanee, Lagastro, Asperelle e Code d'Asino, quest'ultima mostra il più basso livello di ricchezza in specie: *M. kupelwieseri* appare in associazione stabile con *D. obtusa*; le densità massime delle due specie, 86 e 20 ind. L⁻¹, sono state registrate, rispettivamente, nel giugno 1993 e nel luglio 1988. Più complesso è il quadro che emerge dall'analisi delle biocenosi nelle altre due pozze e della loro evoluzione nel corso dell'intero ciclo di campionamenti.

Nelle Asperelle *D. obtusa* mantiene abbondanze ragguardevoli (58 ind. L⁻¹ nel giugno 1989, 33 ind. L⁻¹ nel luglio 1992 e 36 ind. L⁻¹ nel giugno 1993), mentre *M. kupelwieseri*, dopo un picco di 19 ind. L⁻¹ nel giugno 1989, tende a contrarre la sua presenza numerica favorendo l'insediamento di una cospicua popolazione di *E. intermedius* (90 adulti L⁻¹ nel giugno 1993). L'elevato trofismo di questo biotopo è confermato anche dalle altissime densità (centinaia di ind. L⁻¹) raggiunte da naupli e copepoditi di ciclopidi e dai rotiferi *K. gr. quadrata*, *Trichocerca* sp. e *Synchaeta* sp.

Il Lagastro è il corpo di acque temporanee con il più alto numero di specie: i calanoidi vi sono rappresentati unicamente da *M. kupelwieseri*, con punte di densità di 155 ind. L⁻¹ nell'ottobre 1989 e 47 ind. L⁻¹ nel settembre 1993; *D. obtusa* compare sporadicamente con

abbondanze decisamente contenute; assai più rilevante è la presenza di *D. longispina* che tocca un massimo di 160 ind. L⁻¹ nel giugno 1993. Densità massime dell'ordine di centinaia di ind. L⁻¹ sono state osservate anche per naupli e copepoditi di ciclopidi, per i cladoceri *Ceriodaphnia reticulata* e *Alona guttata* e per il rotifero *K. gr. quadrata*.

Nel Lago Scuro delle Agoraie sono state segnalate poche specie, generalmente con modeste abbondanze: la scarsa diversità sembra qui associata alle basse temperature dell'acqua registrate anche in piena estate.

La composizione dello zooplancton del Lago delle Lame si differenzia nettamente da quella di tutti gli altri biotopi: non vi compaiono calanoidi e le forme euplanctoniche sono rappresentate dal copepode *Cyclops strenuus*, dai cladoceri *Bosmina longirostris* e *D. longispina* e dai rotiferi *Synchaeta* sp., *Polyarthra* sp. e *Asplanchna priodonta*. *Daphnia longispina* compare generalmente con abbondanze consistenti (fino a un massimo di 37 ind. L⁻¹ nel settembre 1991). Un ruolo trofico importante è certamente esercitato da *A. priodonta*: questa specie polifaga preda selettivamente rotiferi di più piccola taglia; la sua presenza con alti valori di densità, come nel caso dei 131 ind. L⁻¹ riscontrati nel settembre 1991, coincide con una netta contrazione dell'abbondanza delle altre specie di rotiferi.

L'Analisi delle Componenti Principali eseguita da Manzoni et al. (1992) sui taxa di copepodi e cladoceri nei campioni prelevati da tutti i nove biotopi dell'area di studio nei primi due anni della ricerca, 1988 e 1989, aveva evidenziato un'associazione stretta tra *E. intermedius*, *D. longispina* e *C. reticulata*, alla quale si contrapponevano da un lato *M. kupelwieseri*, dall'altro *D. obtusa*, due specie, queste ultime, che sembravano connotare stabilmente gli ambienti delle pozze temporanee (Fig. 2). Alcuni riscontri forniti dall'esame dei campioni raccolti negli anni successivi, in particolare la comparsa di rilevanti insediamenti di *E. intermedius* nelle Asperelle e di *D. longispina* nel Lagastro, ha portato a modificare in parte quella prima valutazione.

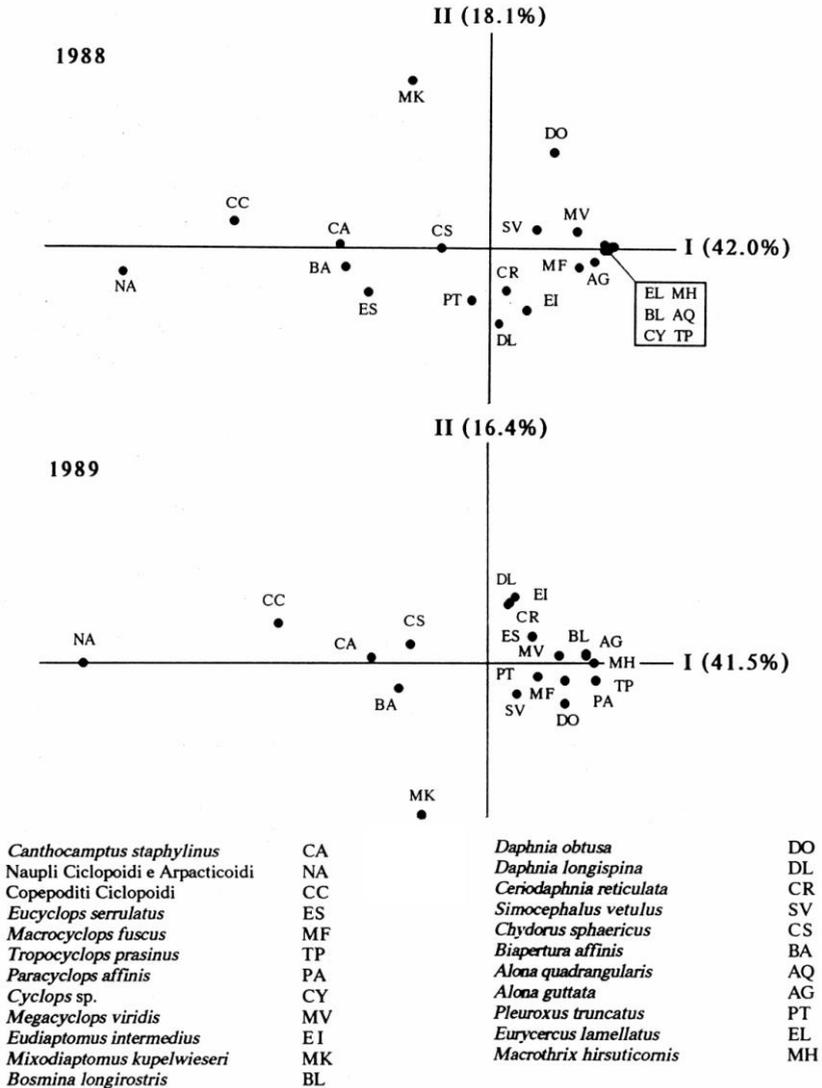


Fig. 2. Analisi delle Componenti Principali sui taxa di copepodi e cladoceri plactonici di laghi e pozze della Val d'Aveto. L'analisi è stata fatta separatamente per i campioni raccolti nel 1988 e nel 1989 (da Manzoni et al., 1992).

Ordination biplots of Principal Component Analysis of copepod and cladoceran taxa found in lakes and ponds of the Aveto Valley. The analysis was performed separately for samples collected in 1988 and 1989 (from Manzoni et al., 1992).

L'analisi dei campioni di zooplancton, soprattutto di quelli raccolti nelle pozze e nei laghi Riondo, Agoraie di Mezzo e Agoraie di Fondo, ha evidenziato la presenza di numerosi taxa comprendenti forme fitofile e bentiche preferenzialmente insediate in acque basse: si citano, in particolare, idroidi, turbellari, gastrotrichi, nematodi, oligocheti, tardigradi, ostracodi, idracarini, larve di chironomidi e ninfe di plecoteri.

4. BIOLOGIA DI POPOLAZIONE DI *MIXODIAPTOMUS KUPELWIESERI*

I risultati dei primi anni di ricerca sui laghi e sulle pozze della Val d'Aveto indussero a considerare il rinvenimento di *Mixodiaptomus kupelwieseri* un dato di eccezionale interesse: questa specie era stata precedentemente segnalata in vari corpi d'acqua del territorio italiano (Ravera, 1951; Gianotti, 1963; Stella, 1984), ma mai in laghi alpini e in laghi d'alta quota dell'Appennino Settentrionale. Secondo Manzoni et al. (1992) e Rossetti et al. (2004), a *M. kupelwieseri* era da attribuire, in particolare, il calanoide ritrovato da Brian (1924, 1925, 1927, 1932) nel Lago "Giasparelle" (verosimilmente coincidente con il toponimo attuale Asperelle) e dallo stesso autore classificato come *Diaptomus apenninicus*. Nella sua revisione sistematica dei calanoidi italiani, Stella (1984) aveva invece assimilato *D. apenninicus* a *Mixodiaptomus taticus*, specie diffusa nei laghi appenninici a quote oltre i 1600 m (Moroni & Bellavere, 2001).

Manzoni et al. (1992) introdussero anche il tema delle differenti strategie riproduttive adottate dalle popolazioni di *M. kupelwieseri* nei diversi corpi d'acqua: nelle popolazioni delle pozze temporanee (Lagastro, Asperelle e Code d'Asino) si ha deposizione di uova durature sia in primavera - estate, alla fine dei periodi di sommersione, che in autunno, mentre nel Lago degli Abeti le uova durature sono presumibilmente deposte solo in autunno.

Da queste sommarie considerazioni ha preso avvio una nuova linea di ricerca focalizzata anzitutto sullo studio della struttura e della

variabilità genetica delle popolazioni di *M. kupelwieseri* delle tre pozze e del Lago degli Abeti (Rossi & Menozzi, 1992; Rossi et al. 1994 a, 1994 b). È stata applicata la tecnica dell'elettroforesi delle proteine enzimatiche su gel d'amido, analizzando complessivamente oltre 400 individui (stadi avanzati di copepodite e adulti). Utilizzando quattro marcatori enzimatici (GPI, ICD1, MPI e PGM), sono state calcolate le frequenze alleliche e si è proceduto quindi alla determinazione del numero medio di alleli per locus, dell'eterozigosi media e dell'indice di similarità genetica di Nei (1987). Le frequenze alleliche osservate sono state poi confrontate con quelle attese all'equilibrio di Hardy - Weinberg. L'indice di similarità genetica di Nei calcolato in funzione delle frequenze alleliche per le quattro popolazioni supera l'88%, un valore che consente di attribuire tutti gli individui analizzati alla stessa specie. D'altra parte, la similarità genetica tra le popolazioni delle pozze temporanee è risultata maggiore (tra il 95% e il 98%) rispetto a quella osservata tra queste e la popolazione del Lago degli Abeti (Fig. 3). Quest'ultima è caratterizzata, in base ai valori del numero medio di alleli per locus e dell'eterozigosi, da una variabilità genetica minore rispetto a quella rilevata nelle popolazioni delle pozze, in accordo con l'idea della relazione stretta che lega l'instabilità e l'eterogeneità ambientale ad un alto livello di polimorfismo genetico (Maynard Smith, 1989).

Lo scostamento significativo dall'equilibrio di Hardy - Weinberg riscontrato per alcuni loci nelle popolazioni di pozza, a fronte dell'equilibrio osservato per tutti i loci analizzati nella popolazione del Lago degli Abeti, è stato infine interpretato come effetto di eventi riproduttivi segregati nello spazio e nel tempo. È stata pertanto ripresa l'ipotesi di Hairston et al. (1990) sull'importanza delle diverse strategie di vita evolute in popolazioni insediate in ambienti a diverso grado di prevedibilità, con particolare riferimento ai meccanismi e ai ritmi di produzione e schiusa delle uova durature (Rossi et al., 1994 a, 1994 b).

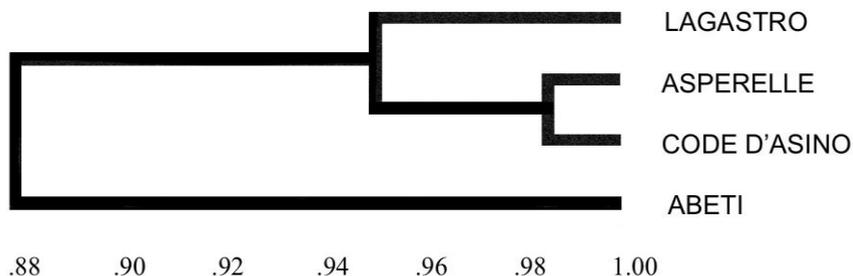


Fig. 3 - Dendrogramma costruito sugli indici di similarità genetica delle quattro popolazioni di *Mixodiaptomus kupelwieseri* nel Lago degli Abeti e nei tre biotopi di acque temporanee (da Rossi et al., 1994 a, 1994 b).

Dendrogram reflecting genetic similarity between populations of Mixodiaptomus kupelwieseri from Lago degli Abeti and three temporary ponds (Lagastro, Asperelle and Code d'Asino) (from Rossi et al., 1994 a, 1994 b).

Una ricerca particolarmente impegnativa, integrata con ulteriori analisi della struttura genetica delle popolazioni di *M. kupelwieseri*, è stata quindi condotta da Rossi et al. (1998) sui pattern di schiusa delle uova durature (diapausanti) in relazione alla stagione della loro deposizione. Esperimenti di incubazione, in condizioni controllate di temperatura e fotoperiodo, sono stati eseguiti su un totale di oltre 4000 uova durature, deposte da femmine campionate nelle tre pozze temporanee (sia in primavera che in autunno) e nel Lago degli Abeti (solo in autunno). I campionamenti nei corpi d'acqua sono stati effettuati nel giugno, nel settembre e nell'ottobre 1993 e nel giugno 1994. La schiusa in laboratorio si è avuta dopo un tempo di diapausa di cinque mesi. Non sono state riscontrate differenze sostanziali tra i pattern di schiusa delle uova autunnali del Lago degli Abeti e delle pozze. Significativa è apparsa invece la differenza osservata tra uova primaverili ed uova autunnali (in particolare della pozza Asperelle): dopo i cinque mesi di diapausa, le uova deposte in autunno schiudevano pressoché simultaneamente nel giro di pochi giorni, mentre per le uova deposte in primavera la schiusa si protraeva per settimane e mesi. I risultati di questi esperimenti hanno consentito a Rossi et al. (1998) di

approfondire l'analisi delle strategie sviluppate dalle popolazioni di acque temporanee per minimizzare il rischio di estinzioni locali.

Le ricerche su *M. kupelwieseri* negli anni successivi sono proseguite anche su un altro fronte, quello di uno studio accurato della sua distribuzione nell'Appennino Settentrionale. Attualmente, grazie alle campagne di campionamenti condotte nel 1998 e nel 1999 da Tireni (1999), Tavernini (2000) e Tavernini & Rossetti (2001), si dispone di informazioni assai più dettagliate sulla presenza di *M. kupelwieseri* in biotopi appenninici (Rossetti et al., 2004); nel corso di quelle campagne, la specie è stata trovata in almeno venti corpi d'acqua (piccoli laghi, stagni e pozze perenni o temporanee) situati, ad altitudini comprese tra 700 e 1700 m, in Val Nure, Val Trebbia, Val Taro e Val d'Enza. Tireni (1999) ha affrontato anche lo studio delle strategie riproduttive e dei meccanismi di dispersione spaziale della specie, analizzando la produzione, la deposizione e le dinamiche di schiusa delle uova durature in differenti popolazioni di pozze di Val Nure e Val Taro.

CONCLUSIONI

Il ciclo decennale di ricerche idrochimiche ed idrobiologiche in Val d'Aveto, nonostante palesi limiti di frammentarietà (sia rispetto alla continuità dello sforzo di campionamento che all'ambizione di coprire tutta la complessa articolazione dei temi affrontati), ha prodotto risultati che ci sembrano non irrilevanti. Ne indichiamo, di seguito, alcuni.

- Il chimismo di base delle acque presenta peculiarità nettissime rispetto alle evidenze fornite da ricerche idrochimiche di scala vasta sui laghi dell'Appennino settentrionale (Viaroli et al., 1992 a, 1992 b, 2002): la forte incidenza del magnesio nello spettro ionico e l'elevato contenuto di silice reattiva disciolta sono indicatori immediatamente correlabili alle specificità geolitologiche (affioramenti di ofioliti e rocce sedimentarie silicatiche) dell'area di studio.

- Lo stato trofico dei corpi d'acqua, valutato sulla base di parametri sia chimici che biologici, mostra un ampio *range* di condizioni, dall'oligotrofia del Lago degli Abeti all'eutrofia del Lago Riondo e delle pozze temporanee, ed è comunque in accordo con i tratti fisiografici ed evolutivi prevalenti dei diversi ambienti limnici: si può pertanto esprimere una valutazione sostanzialmente positiva sui caratteri di naturalità dei biotopi indagati, specialmente di quelli inclusi nella Riserva Orientata. Per il Lago delle Lame sono state invece ripetutamente segnalate situazioni di sofferenza (bassa trasparenza, ipossia estesa a gran parte della colonna d'acqua) riconducibili a un eccesso di pressione antropica.
- Le analisi delle comunità fitoplanctoniche e zooplanctoniche hanno evidenziato livelli sostenuti di biodiversità soprattutto nel Lago Riondo e nel Lagastro. Ma di straordinario interesse è anche il riscontro della bassissima ricchezza in specie dello zooplancton del Lago degli Abeti: vi si trovano poche specie di rotiferi e la componente a microcrostacei è costituita da una sola specie euplanctonica, *Mixodiatomus kupelwieseri*. Ci si chiede se l'unico fattore di limitazione della biodiversità sia rappresentato in questo lago dai valori decisamente bassi delle temperature anche in piena estate.
- Sullo zooplancton dei laghi e delle pozze temporanee sono stati individuati differenti pattern di associazione di specie di copepodi calanoidi (*Eudiaptomus intermedius* e *Mixodiatomus kupelwieseri*) e di cladoceri del genere *Daphnia* (*D. longispina* e *D. obtusa*), per le quali si dispone di un quadro dettagliato di conoscenze sulla loro comparsa in laghi e pozze di altre vallate nord-appenniniche (Tireni, 1999; Fratta, 2000; Moroni & Bellavere 2001; Tavernini & Rossetti, 2001). *Mixodiatomus kupelwieseri* appare in stretta associazione con *D. obtusa* nella pozza Code d'Asino e con *D. longispina* nel Lagastro; nelle

Asperelle è insediata stabilmente *D. obtusa*, ma la presenza di *M. kupelwieseri* si alterna con quella di *E. intermedius*; *E. intermedius* e *D. longispina* caratterizzano con continuità il popolamento del Lago Riondo.

- I primi risultati delle ricerche sullo zooplankton condotte in Val d'Aveto dal 1988 al 1990 (Manzoni et al., 1992) hanno stimolato l'avvio di un robusto filone di indagini di biologia ed ecologia popolazionistica su *Mixodiaptomus kupelwieseri*. Lo studio della variabilità genetica delle popolazioni insediate nel Lago degli Abeti, nel Lagastro e nelle pozze Asperelle e Code d'Asino (Rossi et al., 1994 a, 1994 b, 1998; Tireni, 1999) ha evidenziato anzitutto livelli di polimorfismo significativamente più alti nei tre corpi di acque temporanee caratterizzati da una maggiore instabilità ed eterogeneità ambientale. L'analisi delle strategie riproduttive connesse con le fasi stagionali di deposizione e schiusa delle uova durature ha inoltre fornito utili indicazioni per un ciclo di ricerche sulla distribuzione e sui possibili meccanismi di dispersione ed espansione spaziale di questa specie negli ambienti limnici di altitudine di altre vallate dell'Appennino Settentrionale (Tireni, 1999; Tavernini & Rossetti, 2001; Rossetti et al., 2004).

Le linee di lavoro praticate per un decennio sui corpi d'acqua della Val d'Aveto si sono differenziate e intrecciate, in sostanza, attraverso approcci che rimandano all'evoluzione recente della ricerca in campi decisivi dell'ecologia: dall'analisi ecosistemica degli ambienti acquatici allo studio delle popolazioni e delle comunità biologiche fino all'assunzione del modello di rete ecologica come sistema di interconnessioni tra piccoli biotopi frammentati (Tavernini & Rossetti, 2001). È auspicabile che il quadro di conoscenze tracciato in questo lavoro solleciti l'attivazione di una nuova fase di indagini idrobiologiche ed ecologiche. Ciò potrebbe favorire la costituzione di

un'estesa base di dati che corrisponda ai requisiti necessari per far parte della rete nazionale di ricerche ecologiche di lungo termine (LTER), all'interno della quale è già attivo un sito "Laghi di montagna". Appare in ogni caso essenziale perseguire l'obiettivo di ancorare le scelte gestionali per una conservazione "orientata" della Riserva a fondamenti conoscitivi quanto più scientificamente consistenti (Olivari & Bonani, 1998; Corbetta, 1998).

RINGRAZIAMENTI - Un particolare ringraziamento va al Comando della Stazione Forestale di Santo Stefano d'Aveto per l'autorizzazione all'accesso alla Riserva Naturale Agoraie di Sopra e Moggetto e per l'assistenza continuativa fornita in occasione dei numerosi sopralluoghi ai corpi d'acqua oggetto di questa ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. 1975 - *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 14th edition, A.P.H.A., Washington, 1114 pp.
- Bartolini C., Cortesogno L., Persano C. 1998 - Note geomorfologiche sulla valle dei laghi Agoraie (Appennino Ligure). *Quad. Civ. Staz. Idrobiol.* 23/25: 9-22.
- Brian A. 1924 - La presenza di una fauna pelagica di origine artico-alpina nei laghi dell'Appennino Settentrionale. *Atti IX Congresso Geografico Italiano*: 1-4.
- Brian A. 1925 - Laghi di origine glaciale dell'Appennino Ligure-Emiliano. *Annuario della sezione ligure del C.A.I.*, Genova: 21-25.
- Brian A. 1927 - Copepodi raccolti in alcuni laghi delle Alpi e dell'Appennino e descrizione di nuove forme di *Eudiaptomus*. *Memorie Soc. Entomol. Ital.*, Genova 4: 26-36.
- Brian A. 1932 - Intorno alla distribuzione geografica di alcuni *Diaptomus* (Crosteacei Copepodi) nei laghetti dell'Appennino Settentrionale. *Rivista Geogr. Ital.* 39 (4/5): 121—128.
- Cagnolaro L. 1957 - Una zona dell'Appennino Ligure - Emiliano di grande interesse naturalistico. *Monti e Boschi* 10: 451-460.
- Cagnolaro L. 1971 - I laghetti del Monte Aiona e le Riserve Naturali Integrali Agoraie e Moggetto. *Natura e Montagna* 4: 35-40.
- Casnedi R., Galbiati B., Vernia L., Zanzucchi G. 1993 - Note descrittive della Carta Geologica delle ofioliti del gruppo di M. Penna e M. Aiona (Appennino Ligure-Emiliano). *Atti Tic. Sci. Terra* 36: 231-268.

- Casnedi R., Vernia L., Galbiati B., Zanzucchi G. 1997 - The geological map of the M. Penna - M. Aiona ophiolites. *Ateneo Parmense Acta Naturalia* 33 (3/4): 13-49.
- Corbetta F. 1998 - La Riserva Naturale Agoraie e la Foresta Demaniale delle Lame (1). Prefazione. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol.* 23/25: 7-8.
- Ferrari I., Menozzi P., Moroni A. 1992 - Research on northern Apennine lakes and aquatic systems in the Po Plain, Italy. In: P. Guilizzoni, G. Tartari, G. Giussani (Eds) *Limnology in Italy. Mem. Ist. ital. Idrobiol.* 50: 273-294.
- Ferrari I., Lagalla C., Paris G., Rossetti G., Rossi V., Viaroli P., Moroni A. 1999 - Ricerche idrobiologiche ed ecologiche sui laghi dell'Appennino Settentrionale. *Memorie dell'Accademia Lunigianese di Scienze "G. Capellini"* 67/69: 271-285.
- Florence T. M., Farrar Y. I. 1971 - Spectrophotometric determination of chloride at parts-per-billion level by mercury (II) thiocyanate method. *Anal. Chim. Acta* 54: 245-257.
- Fratta E. 2000 - Biologia ed ecologia di *Eudiaptomus intermedius* (Copepoda, Calanoida) in ambienti limnici dell'Appennino Settentrionale. Tesi di laurea in Scienze Biologiche, Università di Parma.
- Gianotti F. S. 1963 - La distribuzione geografica del *Mixodiaptomus kupelwieseri* Brehm. *Arch. Bot. Biogeogr. Ital.* 39, 4: 78-85.
- Hairston N. G. Jr, Dillon T. A., De Stasio B. T. Jr 1990 - A field test for the cues of diapause in a freshwater copepod. *Ecology* 7: 2218-2223.
- Korolef F. 1970 - Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. Information on techniques and methods for seawater analysis. I.C.E.S. Interlaboratory Rep. No. 3: 19-22.
- Liberti A. 1972 - Solfati In: *Metodi analitici per le acque*. C.N.R. Quaderni IRSA 11.
- Manzoni C., Rossetti G., Viaroli P., Ferrari I., Cagnolaro L. 1992 - Idrochimica e popolamenti zooplanctonici dei laghi e delle pozze del Monte Aiona (Appennino Ligure). *Atti IX Congresso A.I.O.L.*: 119-129.
- Maynard Smith J. 1989 - Evolutionary genetics. Oxford University Press.
- Moroni A., Bellavere C. 2001 - *Laghi e pozze del versante Nord dell'Appennino Settentrionale (Colle di Cadibona - Bocca Serriola)*. CIREA, Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Parma.
- Nei M. 1987 - Molecular evolutionary genetics. Columbia University Press.
- Olivari S., Bonani S. 1998 - La Riserva Naturale Orientata "Agoraie di Sopra e Moggetto": attività ed iniziative di gestione del Corpo Forestale dello Stato. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol.* 23/25: 23-39.
- Paris G. 1993 - Ricerche ecologiche sul fitoplancton in laghi appenninici d'alta quota. Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia. Università di Parma.
- Prete M. R. 1950 - Ricerche su alcuni laghetti dell'Appennino Ligure-Emiliano. *Boll. Soc. Geogr. Ital.* 84: 5-19.

- Ravera O. 1951. - Una nuova forma di *Mixodiaptomus kupelwieseri* Brehm in Italia. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 6: 177-192.
- Rodier J. 1978 - *L'analyse de l'eau*. Dunod, Orléans.
- Rossetti G., Tireni F., Tavernini S. 2004 - Occurrence and ecological characteristics of *Mixodiaptomus kupelwieseri* (Brehm, 1907) (Copepoda, Calanoida) in mountain water bodies of the northern Apennines, Italy. *It. J. Zool.* 71: 123-129.
- Rossi V., Menozzi P. 1992 - Significato ecologico della variabilità genetica in popolazioni zooplanctoniche. *S.It.E. Atti* 15: 313-329.
- Rossi V., Paris G., Menozzi P. - 1994 a. Genetic variability in *Mixodiaptomus kupelwieseri* (Crustacea, Copepoda). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 2436-2438.
- Rossi V., Paris G., Rossetti G., Sei S., Viaroli P. 1994 b. Analisi di popolazione del copepode calanoide *Mixodiaptomus kupelwieseri* in corpi d'acqua dell'Appennino Ligure. *Atti X Congresso A.I.O.L.*: 117-124.
- Rossi V., Montesanto L., Menozzi P. 1998 - Deposition eggs and hatching patterns of resting eggs in *Mixodiaptomus kupelwieseri* (Crustacea: Copepoda). *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 52: 207-218.
- Rott E. 1981 - Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.* 43 (1): 159-170.
- Saccani A. (Ed.) 2002 - *Le ofioliti isole sulla terraferma. Per una rete di aree protette*. Atti convegno nazionale, Fornovo, 22-23 giugno 2001. Regione Emilia-Romagna, Parchi e Riserve Emilia-Romagna, Riserva Naturale Monte Prinzera (Parma).
- Sandei M. 2000 - Problemi di conservazione, gestione e destino d'uso di corpi d'acqua minori dell'Appennino Piacentino. Tesi di Laurea in Scienze Ambientali. Università di Parma.
- Stella E. 1984 - *Copepoda: Calanoida*. Fauna d'Italia. Calderini. Bologna.
- Tavernini S. 2000 - Analisi di comunità zooplanctoniche di corpi d'acqua dell'Appennino Settentrionale. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche. Università di Parma.
- Tavernini S., Rossetti G. 2001 - Lo zooplancton di laghi e pozze dell'Appennino Ligure-Emiliano (Val d'Aveto, Val Trebbia, Val Nure, Val d'Arda e Val Taro). *Studi Trentini di Scienze Naturali - Acta Biologica* 78, 1: 139-148.
- Tireni F. 1999 - Distribuzione e strategie riproduttive di *Mixodiaptomus kupelwieseri* (Copepoda: Calanoida) nell'Appennino settentrionale. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche. Università di Parma.
- Valderrama J. C. 1981 - The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* 10: 109-122.
- Venturelli G. 2002 - Alterazione di rocce ultramafiche e geochimica delle acque. In: A. Saccani (Ed.) *Le ofioliti isole sulla terraferma. Per una*

- rete di aree protette*. Atti Convegno Nazionale, Fornovo, 22-23 giugno 2001. Regione Emilia-Romagna, Parchi e Riserve Emilia-Romagna, Riserva Naturale Monte Prinzerà (Parma): 55-63.
- Vernia L. 2002 - Le rocce ofiolitiche dell'Appennino settentrionale. In: A. Saccani (Ed.) *Le ofioliti isole sulla terraferma. Per una rete di aree protette*. Atti Convegno Nazionale, Fornovo, 22-23 giugno 2001. Regione Emilia-Romagna, Parchi e Riserve Emilia-Romagna, Riserva Naturale Monte Prinzerà (Parma): 29-43.
- Viaroli P., Ferrari I., Mangia A., Rossi V., Menozzi P. 1992 a - Sensitivity to acidification of Northern Apennines lakes (Italy) in relation to watershed characteristics and wet deposition. In: R. Mosello, B.M. Wathne, G. Giussani (Eds) *Limnology on groups of remote lakes: ongoing and planned activities. Documenta Ist. ital. Idrobiol.* 32: 93-105.
- Viaroli P., Rossi V., Clerici A., Menozzi P. 1992 b - Caratteristiche litologiche ed idrochimiche dei principali laghi dell'Appennino Tosco-Emiliano: risultati preliminari (maggio-ottobre 1989). *Atti IX Congresso A.I.O.L.*: 93-104.
- Viaroli P., I. Ferrari, G. Paris, G. Rossetti, P. Menozzi 1994 - Limnological research on Northern Apennine lakes (Italy) in relation to eutrophication and acidification risk. *Hydrobiologia* 274: 155-162.
- Viaroli P., Rossetti G., Bartoli M., Cofone F., Ferrari I. 1997 - Studio comparato dell'idrochimica dei laghi d'alta quota dell'Appennino Settentrionale e dell'Appennino Calabro. In: A. Guerrini (Ed.), Collana del Progetto Strategico "Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno". Consiglio Nazionale delle Ricerche. Atti del 6° Workshop, Taormina, dicembre 1995. I Tomo: 499-509.
- Viaroli P., Rossetti G., Giordani G., Ferrari I. 2002 - Idrochimica e stato trofico dei laghi e di alcune pozze delle valli dei torrenti Aveto e Nure. In: A. Saccani (Ed.) *Le ofioliti isole sulla terraferma. Per una rete di aree protette*. Atti Convegno Nazionale, Fornovo, 22-23 giugno 2001. Regione Emilia-Romagna, Parchi e Riserve Emilia-Romagna, Riserva Naturale Monte Prinzerà (Parma): 65-71.