

3.2. Chimica lacustre

3.2.1. Chimismo di base

Nel corso dell'anno 2006 i campionamenti nella zona di massima profondità del Lago Maggiore (bacino di Ghiffa) sono stati effettuati con cadenza mensile alle seguenti profondità: -5, -10, -20, -30, -50, -100, -150, -200, -250, -300, -360 metri. In aggiunta a questi prelievi, il 14 Marzo e il 27 Settembre è stato eseguito un campionamento (superficie, -5, -10, -20, -30, -50, -100 metri) nella stazione di Lesa, collocata nella parte meridionale del lago, al fine di valutarne le possibili differenze con la zona settentrionale.

Nella tabella 3.2.1 sono riportati i valori di pH, conducibilità ed il bilancio ionico relativi al quinquennio 2002-2006 per la stazione di Ghiffa e agli anni 2003-2006 per quella di Lesa. La figura 3.2.1a mostra invece la ripartizione percentuale dei diversi ioni nel campionamento del Marzo 2006. I dati si riferiscono in entrambi i casi a valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo delle misure effettuate nel mese di Marzo, in corrispondenza della massima estensione verticale del mescolamento tardo invernale.

Tab. 3.2.1. Bilancio ionico (meq l⁻¹), pH e conducibilità a 20 °C (μS cm⁻¹) alla circolazione primaverile delle acque del Lago Maggiore (valori medi ponderati sui volumi) nelle stazioni di Ghiffa e Lesa.

	GHIFFA					LESA			
	18.03.02	17.03.03	15.03.04	14.03.05	13.03.06	18.03.03	16.03.04	15.03.05	14.03.06
HCO ₃ ⁻	0,82	0,80	0,81	0,81	0,82	0,79	0,82	0,81	0,82
SO ₄ ⁻	0,61	0,58	0,60	0,61	0,63	0,55	0,61	0,60	0,63
Cl ⁻	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07
NO ₃ ⁻	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Σ anioni	1,56	1,51	1,54	1,55	1,58	1,46	1,56	1,54	1,58
Ca ⁺⁺	1,10	1,06	1,11	1,13	1,13	1,02	1,12	1,12	1,16
Mg ⁺⁺	0,29	0,29	0,29	0,31	0,31	0,28	0,29	0,30	0,31
Na ⁺	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12
K ⁺	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Σ cationi	1,54	1,50	1,56	1,59	1,60	1,45	1,58	1,58	1,63
Σ ioni	3,10	3,01	3,10	3,14	3,18	2,91	3,14	3,11	3,21
pH	7,34	7,39	7,30	7,38	7,45	7,57	7,49	7,49	7,42
Conducibilità	146	143	147	147	148	142	149	146	150

Il contenuto ionico delle acque è rappresentato in misura preponderante da calcio tra i cationi e bicarbonati tra gli anioni, che insieme costituiscono più del 90% del totale. Le altre specie ioniche contribuiscono in misura compresa tra l'1 ed il 4%. In base ai dati raccolti nella stazione di Ghiffa, la composizione ionica delle acque lacustri è rimasta pressoché invariata nel quinquennio 2002-2006: sia le concentrazioni degli ioni principali che i valori medi di pH e conducibilità mostrano infatti variazioni contenute da un anno all'altro. Il contenuto ionico totale si è mantenuto attorno a 3,10 meq l⁻¹, il pH tra 7,30 e 7,40 e la conducibilità attorno a 145 μS cm⁻¹ a 20°C. L'anno di studio ha presentato un valore di pH (7,45) ed un contenuto ionico totale (3,18 meq l⁻¹) leggermente superiori rispetto agli anni precedenti, ma comunque nei limiti della variabilità interannuale normalmente riscontrata nella chimica delle acque lacustri.

Confrontando la stazione di Ghiffa, a centro lago, con quella di Lesa, non si sono riscontrate differenze significative: le concentrazioni degli ioni principali ed i valori di pH e conducibilità nel 2006 sono risultati pressoché identici nelle due stazioni. Osservando i dati del periodo 2003-2006, si può osservare come a Lesa il contenuto ionico totale delle acque e la conducibilità siano andati leggermente aumentando (da 2,9 a 3,2 meq l⁻¹ e da 142 a 150 μS cm⁻¹ a 20°C, rispettivamente), a fronte di una lieve diminuzione riscontrata invece nei valori di pH (Tab. 3.2.1).

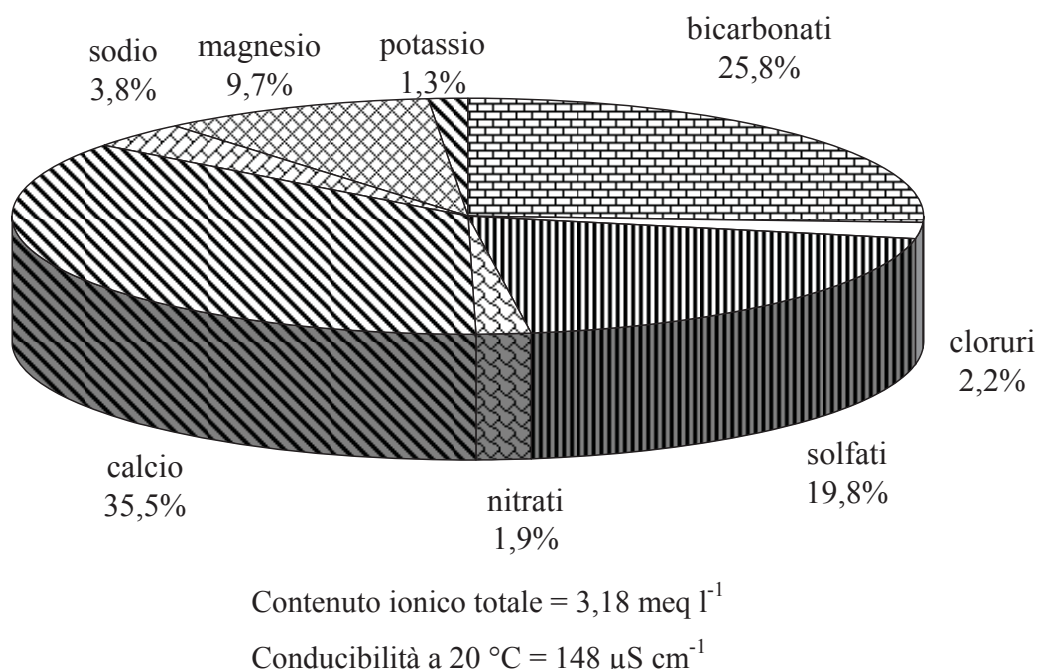


Fig. 3.2.1a. Lago Maggiore: ripartizione percentuale dello spettro ionico e valori medi di pH e conducibilità al 13 Marzo 2006 (valori medi ponderati sui volumi alla circolazione primaverile nella stazione di massima profondità).

La figura 3.2.1b riporta gli andamenti dei valori medi di pH nello strato epilimnico ed ipolimnico e quello dell'ossigeno in epilimnio, espresso come percentuale di saturazione, nel periodo 1997-2006. Le variazioni stagionali di questi due parametri dipendono dai processi fotosintetici che avvengono nelle acque superficiali e dal rimescolamento delle acque. I massimi di pH e di ossigeno vengono rilevati nelle acque superficiali nei mesi estivi, a causa dello sviluppo delle alghe fitoplanctoniche e quindi della produzione di ossigeno da parte dei processi fotosintetici. I massimi estivi di pH sono in genere compresi tra 8,3 e 8,5, mentre i minimi dei mesi invernali sono pari a 7,3-7,4. Solo nel corso dell'inverno 1998-99, in occasione di un evento di circolazione completa delle acque, si è registrato un minimo di 7,1 unità di pH.

L'ossigeno in superficie raggiunge in genere valori di 110-115% come percentuale di saturazione nei mesi di Luglio e Agosto, per poi scendere a 75-80% nel periodo invernale. Anche nel caso di questa variabile, la circolazione dell'inverno 1998-99 ha determinato dei valori minimi invernali inferiori alla norma (65-70%). Un'altra situazione particolare è stata riscontrata nell'estate del 2003, quando le elevate

temperature hanno fatto registrare valori superiori alla media sia di pH (8,5) che di ossigeno (120%).

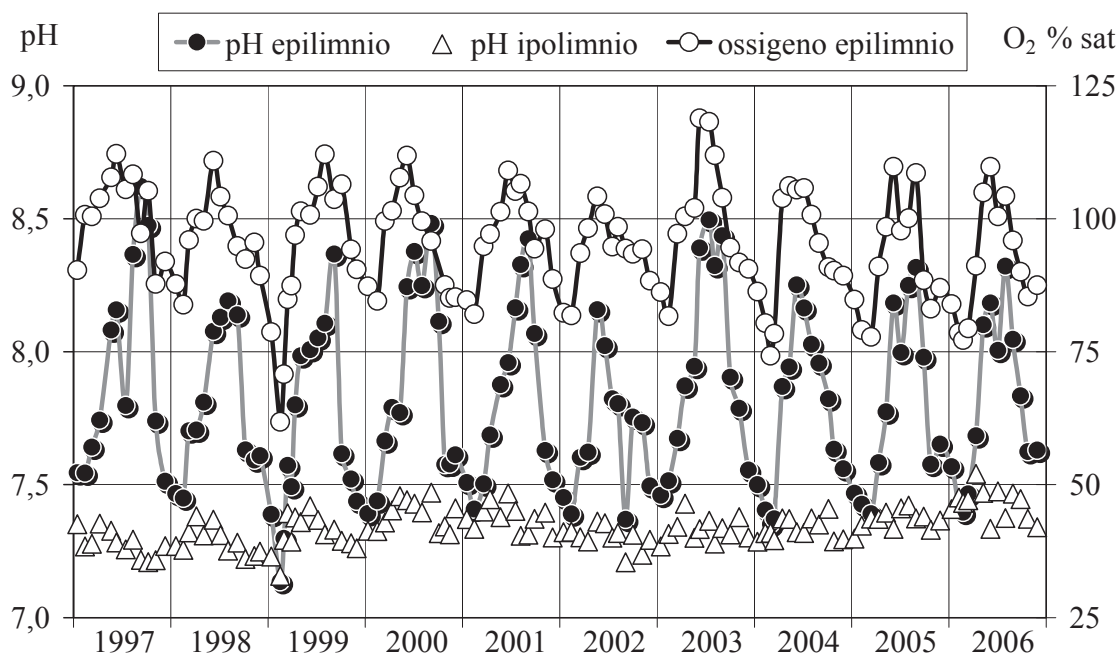


Fig. 3.2.1b. Lago Maggiore nel periodo 1997-2006: pH nello strato epilimnico (0-25 m) ed ipolimnico (25-370 m) e saturazione d'ossigeno nello strato epilimnico (valori medi ponderati sui volumi nella stazione di massima profondità).

Il pH in ipolimnio mostra variazioni molto più contenute rispetto a quelle delle acque superficiali poiché non risente dei processi di produzione e respirazione algale.

Il 2006 non ha presentato situazioni particolari relativamente ai valori di pH ed ossigeno, del tutto simili a quelli dell'anno precedente; solo il pH ipolimnico è risultato leggermente maggiore nel 2006 rispetto al 2005, con un massimo di 7,55 ad Aprile. I valori massimi di pH ed ossigeno epilimnico nel corso del 2006 sono stati rilevati nei mesi di Luglio (8,8) e Giugno (121%), rispettivamente.

Nel corso del decennio 1997-2006, i valori di pH in ipolimnio hanno mostrato una lieve tendenza all'aumento, da 7,2-7,3 negli anni 1997-98 a 7,4-7,5 negli anni più recenti. Dopo l'evento di rimescolamento dell'inverno 1998-99, si riscontra una leggera diminuzione nei minimi invernali dell'ossigeno epilimnico, passati da 85-90% a 75-80% come percentuale di saturazione. I massimi estivi di questa variabile si sono invece mantenuti pressoché invariati (100-110%).

Nel 2006 si è presentata una situazione analoga a quella degli anni 2003 e 2005 per quanto riguarda la stagionalità di alcune variabili chimiche. Il periodico calo dei valori epilimnici di conducibilità e alcalinità, verificatosi con regolarità dal 1997 al 2002 e nel 2004, è stato osservato anche nel 2006 ma in misura sensibilmente ridotta ed interessando gli ultimi mesi dell'anno anziché quelli estivi. I minimi di alcalinità e conducibilità, misurati nel 2006 tra Ottobre e Dicembre (0,77-0,78 meq l⁻¹ e 143-145 μS cm⁻¹ a 20 °C, rispettivamente), non sono infatti confrontabili con quelli del periodo 1997-2002 (0,70-0,72 meq l⁻¹ e 125-130 μS cm⁻¹ a 20 °C, rispettivamente; Fig. 3.2.1c, 3.2.1d).

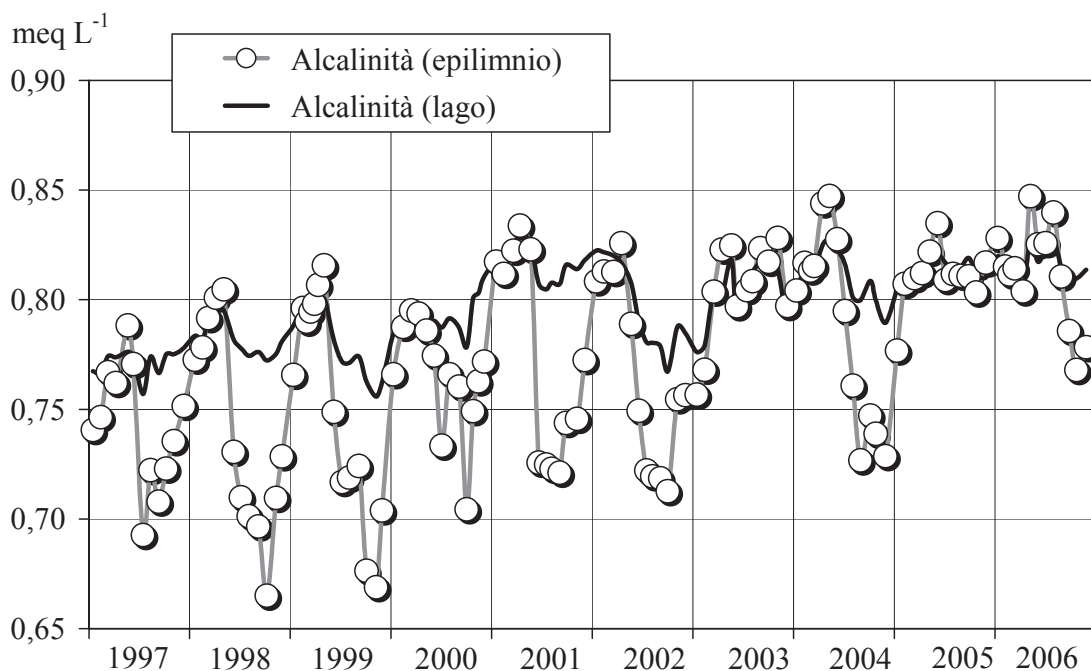


Fig. 3.2.1c. Lago Maggiore (Ghiffa). Andamento nel decennio 1997–2006 dei valori medi ponderati sui volumi d'alcalinità totale nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m).

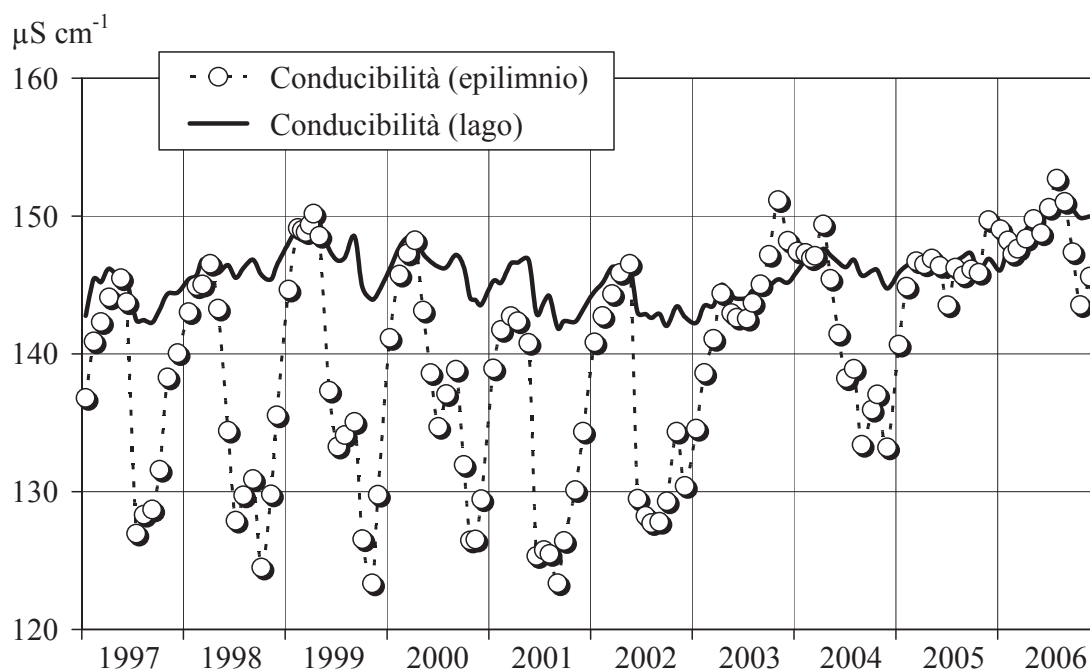


Fig. 3.2.1d. Lago Maggiore (Ghiffa). Andamento nel decennio 1997–2006 dei valori medi ponderati sui volumi di conducibilità a 20°C nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m).

Il fenomeno della precipitazione del carbonato di calcio, che interessa le acque del lago nei mesi estivi e determina la diminuzione dei valori di calcio e alcalinità, non ha

avuto luogo negli anni 2003 e 2005 e si è verificato probabilmente in maniera solo parziale nel 2006. Questa tendenza può essere messa in relazione alla meteorologia, in quanto gli ultimi anni del periodo di studio, con l'eccezione del 2004, sono stati caratterizzati da temperature estive elevate e da precipitazioni estremamente ridotte o addirittura assenti nei mesi invernali e primaverili.

Per quanto riguarda invece la tendenza a lungo termine dei valori medi sulla colonna d'acqua (0-370 m), l'alcalinità ha mostrato un leggero aumento delle concentrazioni nel decennio 1997-2006 (da 0,77-0,78 a 0,81-0,82 meq l⁻¹), mentre la conducibilità è rimasta compresa tra 142 e 148 μS cm⁻¹ a 20 °C, facendo registrare valori leggermente più elevati nel 2006 (150 μS cm⁻¹ a 20 °C).

3.2.2. Composti dell'azoto

La figura 3.2.2a riporta le concentrazioni medie ponderate sui volumi dalla superficie al fondo di azoto nitrico e totale misurate nella stazione di massima profondità dal 1997 al 2006. Le concentrazioni medie di azoto totale nel 2006 sono risultate confrontabili con quelle del periodo 1997-2005, presentando tuttavia una maggior dispersione dei valori (da un minimo di 0,90 mg N l⁻¹ ad un massimo di 1,05 mg N l⁻¹ nel mese di Settembre, che rappresenta inoltre il massimo assoluto del decennio considerato; Fig. 3.2.2a).

I valori di azoto nitrico, che rappresenta poco meno del 90% del contenuto di azoto totale delle acque, sono risultati leggermente più elevati nel 2006 rispetto al 2005, soprattutto nei mesi primaverili ed estivi (0,86-0,87 mg N l⁻¹). Dall'andamento a lungo termine dei valori di nitrati si può osservare una lieve tendenza all'aumento, da 0,81-0,82 mg N l⁻¹ a 0,85-0,86 mg N l⁻¹. Per l'azoto totale è difficile individuare la presenza di un eventuale trend, in quanto i valori presentano una maggior dispersione rispetto ai nitrati.

Le concentrazioni medie di azoto nitrico e totale rilevate nella stazione di Lesa sono apparse simili a quelle della zona di massima profondità sia a Marzo (0,87 e 0,93 mg N l⁻¹) che a Settembre (0,83 e 1,03 mg N l⁻¹, rispettivamente).

L'azoto organico, che rappresenta mediamente il 10-15% del contenuto totale di azoto delle acque, mostra variazioni minime nel corso dell'anno (Fig. 3.2.2b). Nel 2006 i valori in epilimnio sono stati simili a quelli degli anni precedenti, compresi tra 0,08 e 0,18 mg N l⁻¹, facendo però registrare un massimo nel mese di Settembre di 0,29 mg N l⁻¹.

Per quanto riguarda gli altri composti dell'azoto, l'azoto nitroso è risultato praticamente assente nelle acque del lago a Marzo, e presente con una concentrazione di 8 μg N l⁻¹ nelle acque epilimniche in Settembre. Le concentrazioni di ammonio, pur mantenendosi comprese tra 2 e 7 μg N l⁻¹ come valori medi sulla colonna d'acqua, hanno raggiunto massimi di 25-30 μg N l⁻¹ in epilimnio nei mesi di Maggio e Settembre. Anche a Lesa le concentrazioni di azoto ammoniacale a Settembre hanno raggiunto valori di 30-35 μg N l⁻¹ nelle acque superficiali.

Come per l'azoto organico, anche per l'azoto nitrico e totale gli andamenti delle concentrazioni epilimniche nel corso del 2006 non si sono discostati da quelli degli anni precedenti: i valori massimi di azoto nitrico (0,83-0,84 mg N l⁻¹) sono stati rilevati nei mesi invernali ed i minimi (0,60-0,62) tra Luglio e Settembre, quando è massimo il consumo da parte degli organismi fitoplanctonici e minimo l'apporto dai tributari.

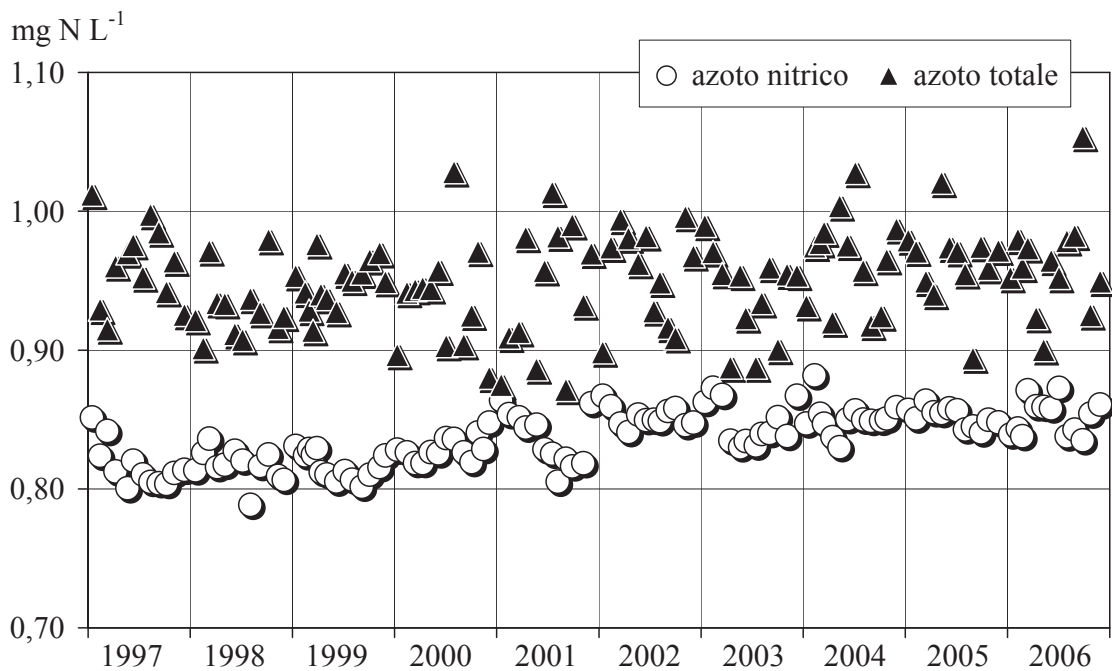


Fig. 3.2.2a. Lago Maggiore: concentrazioni di azoto totale e nitrico nel decennio 1997-2006 (valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo nella stazione di massima profondità).

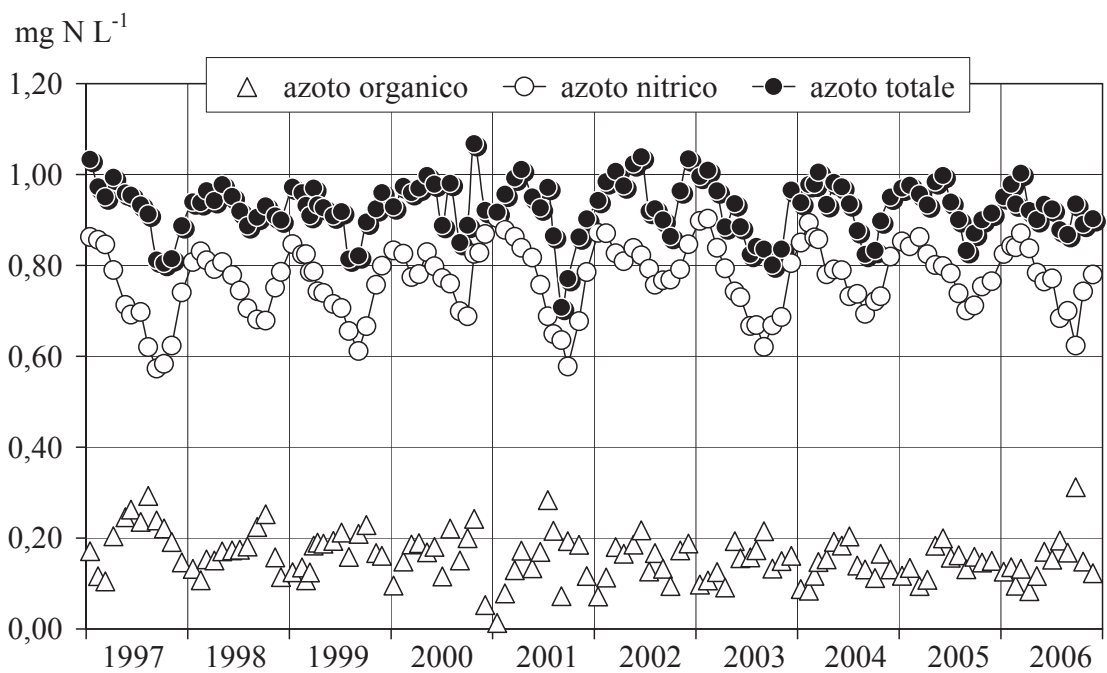


Fig. 3.2.2b. Concentrazioni di azoto nitrico, organico e totale nello strato epilimnico (0-25 m) nel decennio 1997-2006 (valori medi ponderati sui volumi nella stazione di massima profondità).

Questo andamento si è ripetuto in modo abbastanza regolare in tutti gli anni dal 1997 al 2006, interessando anche i valori di azoto totale che oscillano tra minimi estivi di 0,75-0,80 mg N l⁻¹ e massimi di 0,98-1,00 mg N l⁻¹ nei mesi tardi invernali (Fig. 3.2.2b).

3.2.3. Composti del fosforo

Nel 2006, nella stazione di massima profondità, le concentrazioni medie annue di fosforo reattivo e totale sono risultate pari rispettivamente a 3 e 8 µg P l⁻¹ nelle acque epilimniche, 7 e 10 µg P l⁻¹ in ipolimnio e 7 e 10 µg P l⁻¹ sull'intera colonna d'acqua. Questi valori appaiono del tutto confrontabili con quelli rilevati nel decennio 1997-2005; il 2006 si differenzia dagli anni precedenti unicamente per i valori estivi di fosforo totale leggermente inferiori (in ogni caso minori di 11 µg P l⁻¹; Fig. 3.2.3).

I valori medi sulla colonna d'acqua nei diversi mesi dell'anno sono risultati compresi tra 5 e 8 µg P l⁻¹ per il fosforo reattivo e tra 8 e 10 µg P l⁻¹ per il fosforo totale. Una situazione analoga è stata riscontrata a Lesa, dove si sono misurati valori medi sulla colonna pressoché identici a quelli della stazione di massima profondità (7 e 10 µg P l⁻¹ rispettivamente come fosforo reattivo e totale nel campionamento di marzo, e 4 e 7 µg P l⁻¹ a Settembre).

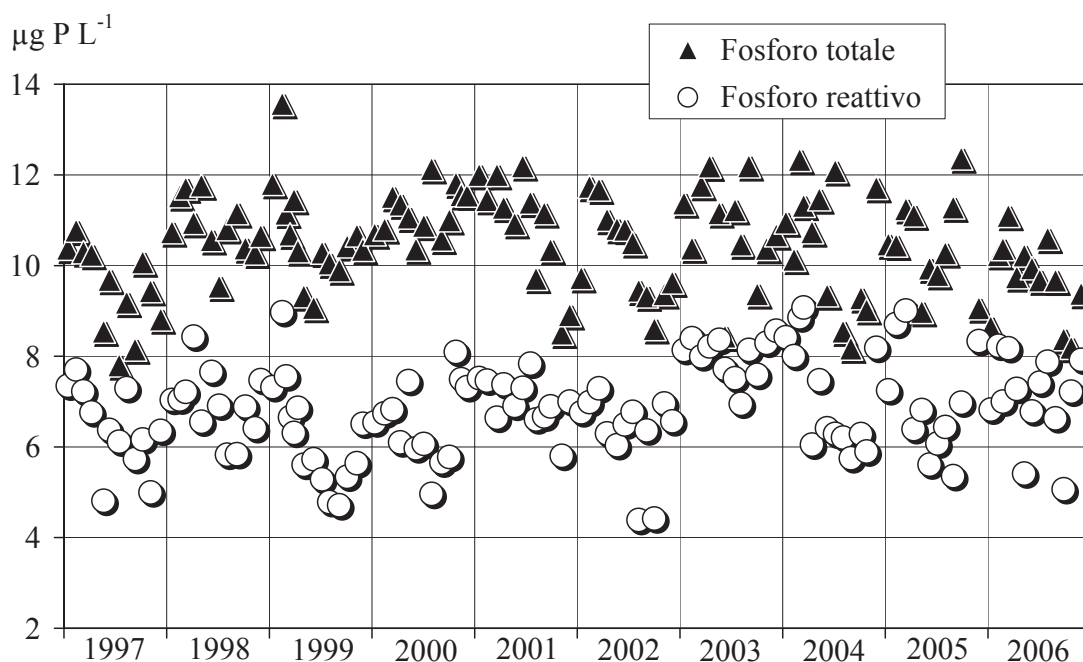


Fig. 3.2.3. Lago Maggiore: andamento delle concentrazioni di fosforo reattivo e totale nel decennio 1997-2006 (valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo nella stazione di massima profondità).

Il contenuto di fosforo totale delle acque non è variato in maniera significativa negli ultimi 10 anni, come si può osservare dalla figura 3.2.3, rimanendo stabilmente compreso tra 8 e 12 µg P l⁻¹. Questi livelli possono essere considerati rappresentativi dell'intera zona pelagica del lago, che può quindi essere definita oligotrofa. Lo stesso giudizio qualitativo non può però essere esteso anche alla zona litorale. Alcune aree rivierasche sono infatti interessate dalla presenza di scarichi o dall'immissione a lago di acque tributarie con un elevato carico di azoto e fosforo, come evidenziato nel paragrafo

sulla chimica dei tributari. In corrispondenza di queste immissioni, le acque sviluppano nel periodo primaverile ed estivo fioriture algali, che determinano colorazioni anomale delle acque e presenza di odori molesti. Le acque di conseguenza perdono valore qualitativo, sia come risorsa turistico-ricreativa, sia per un eventuale utilizzo a scopo di potabilizzazione.

3.2.4. Ossigeno disciolto

Come già evidenziato nel paragrafo 3.2.1, l'andamento del contenuto di ossigeno nelle acque superficiali nel corso del 2006 non si è discostato da quello degli anni precedenti (Fig. 3.2.1b). L'andamento del contenuto medio di ossigeno nelle acque profonde, tra -200 e -370 metri, che rimangono generalmente segregate dalla massa d'acqua sovrastante, mostra invece un progressivo aumento dei valori a partire dal 2002 (Fig. 3.2.4a). Nel 2006 le concentrazioni medie in questo strato sono risultate comprese tra 8,8 mg O₂ l⁻¹ (73% di saturazione) a Gennaio e 9,7 mg O₂ l⁻¹ (81% di saturazione) in Aprile e Settembre, valori superiori anche a quelli registrati nel corso della piena circolazione del Febbraio 1999. A partire dal 1999 infatti, i valori di ossigeno nella zona profonda si siano mantenuti su livelli elevati, comunque superiori a 7,0 mg O₂ l⁻¹ (60% di saturazione), a dimostrazione di una consistente ossigenazione delle acque profonde e del buon livello qualitativo generale delle acque lacustri.

Anche considerando l'intero ipolimnio, cioè lo strato compreso tra -25 e -370 m, si osserva come i valori di concentrazione di ossigeno si siano mantenuti compresi tra 7,9 e 10,0 mg O₂ l⁻¹ (67-83% di saturazione) negli anni tra il 1999 ed il 2006, facendo registrare i valori più elevati proprio in quest'ultimo anno (Fig. 3.2.4b).

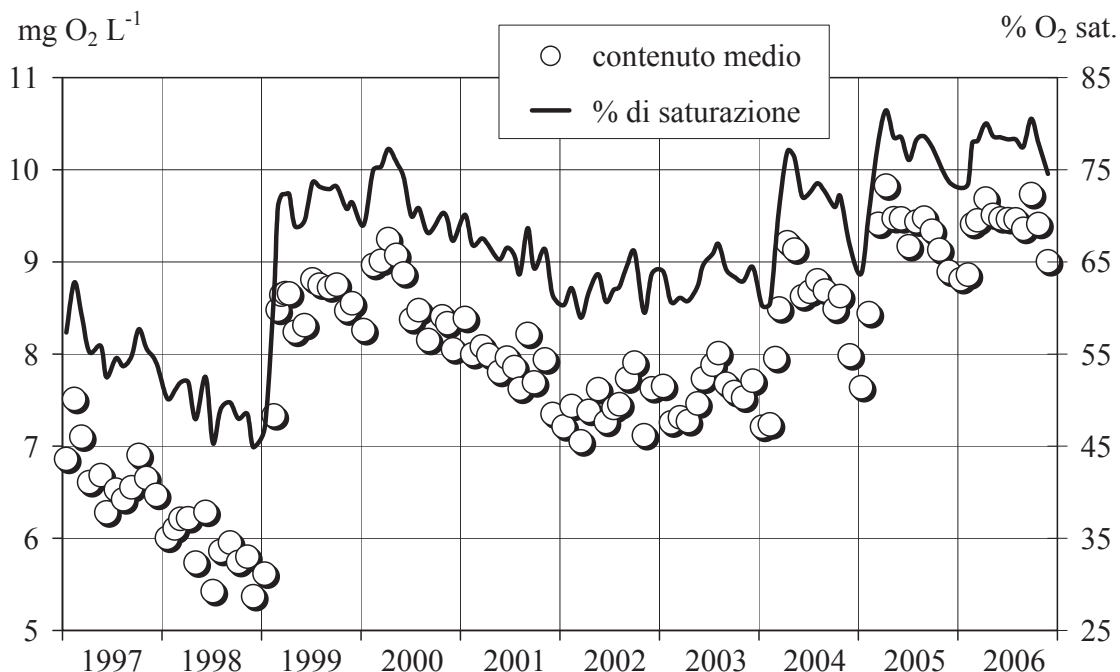


Fig. 3.2.4a. Lago Maggiore, stazione di Ghiffa. Andamento nel decennio 1997-2006 delle concentrazioni medie di ossigeno (valori ponderati sui volumi) e dei corrispondenti tenori di saturazione nello strato 200-370 m.

Infine, i dati relativi al contenuto ipolimnico di ossigeno nelle acque della stazione di Lesa (strato 25-100 m) hanno confermato quanto osservato a Ghiffa (9,9 e 8,5 mg O₂ l⁻¹ rispettivamente a Marzo e Settembre).

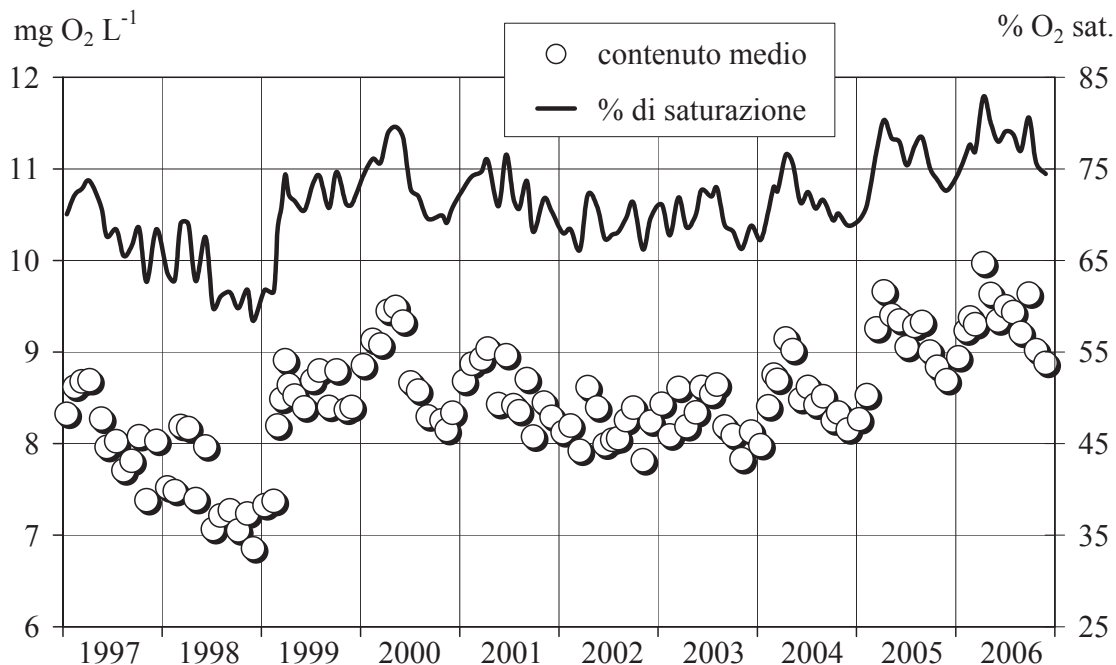


Fig. 3.2.4b. Lago Maggiore, stazione di Ghiffa. Andamento nel decennio 1997-2006 delle concentrazioni medie di ossigeno (valori ponderati sui volumi) e dei corrispondenti tenori di saturazione nello strato 25-370 m.

3.2.5. Silicati reattivi

Le concentrazioni medie annue di silicati reattivi in epilimnio, ipolimnio e sull'intera colonna d'acqua nel corso del 2006 (0,77, 1,67 e 1,59 mg Si l⁻¹, rispettivamente) non si sono discostate da quelle rilevate negli anni precedenti, in particolare nel periodo 2001-2005. I valori in epilimnio e nell'intero lago sono risultati compresi tra 0,10 e 1,68 mg Si l⁻¹ e tra 1,47 e 1,74 mg Si l⁻¹, rispettivamente (Fig. 3.2.5). I valori minimi nelle acque superficiali (0,10-0,20 mg Si l⁻¹), misurati nei mesi estivi in corrispondenza delle fioriture di diatomee, sono stati inferiori a quelli del 2005 e confrontabili con quelli degli anni 2003-2004 (Fig. 3.2.5).

L'andamento delle concentrazioni di silicati reattivi nell'ultimo decennio mostra una tendenza all'aumento dei valori, evidente soprattutto a partire dal 2000. I valori medi sulla colonna d'acqua misurati nel periodo 2001-2006 (1,6 mg Si l⁻¹) sono risultati infatti leggermente più elevati rispetto a quelli degli anni 1997-1999 (1,4 mg Si l⁻¹).

Un aumento della riserva lacustre di materiali silicei a seguito delle piene degli anni 2000 e 2002, nel corso delle quali sono stati veicolati a lago elevati quantitativi di particellato inorganico fine e scarsamente sedimentabile, può contribuire a spiegare questo aumento delle concentrazioni di silicati reattivi.

Nella stazione di Lesa, nella parte meridionale del lago, i due campionamenti eseguiti a Marzo e Settembre 2006 hanno fatto rilevare concentrazioni di silicati reattivi

(rispettivamente 1,67 e 1,31 mg Si l⁻¹ come valori medi sulla colonna) del tutto analoghi a quelli misurati negli stessi mesi nella stazione di massima profondità.

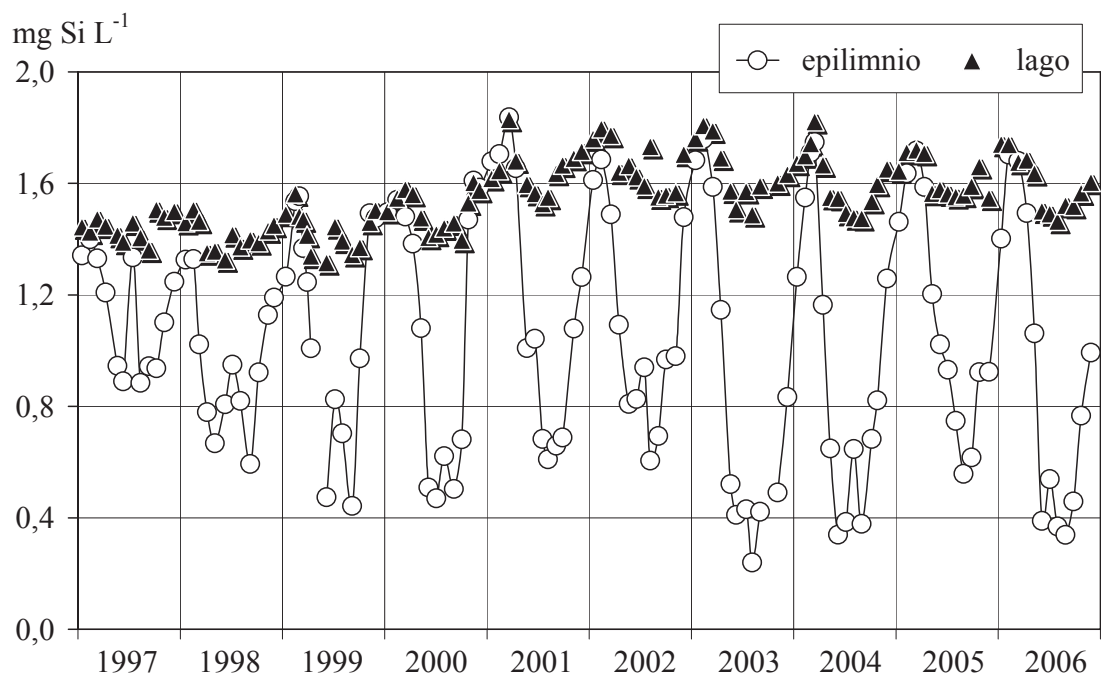


Fig. 3.2.5. Lago Maggiore (Ghiffa). Concentrazioni medie ponderate sui volumi di silicati reattivi nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m) nel decennio 1997-2006.