

## 5. IDROCHIMICA LACUSTRE E DEI TRIBUTARI, BILANCIO DEI NUTRIENTI

### 5.1. Chimica lacustre

#### 5.1.1. Chimismo di base

I prelievi per le analisi chimiche nel 2012 sono stati eseguiti in corrispondenza del punto di massima profondità del Lago Maggiore (bacino di Ghiffa) con cadenza mensile e con le stesse modalità utilizzate negli anni precedenti. Le profondità considerate sono state: 0, -30, -50, -100, -150, -200, -250, -300, -360 metri. Il 13 Marzo e il 25 Settembre sono stati eseguiti dei campionamenti (0, -5, -10, -20, -30, -50, -100 metri) nella stazione di Lesa, collocata nella parte meridionale del lago, allo scopo di evidenziare eventuali differenze rispetto alla stazione di centro lago.

I valori di pH, conducibilità e il bilancio ionico delle due stazioni nel 2012 sono riportati in tabella 5.1.1., dove sono messi a confronto con i dati dell'ultimo quinquennio. Tutti i dati fanno riferimento al campionamento di marzo, in corrispondenza del mescolamento tardo invernale, e si riferiscono a valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo.

Tab. 5.1.1. Bilancio ionico (meq l<sup>-1</sup>), pH e conducibilità a 20 °C (Cond.; μS cm<sup>-1</sup>) alla circolazione primaverile delle acque del Lago Maggiore (valori medi ponderati sui volumi) nelle stazioni di Ghiffa e Lesa negli anni dal 2008 al 2012.

	GHIFFA					LESA				
	10.03.08	16.03.09	16.03.10	14.03.11	12.03.12	11.03.08	17.03.09	15.03.10	14.03.11	13.03.12
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,83	0,82	0,84	0,84	0,85	0,83	0,82	0,83	0,85	0,84
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	0,64	0,61	0,61	0,60	0,62
Cl <sup>-</sup>	0,07	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Σ anioni</b>	<b>1,57</b>	<b>1,57</b>	<b>1,60</b>	<b>1,60</b>	<b>1,61</b>	<b>1,61</b>	<b>1,57</b>	<b>1,58</b>	<b>1,60</b>	<b>1,61</b>
Ca <sup>++</sup>	1,15	1,14	1,12	1,10	1,13	1,15	1,13	1,13	1,09	1,12
Mg <sup>++</sup>	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,31
Na <sup>+</sup>	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
K <sup>+</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Σ cationi</b>	<b>1,63</b>	<b>1,62</b>	<b>1,60</b>	<b>1,57</b>	<b>1,61</b>	<b>1,64</b>	<b>1,61</b>	<b>1,61</b>	<b>1,57</b>	<b>1,60</b>
<b>Σ ioni</b>	<b>3,20</b>	<b>3,19</b>	<b>3,20</b>	<b>3,18</b>	<b>3,22</b>	<b>3,25</b>	<b>3,19</b>	<b>3,19</b>	<b>3,17</b>	<b>3,21</b>
pH	7,38	7,41	7,40	7,41	7,37	7,54	7,56	7,52	7,71	7,55
Cond.	153	152	152	151	153	150	154	151	152	152

La composizione chimica di base delle acque è simile nelle due stazioni ed è pressoché stabile nel tempo, come evidenziato dalla scarsa variabilità interannuale dei dati. Anche il contributo percentuale dei diversi ioni al contenuto ionico totale è costante nel tempo: anche nel 2012 calcio e bicarbonati sono risultati rispettivamente il catione e l'anione prevalente, rappresentando insieme poco più del 60% del totale, seguiti da solfati, magnesio e sodio (rispettivamente 19, 10 e 4%).

Dalla tabella 5.1.1. si può osservare anche come le due stazioni di Ghiffa e Lesa presentino quindi un chimismo molto simile: sia le concentrazioni degli ioni principali che la conducibilità sono infatti sostanzialmente identiche; solo il pH è stato leggermente più elevato nella stazione di Lesa, come già negli anni precedenti, probabilmente a causa di una produzione algale più accentuata nella zona meridionale del lago.

La somiglianza tra le caratteristiche delle acque nelle due stazioni è confermato anche dai del campionamento di settembre, in condizioni di stratificazione (Fig. 5.1.1.). I profili delle variabili chimiche principali nello strato da 0 a 100 m di profondità non evidenziano infatti differenze significative. Solo le concentrazioni di fosforo totale al di sotto dei 40 m si presentano leggermente più elevate nella stazione di Lesa rispetto a quella di centro lago (rispettivamente 5 e 7  $\mu\text{g P l}^{-1}$  a 50 m e 10 e 14  $\mu\text{g P l}^{-1}$  a 100 m). Questa differenza porta quindi ad ipotizzare una trofia leggermente più elevata delle acque nella zona meridionale del lago. Il tema della variabilità spaziale nel chimismo delle acque è trattato più approfonditamente nel paragrafo sulla distribuzione orizzontale (5.1.4.), dove la stazione di centro lago è messa a confronto con più punti di campionamento, sia pelagici che litorali.

La figura 5.1.2. mostra i valori medi di pH e ossigeno misurati nello strato epilimnico (0-25 m) della stazione di Ghiffa nel periodo 2003-2012. Le oscillazioni stagionali di questi due parametri dipendono dai processi biologici che avvengono nelle acque superficiali (fotosintesi e respirazione) ma anche dalle dinamiche di mescolamento delle acque. I massimi sia di pH che di ossigeno vengono rilevati in genere nei mesi estivi, quando predominano i processi di produzione da parte del fitoplancton, mentre i minimi nei mesi invernali.

I dati dell'ultimo periodo evidenziano una lieve tendenza all'aumento dei valori di ossigeno in epilimnio, in particolare per quanto riguarda i minimi invernali, passati da 75-78% come percentuale di saturazione negli inverni 2004-2005 a valori tra 85 e 90% negli ultimi anni. I valori invernali di pH negli strati superficiali sono risultati più elevati negli anni tra il 2007 e il 2009 (7,5-7,7) rispetto al periodo 2003-2006 (7,3-7,4). L'ultimo periodo, dal 2010 in poi, è stato caratterizzato da una notevole variabilità e da un innalzamento dei massimi estivi (8,4-8,5 unità di pH) rispetto ai valori del 2008-2009 (8,1). Si tratta comunque di oscillazioni che rientrano nella normale variabilità interannuale dei parametri chimico-fisici e dipendono in parte anche da fattori meteorologici, che a loro volta governano i processi biologici. Il 2008 e 2009 ad esempio sono stati caratterizzati da basse temperature nel periodo primaverile ed estivo (es. 2008 e 2009), e quindi da un ridotto sviluppo del fitoplancton, con valori inferiori di pH ed ossigeno negli strati superficiali rispetto ad anni con temperature più elevate (es. 2003, 2007, 2011).

La tendenza recente ad un aumento dei valori di pH ed ossigeno nelle acque epilimniche, in particolare dei minimi invernali, potrebbe dipendere dal limitato rimescolamento delle acque, condizione che permane ormai da diversi anni. Questo fattore, e la sua relazione con le dinamiche dell'ossigeno nelle acque profonde, è discusso nel paragrafo 5.1.3. La tendenza osservata potrà comunque essere confermata solo attraverso il regolare aggiornamento delle serie storiche di dati e l'analisi congiunta di altre informazioni, per esempio quelle relative alle dinamiche del fitoplancton.

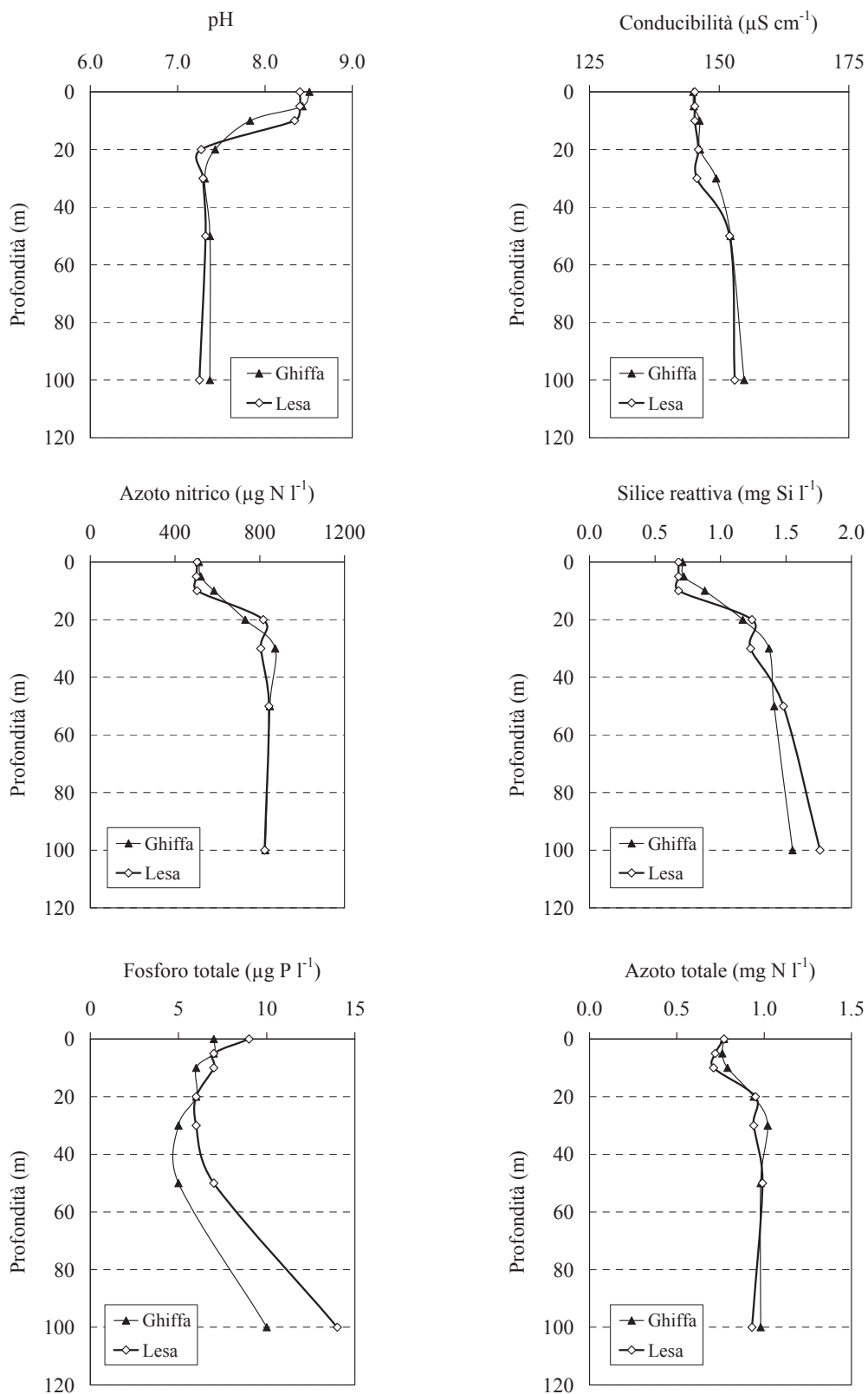


Fig. 5.1.1. Profili di alcune variabili chimiche nello strato da 0 a 100 m nelle stazioni di Ghiffa e Lesa rilevati nei campionamenti del 24 (Ghiffa) e 25 (Lesà) settembre 2012.

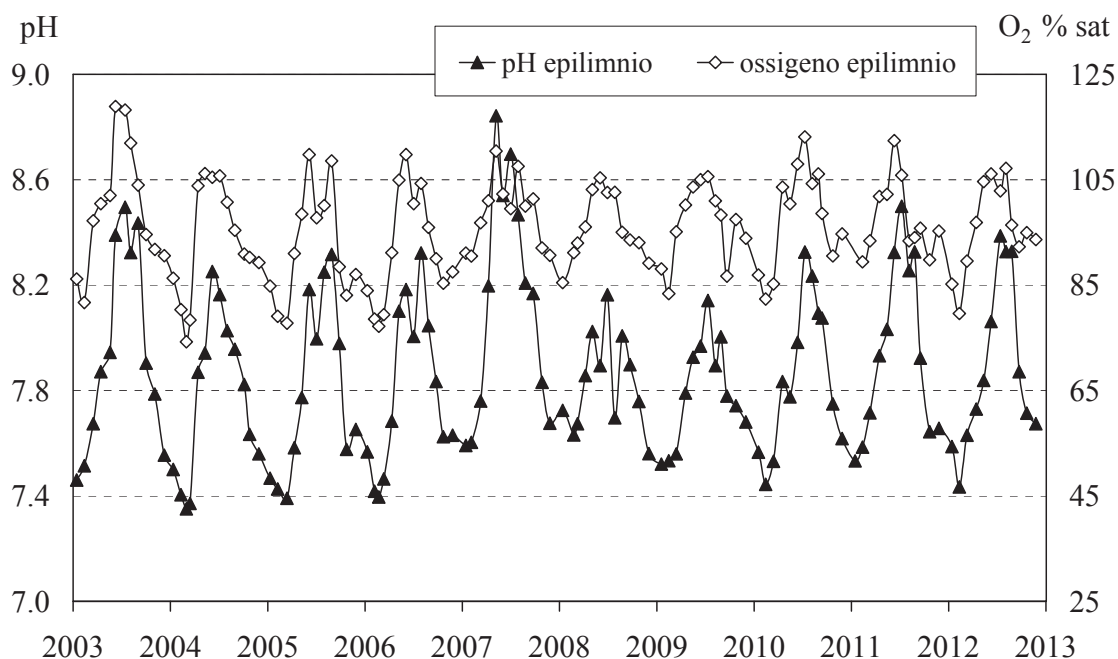


Fig. 5.1.2. Lago Maggiore nel periodo 2003-2012: pH e saturazione d'ossigeno nello strato epilimnico (0-25 m) (valori medi ponderati sui volumi nella stazione di massima profondità).

Nelle figure 5.1.3. e 5.1.4. sono riportati gli andamenti dei valori mensili di alcalinità e conducibilità, nelle acque superficiali (epilimnio) e come media su tutta la colonna d'acqua, nel periodo 2003-2012. I valori di alcalinità presentano dei massimi primaverili seguiti da minimi estivi, andamento che dipende dal fenomeno della precipitazione del carbonato di calcio; poiché gli ioni interessati, ovvero calcio e bicarbonati, sono quelli che maggiormente contribuiscono al contenuto ionico totale, si osserva una diminuzione estiva dei valori di conducibilità (Fig. 5.1.3. e 5.1.4.). Questo andamento si ripete regolarmente, con l'eccezione di alcuni anni (es. 2003 e 2007), probabilmente a causa di condizioni meteo-climatiche particolari, come descritto nei precedenti rapporti.

Nel 2012 i massimi superficiali di alcalinità e conducibilità si sono rilevati tra aprile e maggio ( $0,84 \text{ meq l}^{-1}$  e  $153 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , rispettivamente) e i minimi tra agosto e ottobre. Dopo la diminuzione estiva, in settembre c'è stato un leggero innalzamento, sia di alcalinità che di conducibilità (da  $0,76$  a  $0,78 \text{ meq l}^{-1}$  e da  $140$  a  $146 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), seguito da un nuovo calo in ottobre. Una risospensione del carbonato di calcio, dovuta ad esempio a variazioni di temperatura, può determinare questo tipo di oscillazioni. I valori medi sulla colonna d'acqua sono ovviamente più regolari nel tempo, pur presentando, nel decennio in esame, una tendenza all'aumento, più evidente nel caso della conducibilità, passata da circa  $145 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  nel 2003-2005 a valori stabilmente superiori a  $150 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (Fig. 5.1.4.). Come già ipotizzato nelle relazioni precedenti, questo aumento dipende da una maggior concentrazione di soluti nelle acque, tra cui calcio, bicarbonati, sodio e cloruri, a sua volta dipendente da vari fattori. L'arricchimento in soluti delle acque lacustri osservato è discusso in dettaglio nel capitolo sull'evoluzione del chimismo delle acque lacustri e tributarie.

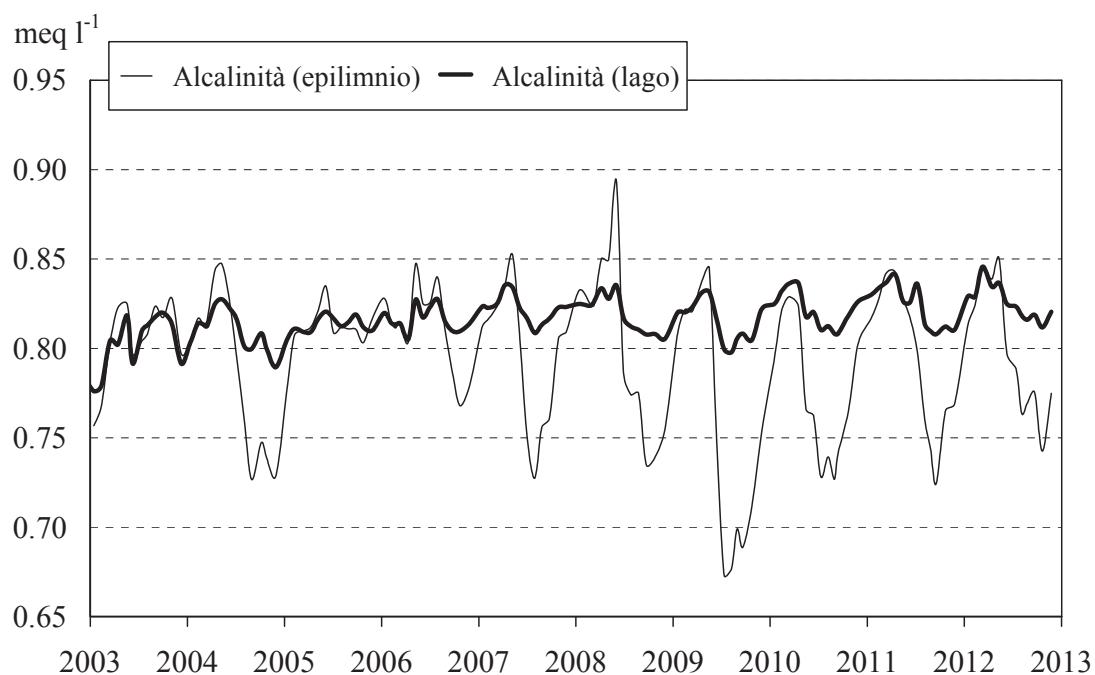


Fig. 5.1.3. Lago Maggiore (Ghiffa). Andamento nel decennio 2003–2012 dei valori medi ponderati sui volumi d'alcalinità totale nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m).

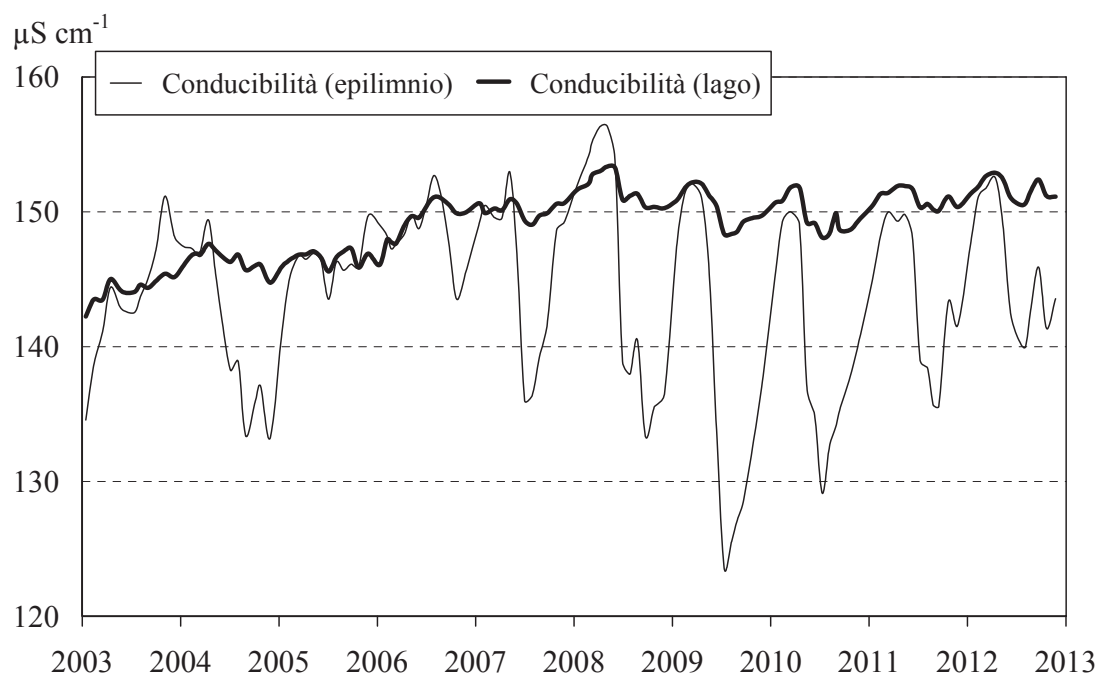


Fig. 5.1.4. Lago Maggiore (Ghiffa). Andamento nel decennio 2003–2012 dei valori medi ponderati sui volumi di conducibilità a 20°C nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m).

### 5.1.2. Composti dell'azoto e del fosforo e silicati

La figura 5.1.5. riporta i valori medi ponderati sulla colonna d'acqua di azoto nitrico e totale nel periodo 2003-2012. Le concentrazioni di azoto organico, nitrico e totale in

epilimnio (0-25 m) sono invece riportate in figura 5.1.6., dalla quale appare evidente una diminuzione dei valori di nitrati nel 2012 rispetto al periodo precedente. Già nel 2011 le concentrazioni erano risultate inferiori alla media del decennio; nel 2012 il calo è stato ancora più evidente, in quanto i nitrati sono sempre stati al di sotto degli  $0,84 \text{ mg N l}^{-1}$  (valore massimo di gennaio), con minimi estivi di  $0,80 \text{ mg N l}^{-1}$ . A questa diminuzione non corrisponde un calo dell'azoto totale, come evidenziato in Fig. 5.1.5., a causa del fatto che la componente organica è risultata leggermente più elevata nel 2012 (tra  $0,08$  e  $0,16 \text{ mg N l}^{-1}$ ) rispetto ai valori medi del decennio (circa  $0,10 \text{ mg N l}^{-1}$ ). Questo trova conferma nei dati rilevati in epilimnio (Fig. 5.1.6.), dove nel 2012 l'azoto organico è stato attorno a  $0,20 \text{ mg N l}^{-1}$  da maggio in poi ( $0,12$ - $0,15$  da gennaio ad aprile), mentre negli anni precedenti i valori invernali e primaverili erano generalmente inferiori a  $0,10 \text{ mg N l}^{-1}$ . Anche la diminuzione di azoto nitrico trova conferma nei dati relativi alle acque superficiali: in particolare le concentrazioni massime, registrate a fine inverno e in primavera, nel 2012 sono state attorno a  $0,80 \text{ mg N l}^{-1}$ , mentre in anni precedenti si raggiungevano valori di  $0,87$ - $0,89 \text{ mg N l}^{-1}$ . I valori minimi estivi ( $0,62 \text{ mg N l}^{-1}$  ad agosto-settembre) sono risultati simili a quelli del 2011, ma inferiori a quelli della maggior parte degli anni precedenti. L'azoto totale in epilimnio nel 2012 è stato invece in linea con i valori degli altri anni, e compreso tra gli  $0,77 \text{ mg N l}^{-1}$  di agosto e gli  $0,96 \text{ mg N l}^{-1}$  di maggio-giugno (Fig. 5.1.6.).

La diminuzione dei valori di nitrati nel periodo estivo in epilimnio, che si ripete regolarmente ogni anno, è da attribuire al consumo da parte delle alghe fitoplanctoniche. Il 2012 è stato caratterizzato da temperature estive piuttosto elevate (ad esempio la temperatura massima rilevata a Pallanza in agosto,  $37,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , è stata la più alta dell'ultimo decennio), e questo potrebbe giustificare un maggior sviluppo algale ed un maggior consumo di azoto nitrico, spiegando così il calo più accentuato del 2012. La tendenza ad una diminuzione dei nitrati iniziata nel 2011, sia nelle acque epilimniche che sull'intera colonna d'acqua, potrebbe però anche evidenziare la risposta delle acque lacustri alla diminuzione complessiva degli apporti di azoto dalle deposizioni atmosferiche (Rogora et al., 2012). Negli ultimi anni infatti, dal 2005 in poi, i dati disponibili per una serie di stazioni di misura nel bacino imbrifero del Lago Maggiore, hanno evidenziato un calo delle deposizioni di azoto, soprattutto nella forma ridotta, attribuibile in parte ai volumi ridotti di precipitazioni di alcuni degli anni più recenti, ma soprattutto ad una riduzione delle concentrazioni di azoto. Alcuni siti, sia laghi alpini che torrenti subalpini, situati nell'areale del Lago maggiore e monitorati dalla fine degli anni '70 hanno mostrato una risposta a tale variazione, sotto forma di una diminuzione delle concentrazioni di nitrati nel periodo più recente. Tra questi siti vi sono il Lago di Mergozzo e numerosi torrenti tributari del Lago Maggiore (Rogora et al., 2012). Per quest'ultimo è stato calcolato che circa il 60-70% degli apporti totali di azoto alle acque provengono dalle deposizioni atmosferiche (Rogora et al., 2006). Di conseguenza, dopo una fase di aumento dei nitrati nelle acque tributarie e in quelle lacustri a causa degli elevati apporti atmosferici di azoto, il lago potrebbe ora andare incontro ad una fase di recupero con una diminuzione graduale della forma prevalente di azoto, ovvero i nitrati.

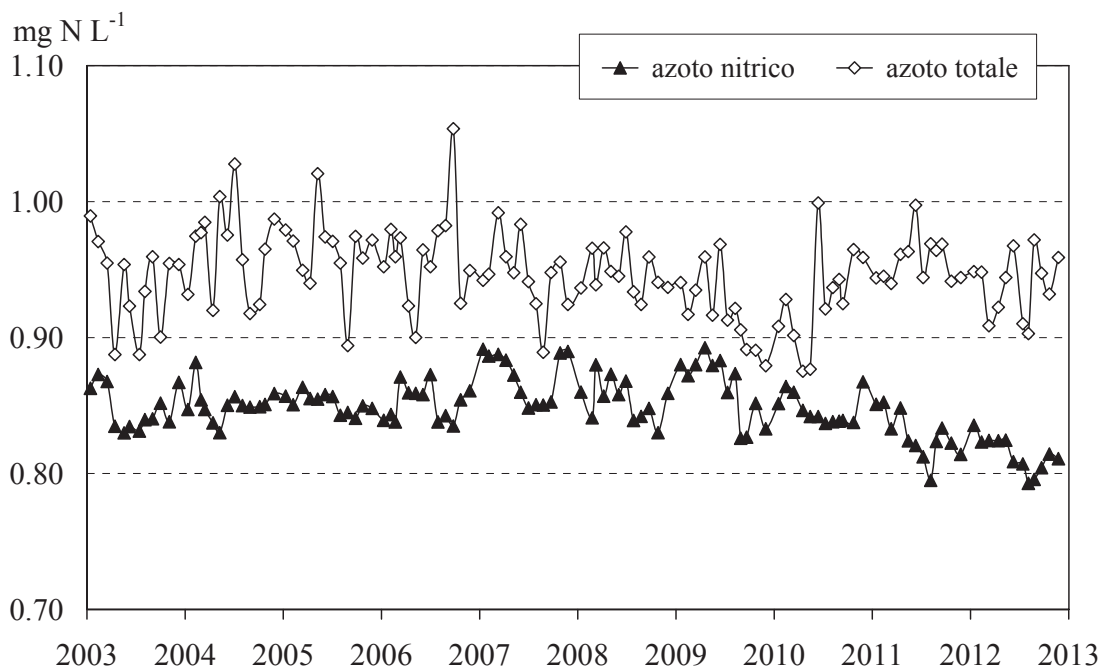


Fig. 5.1.5. Lago Maggiore: concentrazioni di azoto totale e nitrico nel decennio 2003-2012 (valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo nella stazione di massima profondità).

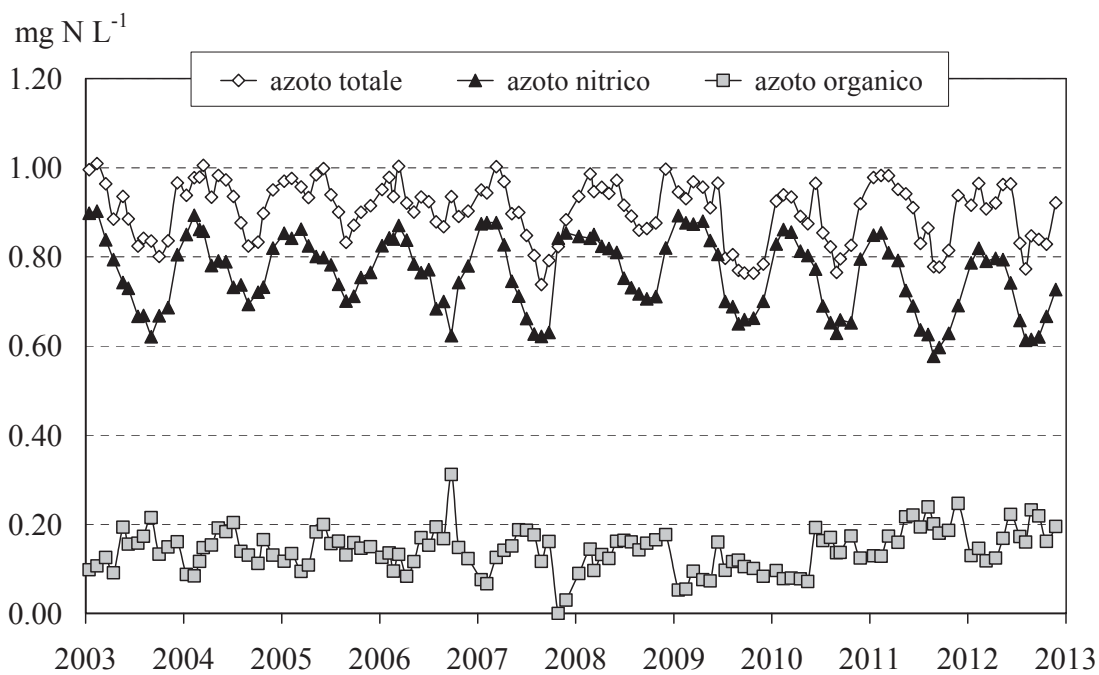


Fig. 5.1.6. Concentrazioni di azoto nitrico, organico e totale nello strato epilimnico (0-25 m) nel decennio 2003-2012.

Le concentrazioni di azoto nitroso nelle acque epilimniche nel 2012 sono state comprese tra  $1 \mu\text{g N l}^{-1}$  a marzo e  $6 \mu\text{g N l}^{-1}$  a ottobre, e pressoché assenti se si considera la media sull'intera colonna d'acqua. Le concentrazioni epilimniche di azoto ammoniacale sono risultate comprese tra  $3$  e  $17 \mu\text{g N l}^{-1}$ , con quest'ultimo valore rilevato a settembre. Considerando l'intera colonna d'acqua, i valori medi sono stati compresi tra  $2$  e  $5 \mu\text{g N l}^{-1}$ . Le concentrazioni di azoto nitroso misurate a Lesa sono state anch'esse molto basse, comprese tra  $0$  e  $6 \mu\text{g N l}^{-1}$  in settembre e tra  $1$  e  $2 \mu\text{g N l}^{-1}$  in marzo. L'azoto ammoniacale ha fatto registrare valori leggermente più elevati a Lesa, tra  $18$  e  $26 \mu\text{g N l}^{-1}$  negli strati superficiali in settembre.

La figura 5.1.7. riporta le concentrazioni medie sulla colonna d'acqua di fosforo reattivo e totale misurate nella stazione di Ghiffa nel decennio 2003-2012. Nel 2012 i valori hanno presentato dei massimi in marzo e giugno, in entrambi i casi pari a  $10 \mu\text{g P l}^{-1}$  per il fosforo reattivo e  $13 \mu\text{g P l}^{-1}$  per il totale. Il valore minimo di quest'ultimo è stato misurato in luglio ( $10 \mu\text{g P l}^{-1}$ ), mentre il fosforo reattivo è sceso a  $8 \mu\text{g P l}^{-1}$  tra luglio e ottobre. Sia i valori massimi che minimi sono risultati, per entrambe le forme di fosforo, leggermente più elevati nel 2012 rispetto al 2011 e agli anni immediatamente precedenti. I massimi primaverili in particolare sono stati i più alti rilevati in tutto il decennio (Fig. 5.1.7.). Si tratta di una variazione molto contenuta, non necessariamente indicativa di un peggioramento della qualità delle acque lacustri. Le concentrazioni medie annue, infatti, che concorrono a definire il livello trofico del lago, anche nel 2012 sono state pari a  $9$  e  $12 \mu\text{g P l}^{-1}$  sull'intera colonna d'acqua,  $3$  e  $7 \mu\text{g P l}^{-1}$  nelle acque epilimniche e  $10$  e  $12 \mu\text{g P l}^{-1}$  in ipolimnio, di poco superiori ( $1-2 \mu\text{g P l}^{-1}$ ) ai valori rilevati negli ultimi anni. Nel complesso comunque i dati evidenziano una lieve tendenza all'aumento dei valori a partire dal 2009, che potrà essere confermata solo attraverso l'aggiornamento delle serie storiche di dati.

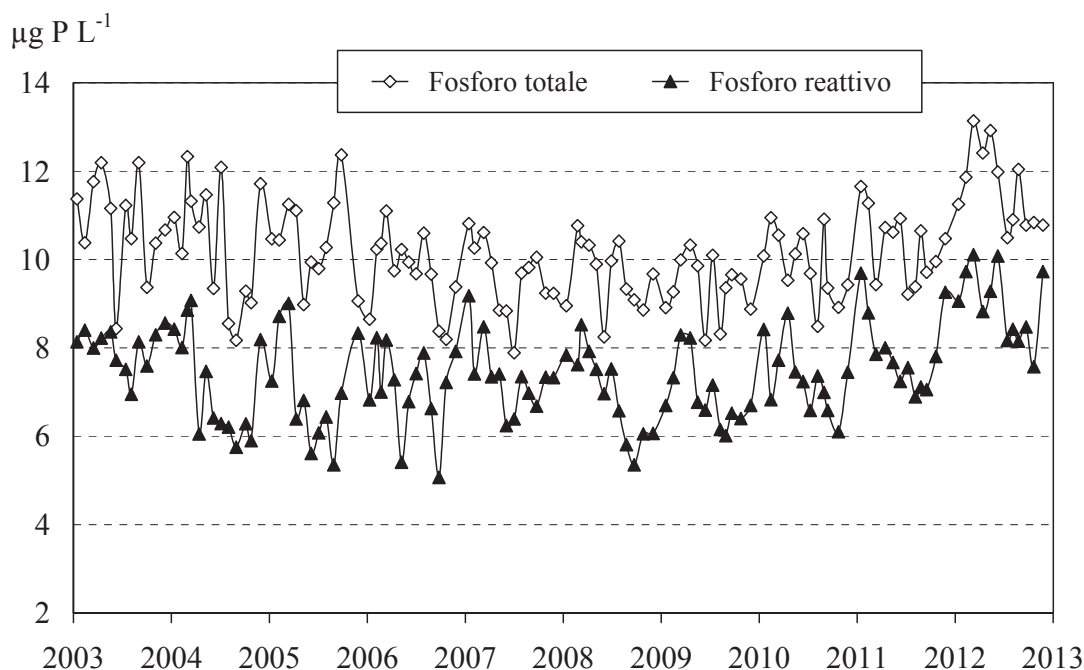


Fig. 5.1.7. Lago Maggiore: andamento delle concentrazioni di fosforo reattivo e totale nel decennio 2003-2012 (valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo nella stazione di massima profondità).



Nella stazione di Lesa i valori medi sulla colonna in marzo sono stati pari a 5 e 8  $\mu\text{g P l}^{-1}$  rispettivamente per il fosforo reattivo e totale; a settembre si sono rilevati valori leggermente più elevati (tra 1 e 11 e tra 6 e 14  $\mu\text{g P l}^{-1}$ ), con il massimo a 100 m di profondità, ad indicare un grado leggermente più elevato di trofia delle acque in questa zona del lago (Fig. 5.1.1.).

La figura 5.1.8. riporta i valori epilimnici (0-25 m) e medi sulla colonna d'acqua dei silicati reattivi nel decennio 2003-2012. Le concentrazioni medie annue di questa variabile in epilimnio, ipolimnio e sull'intera colonna d'acqua nel 2012 sono state pari rispettivamente a 1,02, 1,63 e 1,55  $\text{mg Si l}^{-1}$ , di poco inferiori a quelle del 2011.

I silicati nelle acque superficiali presentano un'evidente stagionalità, con massimi invernali e minimi estivi. Nel 2012 i minimi (0,49  $\text{mg Si l}^{-1}$ ), sono stati molto simili a quelli del 2011, ma hanno caratterizzato i mesi estivi (luglio e agosto) anziché quelli primaverili, a indicare quindi un effetto più tardivo del consumo da parte delle diatomee. I valori sono poi risaliti a circa 1,0  $\text{mg Si l}^{-1}$  in settembre. L'andamento stagionale è stato quindi quello tipico che si osserva per questa variabile, con valori medi sulla colonna d'acqua compresi tra 1,44 e 1,61  $\text{mg Si l}^{-1}$  (Fig. 5.1.8.). Tali valori sono rimasti sostanzialmente stabili nel decennio considerato. Nel valutare la variabilità sia stagionale che interannuale dei silicati si devono ad ogni modo tenere in considerazione le condizioni meteo-climatiche, che a loro volta condizionano lo sviluppo delle alghe fitoplanctoniche.

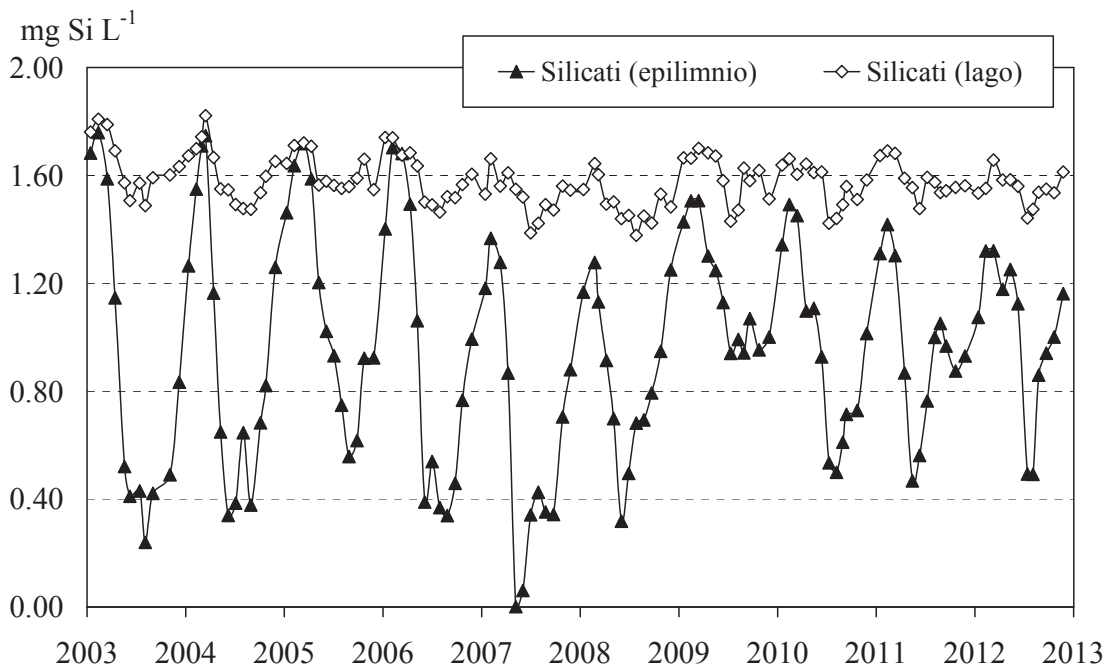


Fig. 5.1.8. Lago Maggiore (Ghiffa). Concentrazioni medie ponderate sui volumi di silicati reattivi nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m) nel decennio 2003-2012.

Nella stazione di Lesa le concentrazioni medie sulla colonna di silicati reattivi nel campionamento di marzo sono state pari a 1,36  $\text{mg Si l}^{-1}$ ; con i valori in epilimnio (1,26  $\text{mg Si l}^{-1}$ ) leggermente inferiori a quelli della stazione di Ghiffa (1,32  $\text{mg Si l}^{-1}$  nello stesso periodo). La stessa differenza si osserva anche nel campionamento di settembre

(0,68 rispetto a 0,88 mg Si l<sup>-1</sup> alla profondità di 10 m) ad indicare un consumo leggermente maggiore di questo elemento nella stazione meridionale. La variabilità spaziale dei silicati viene descritta anche nel successivo paragrafo 5.1.4.

### 5.1.3. Ossigeno disciolto

L'andamento del contenuto medio e della saturazione di ossigeno nel periodo 2003-2012 è riportato nelle Figure 5.1.9. e 5.1.10., che si riferiscono rispettivamente allo strato al di sotto dei 200 m di profondità ed all'intero ipolimnio (25-370 m).

I dati del 2012 sembrano indicare il raggiungimento di una condizione di stabilità, ovvero valori di ossigeno pressoché costanti nelle acque ipolimniche e profonde. Dal 2006 in poi, infatti, i dati raccolti avevano mostrato una progressiva diminuzione del tenore di ossigeno, dopo il temporaneo aumento del periodo 2004-2007. Il contenuto medio nelle acque al di sotto dei 200 m era passato da valori superiori a 9,5 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (oltre 75% come tenore di saturazione) a valori inferiori a 7,0 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (56-59% come percentuale di saturazione) nel 2010-2011 (Fig. 5.1.9.). Nel 2012 i valori non sono ulteriormente diminuiti, risultando sostanzialmente identici a quelli del 2011, ovvero compresi tra 7,5 e 8,4 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (tra 64 e 71% come percentuale di saturazione) in ipolimnio, e tra 6,5 e 7,3 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (55-61%) al di sotto del 200 m.

Nella stazione meridionale di Lesa, nello strato compreso tra 25 e 100 m di profondità, il contenuto di ossigeno è stato compreso tra 8,9 e 10,0 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (74-84% come percentuale di saturazione) e tra 7,0 e 8,2 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (60-70%), rispettivamente a marzo e settembre. Anche nel caso di Lesa i valori misurati nel 2012 sono stati del tutto simili a quelli del 2011.

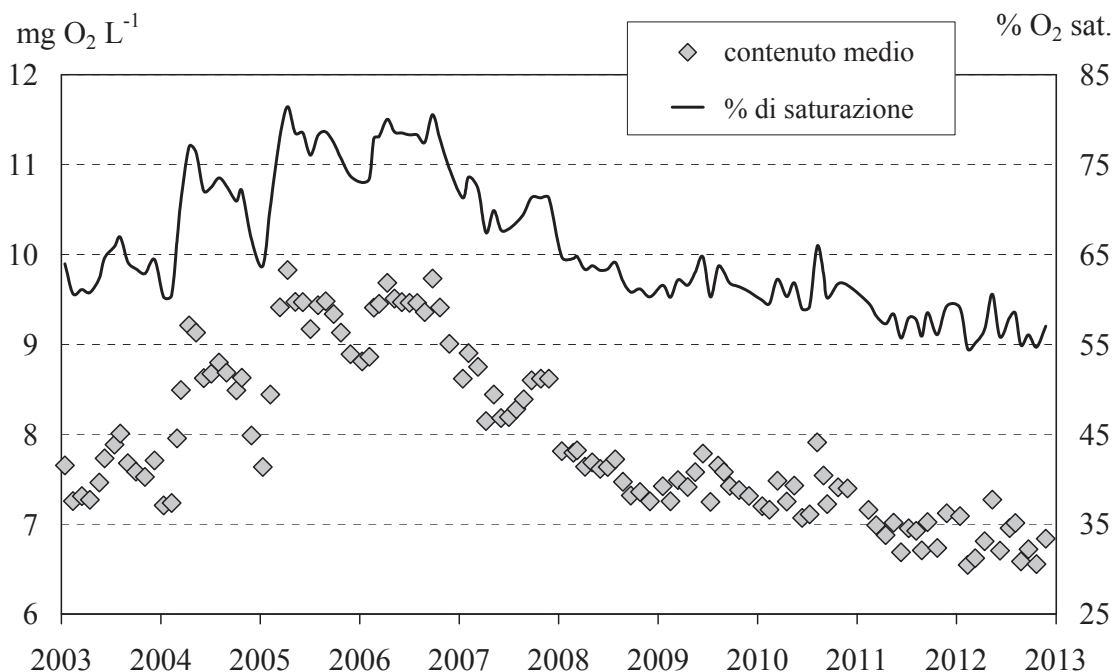


Fig. 5.1.9. Lago Maggiore, stazione di Ghiffa. Andamento nel decennio 2003-2012 delle concentrazioni medie di ossigeno (valori ponderati sui volumi) e dei corrispondenti tenori di saturazione al di sotto dei 200 metri di profondità.

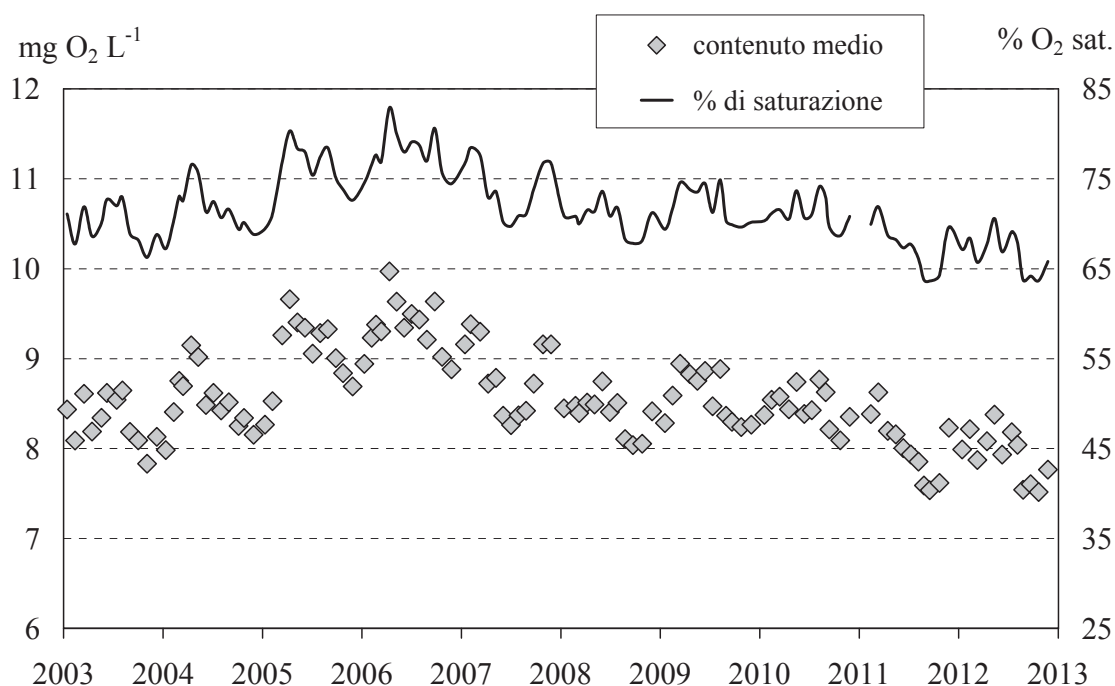


Fig. 5.1.10. Lago Maggiore, stazione di Ghiffa. Andamento nel decennio 2003-2012 delle concentrazioni medie di ossigeno (valori ponderati sui volumi) e dei corrispondenti tenori di saturazione in ipolimnio (25-360 m).

Nel complesso questi valori di ossigeno sono da considerare piuttosto elevati e confermano una condizione di buona ossigenazione delle acque profonde. Nell'ultimo decennio infatti non si sono mai rilevate concentrazioni di ossigeno al di sotto di 6,6 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (55%) nello strato 200-370 m (Fig. 5.1.9.) e di 7,5 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (64% di saturazione) nell'intero ipolimnio (Fig. 5.1.10.). Negli anni '90, per effetto dell'eutrofizzazione e del mancato rimescolamento delle acque, nello strato 200-370 m si erano raggiunti valori minimi di 5,4 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (45% di saturazione).

Ad ostacolare un ritorno dei valori di ossigeno ai livelli del periodo 2004-2007 sono sostanzialmente le condizioni meteo-climatiche: come già descritto nelle precedenti relazioni, il periodo tardo invernale negli ultimi anni è stato spesso caratterizzato da temperature miti e scarsa ventosità, ostacolando il rimescolamento delle acque e quindi la riossigenazione degli strati profondi. Il mescolamento aveva interessato le acque fino a 200-250 m negli anni 2004-2005, mentre dal 2006 ha interessato in genere profondità comprese tra 50 e 100 m.

#### 5.1.4. Distribuzione orizzontale di alcune variabili chimiche

Come negli anni precedenti, anche nel 2012, nei giorni 31 luglio e 1 agosto, sono stati eseguiti dei campionamenti in 27 stazioni, 12 pelagiche e 15 litorali (disposte in corrispondenza dell'isobata dei 25 metri), allo scopo di valutare la variabilità spaziale delle principali variabili chimiche nelle acque lacustri. Le variabili considerate sono state: pH, conducibilità, alcalinità, fosforo reattivo e totale, azoto totale e silicati reattivi, determinate su un campione integrato rappresentativo dello strato 0-20 m. I risultati sono

riportati in figura 5.1.11. Le mappe sono state prodotte mediante il Software Surfer 7.2 (Golden Software) e utilizzando il *kriging* come tecnica di interpolazione dei dati.

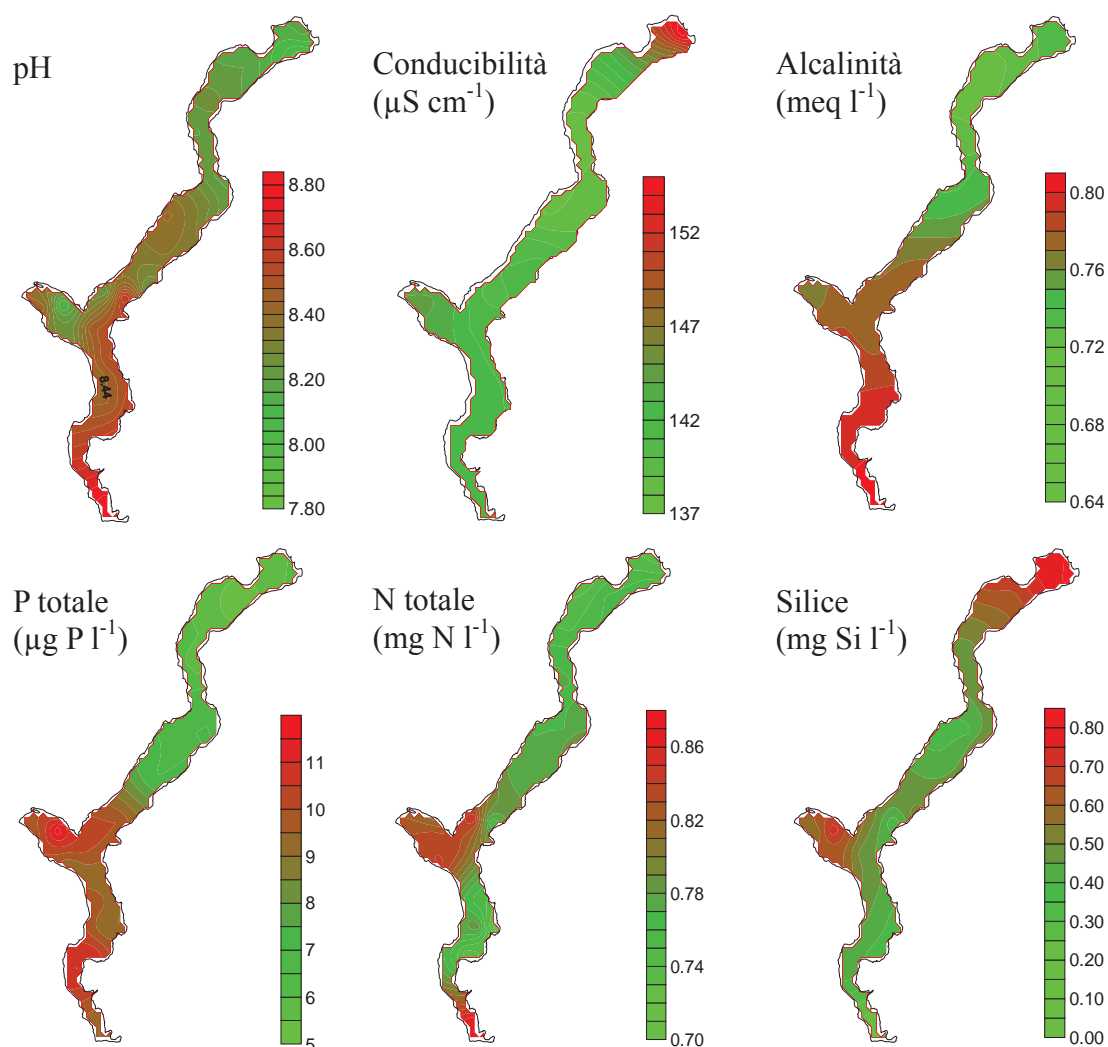


Fig. 5.1.11. Distribuzione orizzontale di alcune variabili chimiche in base ai rilievi eseguiti in 12 stazioni pelagiche e 15 stazioni litorali del Lago maggiore nel 2012.

Le mappe evidenziano una variabilità spaziale del chimismo delle acque abbastanza contenuta. I valori di pH risultano compresi tra 8,0 e 8,8 unità, con un gradiente nord sud che vede i valori più elevati nella parte meridionale del lago (valori di 8,58 e 8,78 rispettivamente ad Angera e Arona). Anche l'alcalinità presenta un gradiente analogo, con i massimi ( $0,80 \text{ meq l}^{-1}$ ) nelle stazioni meridionali ed i minimi ( $0,72 \text{ meq l}^{-1}$ ) a Nord. La conducibilità è compresa tra 137 e  $155 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , con il valore massimo rilevato a Locarno, all'estremità settentrionale del lago. Escludendo questa stazione, i valori risultano piuttosto simili nelle diverse zone del lago (range di variazione di  $9,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) e senza un particolare gradiente.

I valori di pH nel complesso sono stati leggermente inferiori a quelli del 2011 (massimi di 9,0 unità), probabilmente a causa del fatto che la campagna era stata eseguita qualche settimana prima rispetto al 2012, ed i processi di produzione algale erano

probabilmente più accentuati. I valori di alcalinità e conducibilità sono stati nel complesso molto simili a quelli del 2011, così come i range di variazione.

I valori di fosforo reattivo misurati nel 2012 sono molto bassi e uniformi in tutte le stazioni ( $1-2 \mu\text{g P l}^{-1}$ ), ad indicare una condizione di consumo pressoché totale di questa forma disponibile dell'elemento da parte delle alghe fitoplanctoniche. Il fosforo totale presenta una maggior variabilità, con minimi di  $5-6 \mu\text{g P l}^{-1}$  nella porzione settentrionale del lago e massimi di  $11-12 \mu\text{g P l}^{-1}$  nella zona centro-meridionale, in particolare nei bacini di Pallanza e Lesa. Nel complesso i valori sono stati più bassi rispetto al 2011, in cui anche i minimi non erano mai inferiori ai  $10 \mu\text{g P l}^{-1}$  ed i massimi raggiungevano i  $14 \mu\text{g P l}^{-1}$ . Come ipotizzato per il pH, anche in questo caso la causa è da ricercarsi nel periodo del campionamento: nel 2012 probabilmente i processi di produzione algale erano in una fase più avanzata rispetto al 2011, quando i prelievi erano stati eseguiti il 18-19 luglio, determinando così concentrazioni più ridotte di fosforo a lago.

L'azoto totale nel 2012 è risultato invece molto simile al 2011, con valori compresi tra  $0,71$  e  $0,87 \text{ mg N l}^{-1}$ , ed i massimi ad Arona e nel bacino di Pallanza.

Infine la silice, contrariamente agli altri nutrienti, presenta i valori massimi a Nord ( $0,80 \text{ mg Si l}^{-1}$  a Locarno, sia nella stazione pelagica che in quella litorale), oltre che nel bacino di Pallanza. I valori più bassi ( $0,35$  e  $0,38 \text{ mg Si l}^{-1}$ ) caratterizzano invece la zona meridionale, con un minimo di  $0,21 \text{ mg Si l}^{-1}$  ad Arona (Fig. 5.1.11.). Come già discusso negli anni precedenti, l'accumulo di silice nella parte settentrionale del lago deriva verosimilmente dagli apporti di materiali silicei da tributari come Ticino Immissario e Maggia.

Nel complesso i dati evidenziano una variabilità spaziale abbastanza limitata, per lo più sotto forma di una distinzione tra stazioni della zona settentrionale (bacino di Locarno) e stazioni rappresentative del bacino di Pallanza e della porzione meridionale del lago. Le variazioni sono da attribuire a differenze nei processi di produzione algale (eventuali fioriture localizzate) e dall'ingresso a lago dei tributari.

## 5.2 Apporti chimici dai tributari

### 5.2.1 Caratteristiche chimiche e chimico-fisiche

Le indagini sulle caratteristiche chimiche dei 14 principali tributari del Lago Maggiore e del Ticino emissario sono state svolte nel 2012 con frequenza mensile e con le stesse modalità utilizzate negli anni precedenti. I valori medi annui delle variabili considerate sono riportati in Tabella 5.2.1.

Tab. 5.2.1. Valori medi annuali delle principali variabili chimiche e chimico-fisiche sui tributari e sull'emissario del Lago Maggiore campionati nel 2012.

	sigla	pH	T.A. meq l <sup>-1</sup>	Cond. μS cm <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> mg N l <sup>-1</sup>	N-NO <sub>3</sub> mg N l <sup>-1</sup>	N <sub>org</sub> mg N l <sup>-1</sup>	TN mg N l <sup>-1</sup>	TP μg P l <sup>-1</sup>	RSi mg Si l <sup>-1</sup>
<b>Tributari lombardi</b>										
Boesio	(BOE)	8,14	4,76	585	0,47	3,18	0,29	3,93	276	2,6
Bardello	(BAR)	8,12	3,01	376	0,44	1,80	0,55	2,78	226	2,0
Tresa (a)	(TRE)	8,23	1,84	215	0,12	1,11	0,06	1,29	30	0,8
Giona	(GIO)	7,53	0,37	82	0,01	1,14	0,04	1,20	38	4,0
<b>Tributari piemontesi</b>										
Vevera	(VEV)	7,88	1,64	237	0,18	2,47	0,25	2,90	79	4,9
Strona	(STR)	7,74	0,46	103	0,07	1,29	0,04	1,41	34	3,1
Toce Ossola	(TOC)	7,53	0,82	179	0,07	0,58	0,02	0,67	25	2,5
San Giovanni	(SGI)	7,48	0,27	64	0,03	1,19	0,05	1,26	21	4,4
Erno	(ERN)	7,44	0,35	137	0,03	1,56	0,06	1,65	33	4,1
San Bernardino	(SBE)	7,66	0,31	59	0,01	0,98	0,03	1,02	6	3,2
Cannobino	(CAN)	7,44	0,22	44	0,01	0,64	0,05	0,70	6	3,4
<b>Tributari svizzeri</b>										
Maggia	(MAG)	7,72	0,43	63	0,01	0,73	0,04	0,79	5	3,0
Ticino immissario	(TIM)	7,93	0,99	236	0,05	0,75	0,03	0,82	10	2,3
Verzasca	(VER)	7,00	0,27	47	0,01	0,73	0,03	0,77	5	2,6
<b>Emissario</b>										
Ticino emissario	(TEM)	8,11	0,82	146	0,02	0,67	0,07	0,76	10	0,8

(a) - Comprensivo delle acque emissarie del Lago di Lugano e del T. Margorabbia

Sulla base dei valori delle variabili chimiche che dipendono principalmente dalla composizione litologica dei bacini (pH, conducibilità, alcalinità, silicati), è possibile suddividere i corsi d'acqua in due grandi gruppi: (1) Cannobino, Verzasca, Maggia, S. Giovanni, S. Bernardino, Strona, Erno e Giona, impostati in bacini prevalentemente a base di rocce ignee poco solubili, e (2) Vevera e Tresa, i cui bacini si caratterizzano per la presenza di rocce sedimentarie più solubili. I corsi d'acqua del primo gruppo presentano valori inferiori di pH, alcalinità e conducibilità (valori medi pari rispettivamente tra 7,5 unità di pH, 0,33 meq l<sup>-1</sup> e 75 μS cm<sup>-1</sup> a 20 °C nel 2012) rispetto al secondo gruppo (rispettivamente 8,06, 1,74 meq l<sup>-1</sup> e 226 μS cm<sup>-1</sup> a 20 °C). Il Toce (bacino Ossola) e il Ticino immissario si collocano in una situazione intermedia, con pH rispettivamente di 7,53-7,93, alcalinità pari a 0,82 e 0,99 meq l<sup>-1</sup> e conducibilità di 179 e 236 μS cm<sup>-1</sup>. Questi valori sono risultati molto simili a quelli del 2011, in quanto rappresentativi del

chimismo di base delle acque, che non risente in modo accentuato delle variazioni interannuali.

I Torrenti Boesio e Bardello presentano i valori più elevati di alcalinità e conducibilità rispetto a tutti corsi d'acqua considerati (4,76 e 3,01 meq l<sup>-1</sup> e 585 e 376 μS cm<sup>-1</sup> rispettivamente), a causa di una probabile contaminazione da scarichi ad elevato contenuto di bicarbonati e altri sali (Tab. 5.2.1.). Anche questo dato conferma una situazione già riscontrata negli anni precedenti, e indicativa quindi di una contaminazione costante delle acque dei due torrenti.

In generale le variazioni mensili delle variabili chimiche nei corsi d'acqua considerati dipendono principalmente da fattori idrologici. Nel caso di Ticino, Tresa e Bardello, trattandosi di acque emissarie rispettivamente dei laghi Maggiore, Lugano e Varese, i valori di pH e di altre variabili risentono fortemente anche dei processi a lago. Il Ticino emissario in particolare presenta massimi estivi e minimi invernali simili a quelli rilevati nelle acque epilimniche del Lago Maggiore. La stagionalità è invece meno evidente nel caso del Bardello, in cui i valori di pH rimangono piuttosto elevati durante tutto l'anno a causa dell'apporto di scarichi non sufficientemente depurati.

In figura 5.2.1. è riportato un confronto tra i valori di pH e alcalinità misurati nei tributari nel 2012 e i valori medi del quinquennio precedente (2007-2011). Il pH ha presentato valori leggermente superiori nel 2012 rispetto al periodo precedente nella maggior parte dei corsi d'acqua; l'alcalinità è stata leggermente inferiore nel Boesio e Bardello, e sostanzialmente identica negli altri corsi d'acqua, a conferma della stabilità dei valori di questa variabile in assenza di contaminazione delle acque. I dati delle precedenti relazioni avevano evidenziato una tendenza alla diminuzione del contenuto di bicarbonati nelle acque di Boesio e Bardello, che trova quindi conferma nei dati raccolti nel 2012.

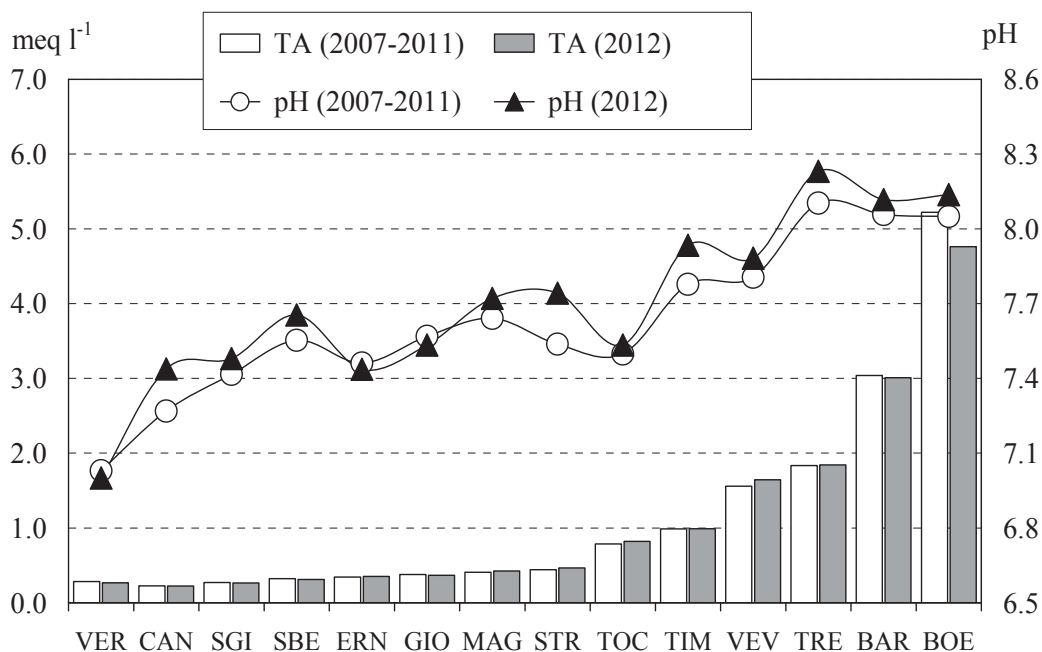


Fig. 5.2.1. Tributari del Lago Maggiore: valori medi annuali di pH e alcalinità totale relativi al 2012 a confronto con le medie del quinquennio precedente (2007-2011).

I torrenti Bardello e Boesio si differenziano marcatamente dal resto dei tributari anche per le concentrazioni medie di fosforo totale e dei composti dell'azoto (Tab. 5.2.1.). I livelli di fosforo totale nel 2012 sono stati pari a  $79 \mu\text{g P l}^{-1}$  nel Vevera, e inferiori a  $40 \mu\text{g P l}^{-1}$  in tutti gli altri corsi d'acqua, mentre raggiungono valori di  $276$  e  $226 \mu\text{g P l}^{-1}$  nel Bardello e nel Boesio rispettivamente. Anche i livelli di azoto ammoniacale ( $0,47$  e  $0,44 \text{ mg N l}^{-1}$ ), organico ( $0,29$  e  $0,55 \text{ mg N l}^{-1}$ ) e totale ( $3,93$  e  $2,78 \text{ mg N l}^{-1}$ ) si presentano nettamente più elevati in questi due corsi d'acqua. È da rilevare che anche il Vevera, nel 2012, ha presentato valori di fosforo totale e dei composti dell'azoto ( $0,18$  e  $0,25 \text{ mg N l}^{-1}$  per le forme ammoniacale e organica rispettivamente) indicativi di uno stato di compromissione delle acque. Questi valori sono stati inoltre sensibilmente maggiori di quelli del 2011 ( $35 \mu\text{g P l}^{-1}$  di fosforo totale, e  $0,04$  e  $0,06 \text{ mg N l}^{-1}$  di azoto ammoniacale ed organico) o degli anni precedenti, ad indicare un peggioramento dello stato qualitativo delle acque di questo torrente.

I valori medi di fosforo totale nel Bardello sono diminuiti leggermente nel 2012 rispetto al 2011 (Fig 5.2.2.), mentre sono aumentati azoto ammoniacale ed organico: dopo un periodo di diminuzione dei livelli di azoto negli anni 2009-2011 (attorno a  $0,20 \text{ mg N l}^{-1}$  per entrambe le forme), i valori nel 2012 sono risaliti a circa  $0,50 \text{ mg N l}^{-1}$ .

Nel Boesio le concentrazioni medie di fosforo totale sono lievemente aumentate, così come quelle dei composti dell'azoto (Fig. 5.2.3.). Nel complesso questi grafici relativi all'ultimo decennio evidenziano un'elevata variabilità interannuale delle concentrazioni. Nel caso del Bardello, soprattutto per quanto riguarda i tenori di fosforo, gli anni dal 2008 in poi sembrano indicare una tendenza al miglioramento, con una riduzione delle concentrazioni medie da valori prossimi a  $500 \mu\text{g P l}^{-1}$  agli attuali  $230-250 \mu\text{g P l}^{-1}$ . Per il Boesio non si evidenzia alcuna tendenza, in quanto i valori medi annui di fosforo continuano ad oscillare tra  $200$  e  $400 \mu\text{g P l}^{-1}$ . Per i composti dell'azoto la variabilità è particolarmente accentuata, soprattutto per quanto riguarda l'azoto organico, che varia tra  $0,10$  e oltre  $1,0 \text{ mg N l}^{-1}$  in entrambi i corsi d'acqua. Le attuali concentrazioni medie di fosforo totale, ampiamente al di sopra dei  $200 \mu\text{g P l}^{-1}$ , sono comunque da ritenersi troppo elevate. Lo stesso vale per i composti dell'azoto, che, nonostante una lieve tendenza alla diminuzione, nel 2012 hanno raggiunto ancora livelli elevati, soprattutto se confrontati con quelli degli altri corsi d'acqua esaminati (Tab. 5.2.1.). Non è quindi possibile parlare di un miglioramento dello stato qualitativo dei due immissari e si rende necessario proseguirne il monitoraggio, anche in relazione alle possibili ripercussioni sullo stato delle acque litorali interessate dai loro apporti.

Negli altri tributari le concentrazioni medie di fosforo totale nel 2012 sono risultate inferiori o uguali a  $10 \mu\text{g P l}^{-1}$  in 5 corsi d'acqua (Ticino immissario, Cannobino, S. Bernardino, Verzasca, Maggia) e comprese tra  $21$  e  $38 \mu\text{g P l}^{-1}$  in 6 corsi d'acqua (Erno, Toce, Strona, Giona, Tresa e S. Giovanni) (Tab. 5.2.). Come già evidenziato, si è verificato un peggioramento significativo rispetto al 2011 per il Vevera, in cui le concentrazioni di fosforo sono più che raddoppiate. Aumenti si sono verificati anche nel caso di Ticino immissario (da  $7$  a  $10 \mu\text{g P l}^{-1}$ ), Erno (da  $28$  a  $33 \mu\text{g P l}^{-1}$ ), Toce (da  $19$  a  $25 \mu\text{g P l}^{-1}$ ) e Giona (da  $31$  a  $38 \mu\text{g P l}^{-1}$ ). Negli altri corsi d'acqua le concentrazioni medie sono diminuite leggermente o rimaste invariate (Tab. 5.2.). Per quanto riguarda i composti dell'azoto, solo alcuni tributari presentano un lieve stato di compromissione, raggiungendo concentrazioni superiori a  $0,10 \text{ mg N l}^{-1}$  per l'azoto ammoniacale (Tresa e Vevera). Con l'eccezione del Vevera, l'azoto organico è diminuito pressoché in tutti i corsi d'acqua rispetto al 2011, anche dell'ordine del  $40-50\%$  (Strona, Giona, Tresa). È aumentato invece quasi ovunque l'azoto ammoniacale: le concentrazioni infatti, pur



rimanendo basse nella maggior parte dei corsi d'acqua (tra 0,01 e 0,07 mg N l<sup>-1</sup>) sono aumentate rispetto al 2011, in particolare per Erno, Tresa, Toce e Ticino Immissario.

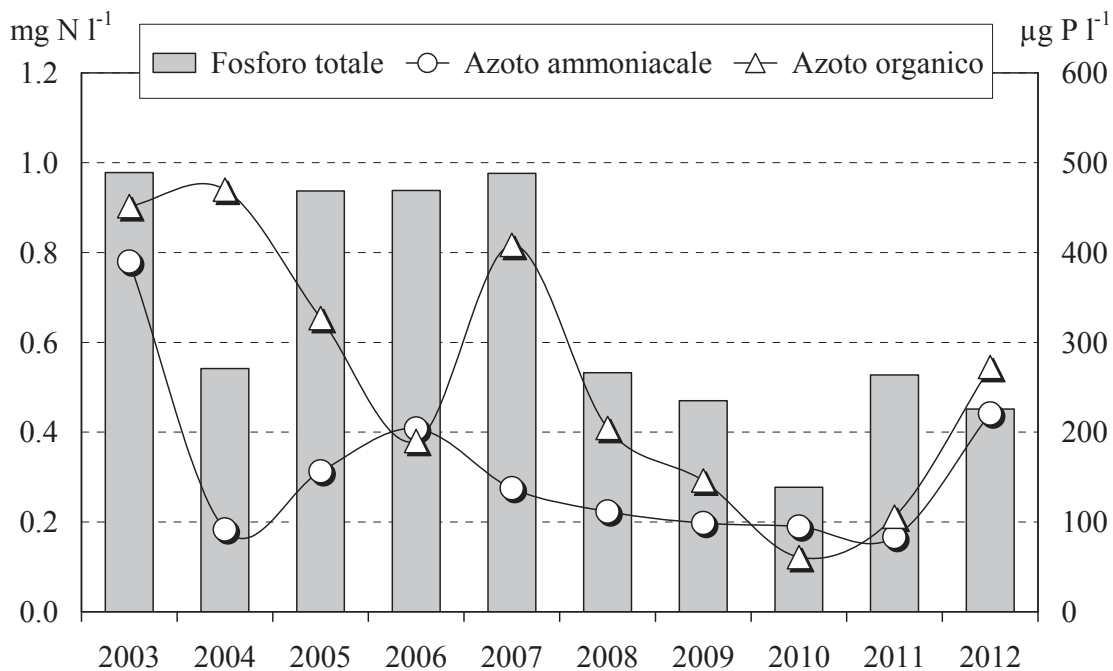


Fig. 5.2.2... Concentrazioni medie annuali di fosforo totale e di azoto ammoniacale ed organico misurate dal 2003 al 2012 alla foce del Torrente Bardello.

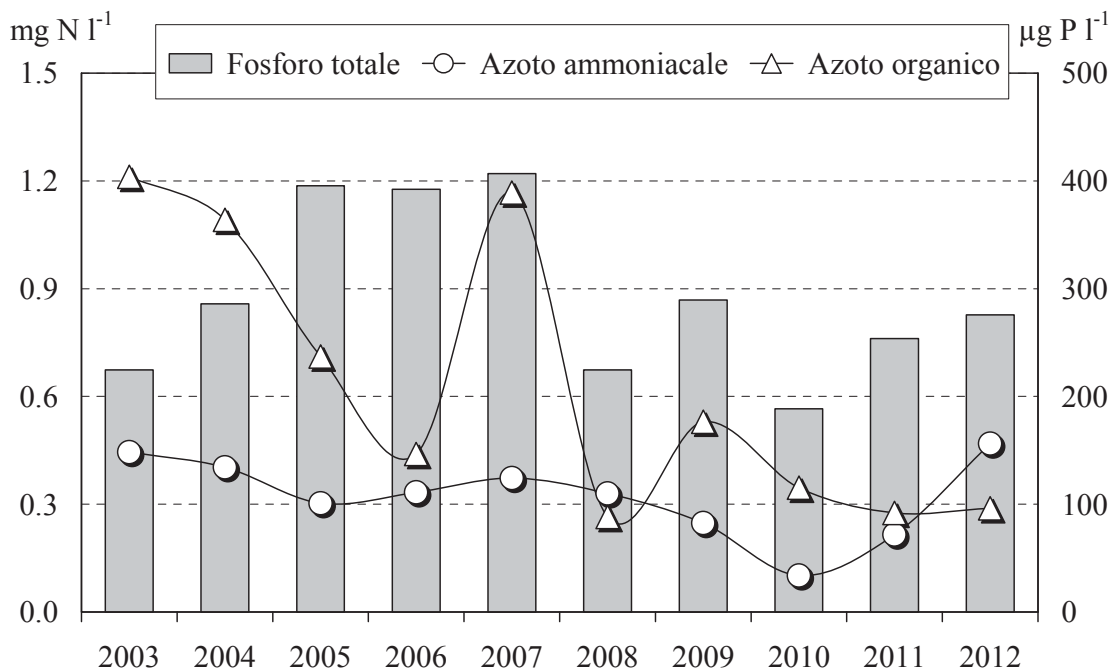


Fig. 5.2.3. Concentrazioni medie annuali di fosforo totale e di azoto ammoniacale ed organico misurate dal 2003 al 2012 alla foce del Torrente Boesio.

### 5.2.2. Medie areali

Le concentrazioni medie areali annuali, che tengono conto dell'areale drenato dai singoli tributari, permettono di confrontare il livello qualitativo delle acque tributarie nel loro complesso oppure per i diversi areali (ticinese, lombardo e piemontese). Tali concentrazioni sono state calcolate per il 2012 per azoto ammoniacale, azoto organico e fosforo totale, e nelle figure 5.2.4., 5.2.5. e 5.2.6. sono messe a confronto con quelle dell'ultimo decennio.

Come si può osservare, i valori del 2012 sono stati molto simili a quelli del 2011, con l'eccezione di un aumento delle concentrazioni medie di azoto ammoniacale nell'areale lombardo (da 0,10 mg N l<sup>-1</sup> nel 2011 a 0,18 mg N l<sup>-1</sup> nel 2012), a causa degli aumenti nelle acque di Boesio e Bardello. Nonostante l'aumento non si sono raggiunti comunque i valori prossimi a 0,30 mg N l<sup>-1</sup> del 2003, e nel complesso i dati del decennio evidenziano una stabilità delle concentrazioni di ammonio nelle acque tributarie, comprese tra 0,04 e 0,09 mg N l<sup>-1</sup> (Fig. 5.2.4.). Nel caso dell'azoto organico i dati del 2012 confermano una tendenza al miglioramento, con valori, per le acque tributarie nel loro complesso, compresi tra 0,05 e 0,08 mg N l<sup>-1</sup> nel periodo 2008-2012 (Fig. 5.2.5.). Le concentrazioni areali maggiori sono quelle a carico dell'areale lombardo, quasi sempre superiori a 0,10 mg N l<sup>-1</sup> per entrambe le forme di azoto. L'azoto ammoniacale presenta concentrazioni nettamente inferiori nelle acque tributarie ticinesi rispetto a quelle piemontesi (0,01-0,03 rispetto a 0,06-0,09 mg N l<sup>-1</sup>). Per l'azoto organico la differenza è meno marcata, con valori per l'areale ticinese che negli ultimi anni si presentano maggiori o uguali a quelle dell'areale piemontese.

Nel caso del fosforo totale, i valori del 2012 sono stati pressoché identici a quelli del 2011 (24 rispetto a 22 µg P l<sup>-1</sup> come valore medio delle acque tributarie nel loro complesso). La situazione appare abbastanza stabile anche considerando i dati dell'intero decennio, compresi tra 18 e 35 µg P l<sup>-1</sup>. Si osserva un miglioramento della situazione per quanto riguarda le acque lombarde, in cui le concentrazioni medie sono scese dagli 80-120 µg P l<sup>-1</sup> del periodo 2003-2007 agli attuali 70 µg P l<sup>-1</sup> (Fig. 5.2.6.).

Anche nel caso del fosforo l'areale ticinese è quello caratterizzato dalle concentrazioni medie inferiori e quindi dal miglior stato qualitativo delle acque: i livelli infatti sono rimasti stabilmente al di sotto dei 10 µg P l<sup>-1</sup>. Una buona qualità delle acque caratterizza anche l'areale piemontese, con valori medi di fosforo totale attorno a 20 µg P l<sup>-1</sup>. Nonostante il miglioramento a carico dell'areale lombardo, i valori medi areali di fosforo rimangono comunque troppo elevati e tali da condizionare lo stato qualitativo delle acque tributarie nel complesso.

La differenza tra le tre aree in termini percentuali è rimasta pressoché invariata nell'ultimo decennio per l'azoto organico e il fosforo totale, con rapporti tra Canton Ticino, Piemonte e Lombardia pari rispettivamente a 1,0:1,1:3,5 e 1,0:2,9:12. Per l'azoto ammoniacale i rapporti sono stati 1,0:3,5:8,6, con un aumento d'importanza nel tempo dell'areale lombardo rispetto a quelli ticinese e piemontese.

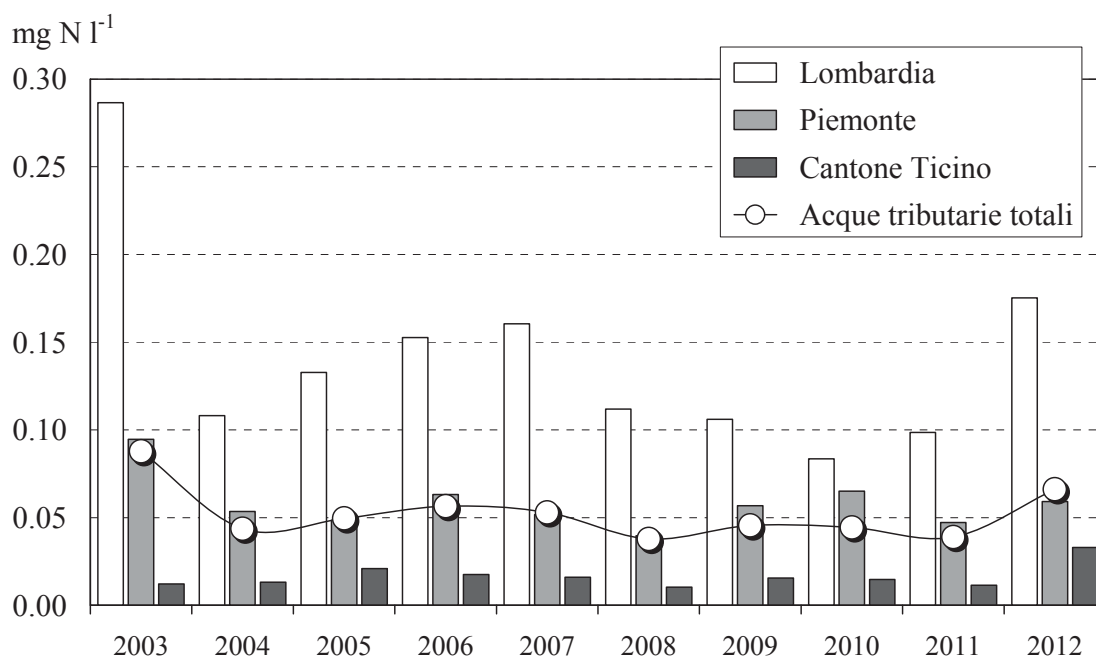


Fig. 5.2.4. Lago Maggiore. Concentrazioni medie areali annuali di azoto ammoniacale nel decennio 2003-2012 nelle acque tributarie totali e in quelle campionate in Lombardia (compresi gli apporti derivanti dal Lago di Lugano attraverso il Tresa), Piemonte, Cantone Ticino.

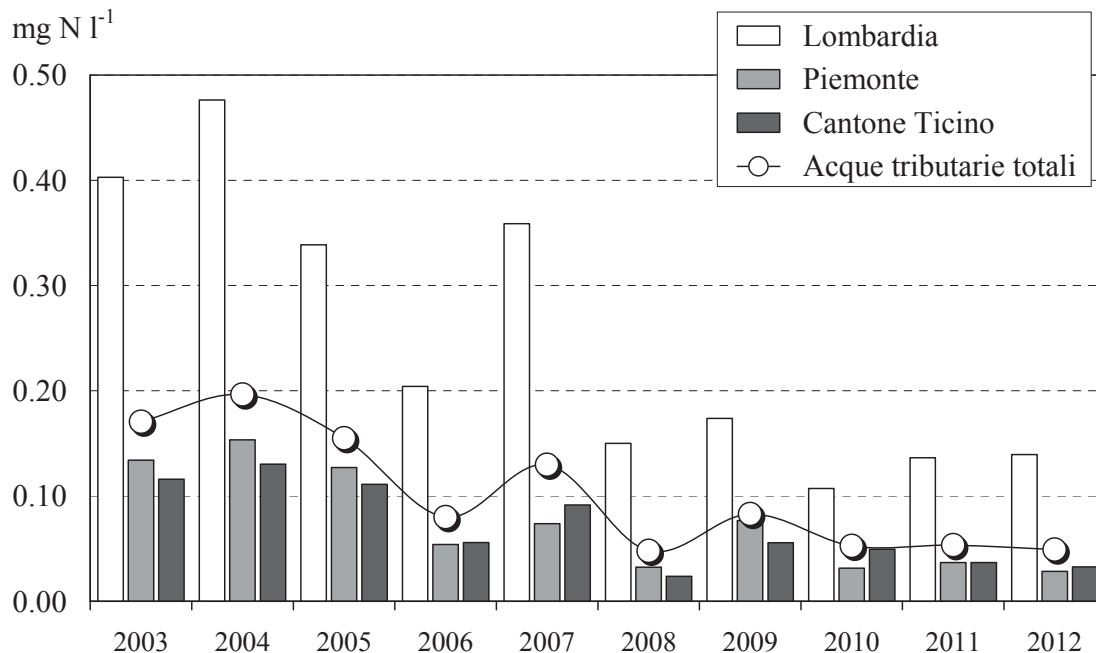


Fig. 5.2.5. Lago Maggiore. Concentrazioni medie areali annuali di azoto organico nel decennio 2003-2012 nelle acque tributarie totali e in quelle campionate in Lombardia (compresi gli apporti derivanti dal Lago di Lugano attraverso il Tresa), Piemonte e Cantone Ticino.

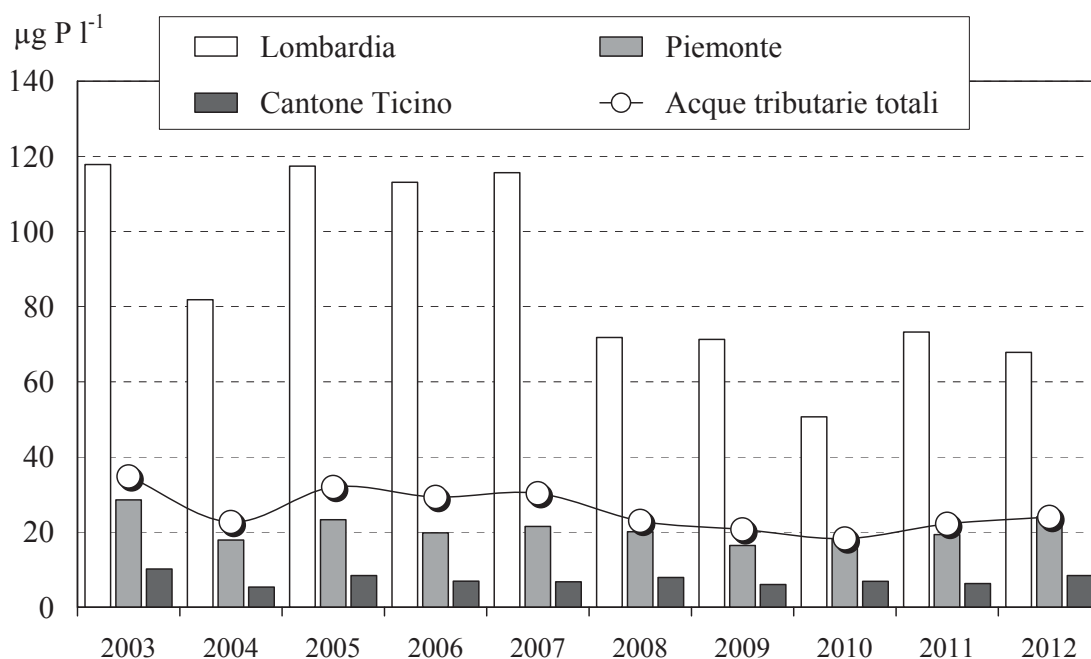


Fig. 5.2.6. Lago Maggiore. Concentrazioni medie areali annuali di fosforo totale nel decennio 2003-2012 nelle acque tributarie totali e in quelle campionate in Lombardia (compresi gli apporti derivanti dal Lago di Lugano attraverso il Tresa), Piemonte e Cantone Ticino.

### 5.2.3. Carichi chimici e bilanci di azoto e fosforo

Gli apporti dei principali nutrienti algali al Lago Maggiore, e le uscite attraverso il Ticino emissario, sono stati calcolati anche per l'anno 2012 con le metodologie utilizzate negli anni precedenti. Per il Ticino emissario e 8 corsi d'acqua drenanti complessivamente circa il 70% del bacino imbrifero (Ticino immissario, San Bernardino, Toce alla chiusura del bacino della Val d'Ossola, Strona, Vevera, Bardello, Boesio e Tresa) i carichi sono stati calcolati dai valori di concentrazione e dai deflussi giornalieri. A causa del mancato funzionamento degli strumenti di misura, per il 2012 non erano disponibili dati per i Torrenti Erno, Cannobino e S. Giovanni e le portate sono state quindi ricostruite utilizzando i valori medi mensili misurati in anni caratterizzati da afflussi meteorici totali simili a quelli del 2012. Infine, per i tributari Maggia, Verzasca e Giona, che coprono una porzione di bacino imbrifero pari al 18% circa, gli apporti sono stati stimati dalla regressione lineare tra i contributi areali e le concentrazioni medie annuali calcolate per gli altri tributari.

I carichi delle diverse forme di azoto (ammoniacale, nitrico, organico e totale) e di fosforo totale veicolati a lago dai tributari nel 2012, e a quelli in uscita attraverso il Ticino emissario, sono riportati in tabella 5.2.2., unitamente a quelli del 2011 per un confronto. I carichi di fosforo totale sono aumentati nella maggior parte dei corsi d'acqua, in modo più evidente nel Ticino immissario (da 19 a 35 t P a<sup>-1</sup>), nel Toce (da 33 a 39 t P a<sup>-1</sup>) e nello Strona (da 7,6 a 9,8 t P a<sup>-1</sup>). I carichi sono inoltre raddoppiati nel caso del Vevera, da 0,03 a 0,06 t P a<sup>-1</sup>. Si è verificata invece una diminuzione per il S. Bernardino, da 2,7 a 1,6 t P a<sup>-1</sup>. Nel caso di Bardello e Boesio i carichi sono rimasti sostanzialmente invariati rispetto all'anno precedente. Considerando le acque tributarie nel loro complesso, l'aumento è stato del 16% circa, da 154 a 178 t P a<sup>-1</sup> (Tab. 5.2.2.).

Un incremento è stato registrato anche per quanto riguarda i carichi di azoto ammoniacale, aumentati per quasi tutti i tributari nel 2012 rispetto all'anno precedente. Con l'eccezione del S. Bernardino, in cui i carichi sono diminuiti del 16%, l'aumento è stato per alcuni tributari anche superiore al 100%: i carichi sono infatti più che raddoppiati per Ticino Immissario (da 35 a 70 t N a<sup>-1</sup>), Cannobino (da 1,2 a 1,5 t N a<sup>-1</sup>) e Erno (da 0,2 a 0,9 t N a<sup>-1</sup>). Particolarmente importanti appaiono gli aumenti anche a carico di Maggia, Verzasca e Tresa (rispettivamente del 76, 81 e 69%), data l'importanza di questi tributari in termini percentuali. Un aumento consistente dei carichi di ammonio ha interessato infine anche Bardello e Boesio (+134 e +61%). I carichi di ammonio nel loro complesso sono passati da 230 t N a<sup>-1</sup> nel 2011 a 390 t N a<sup>-1</sup> nel 2012 (Tab. 5.2.2.).

Tab. 5.2.2. Lago Maggiore. Apporti annuali (t a<sup>-1</sup>) di azoto e fosforo dai tributari campionati ed uscite attraverso l'emissario nel biennio 2011-2012.

	N-NH <sub>4</sub>		N-NO <sub>3</sub>		N <sub>org</sub>		TN		TP	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Ticino Immissario <sup>(a)</sup>	35	70	1633	1483	88	81	1756	1634	19	35
Maggia <sup>(b)</sup>	11,3	19,9	1177	1194	109	59	1298	1273	13,5	13,8
Verzasca <sup>(b)</sup>	2,7	4,9	301	305	28	16	332	326	3,3	3,4
Cannobino <sup>(a)</sup>	1,2	2,5	154	167	16	14	171	184	1,5	1,5
San Giovanni <sup>(a)</sup>	1,9	2,5	112	100	8,4	4,8	122	108	1,8	1,8
San Bernardino <sup>(a)</sup>	3,2	2,7	210	228	11	5	225	236	2,7	1,6
Toce Ossola <sup>(a)</sup>	59	80	1091	1002	57	71	1207	1152	33	39
Strona <sup>(a)</sup>	13,6	20,6	318	345	54	12	385	377	7,6	9,8
Erno <sup>(a)</sup>	0,2	0,9	43	42	1,9	2,2	45	46	0,8	1,0
Veveva <sup>(a)</sup>	0,4	1,0	14	7	0,4	0,8	15	9	0,3	0,6
Bardello <sup>(a)</sup>	24,1	56,3	193	231	23	74	240	361	27	29
Boesio <sup>(a)</sup>	7,2	11,6	109	106	8	12	124	129	8,1	8,5
Tresa <sup>(a)</sup>	69,0	116,4	1158	1193	193	60	1421	1370	34	33
Giona <sup>(b)</sup>	0,8	1,2	67	68	7	6	75	75	1,6	1,7
<b>Totale campionati</b>	<b>230</b>	<b>390</b>	<b>6581</b>	<b>6472</b>	<b>603</b>	<b>416</b>	<b>7414</b>	<b>7279</b>	<b>154</b>	<b>178</b>
Ticino emissario <sup>(a)</sup>	174	186	6586	6817	687	806	7447	7809	104	105

(a) Valori calcolati dai dati di concentrazione e dai deflussi.

(b) Valori calcolati dalla regressione fra concentrazione e contributi areali. Non essendo disponibili misure di portata in uscita dalle centrali idroelettriche per Maggia e Verzasca, anche per questi corsi d'acqua i carichi vengono stimati mediante regressione fra concentrazioni e contributi areali.

Più contenute e disomogenee sono state le variazioni che hanno interessato l'azoto nitrico, i cui carichi sono aumentati per alcuni tributari (es. Bardello, +20%) e diminuiti in altri (Veveva, Toce, S. Giovanni, Ticino Immissario). Nel complesso comunque il carico totale dai tributari campionati (6472 t N a<sup>-1</sup>) è rimasto invariato rispetto al 2011 (6581 t N a<sup>-1</sup>). I carichi di azoto organico sono diminuiti per la maggior parte dei corsi d'acqua e per le acque tributarie nel loro complesso (da 603 a 416 t N a<sup>-1</sup>), grazie soprattutto alle riduzioni di Tresa, Maggia e Verzasca. Nonostante questa tendenza positiva, bisogna rilevare come siano però aumentati i carichi di azoto organico per Bardello, Boesio e Vevera (Tab. 5.2.2.).

L'azoto totale, rappresentato in larga parte dalla forma nitrica, ha visto i carichi aumentare leggermente (del 5%) tra il 2011 e il 2012. Solo nel Bardello i carichi sono aumentati in modo evidente (da 240 a 361 t N a<sup>-1</sup>), mentre per la maggior parte dei tributari le variazioni sono state contenute (5-10%). Inoltre, considerando l'insieme dei tributari, gli aumenti di azoto ammoniacale hanno compensato la diminuzione dell'azoto organico.

Gli andamenti dei carichi veicolati a lago riflettono solo in parte quelli delle concentrazioni medie areali (paragrafo 5.2.2.): l'aumento del fosforo totale è dovuto in parte all'aumento delle concentrazioni medie, ma anche al fatto che le portate dei tributari sono state nella maggior parte dei casi più elevate nel 2012 rispetto al 2011 a causa dei maggiori afflussi meteorici sul bacino (circa 1640 mm nel 2012 rispetto a 1300 mm del 2011).

Per lo stesso motivo, anche i carichi in uscita dal Lago Maggiore attraverso il Ticino emissario, il cui deflusso medio annuo nel 2012 è stato di 261 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> rispetto a 240 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> del 2011, sono aumentati per i diversi composti dell'azoto (7, 4 e 17% rispettivamente per azoto ammoniacale, nitrico ed organico) e rimasti invece invariati per il fosforo totale (Tab. 5.3).

Anche per l'anno 2012 sono stati calcolati i bilanci per azoto e fosforo totale, riportati rispettivamente nelle tabelle 5.2.3. e 5.2.4., a confronto con i bilanci degli anni dal 2003 al 2011.

Tab. 5.2.3. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 2003-2012 di azoto totale (t N a<sup>-1</sup>). I totali parziali e complessivi sono approssimati alle centinaia.

	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12
Ticino Immissario	1356	2205	1160	1263	1658	2227	1907	1870	1756	1634
Maggia	953	1429	878	855	976	1390	1489	1361	1298	1273
Verzasca	230	362	223	224	250	352	353	350	332	326
Cannobino	229	202	229	206	211	210	285	162	171	184
San Giovanni	31	91	38	33	52	98	103	115	122	108
San Bernardino	121	405	123	188	128	216	252	226	225	236
Toce (Ossola + Strona)	1492	2621	1383	1288	1377	1926	2174	1719	1592	1530
Erno	48	56	27	34	31	35	45	48	45	46
Vevera	75	43	15	16	11	45	44	14	15	9
Bardello	332	256	222	117	263	258	221	248	240	361
Boesio	110	238	99	158	93	131	133	96	124	129
Tresa	697	920	479	721	667	1357	1138	1394	1421	1370
Giona	64	100	54	57	57	80	81	75	75	75
<b>Tributari campionati</b>	<b>5700</b>	<b>8900</b>	<b>4900</b>	<b>5200</b>	<b>5800</b>	<b>8300</b>	<b>8200</b>	<b>7700</b>	<b>7400</b>	<b>7300</b>
Areale non campionato	491	760	420	446	497	711	703	660	634	626
<b>Totale bacino emerso</b>	<b>6200</b>	<b>9700</b>	<b>5300</b>	<b>5600</b>	<b>6300</b>	<b>9000</b>	<b>8900</b>	<b>8400</b>	<b>8000</b>	<b>7900</b>
Fascia rivierasca	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Precipitazioni sul lago	400	500	500	400	380	540	505	480	309	472
<b>Totale apporti</b>	<b>7300</b>	<b>10900</b>	<b>6500</b>	<b>6700</b>	<b>7400</b>	<b>10200</b>	<b>10100</b>	<b>9600</b>	<b>9000</b>	<b>9100</b>
Uscite da emissario	4600	8000	4500	4200	5500	8200	9309	8403	7447	7809
Ritenzione in lago	37,0	26,6	30,8	37,3	25,7	19,6	7,8	12,5	17,3	14,2

Tab. 5.2.4. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 2003-2012 del fosforo totale (t P a<sup>-1</sup>).

<i>Tributari campionati</i>	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12
Ticino Immissario	19	12	10	10	12	21	14	19	19	35
Maggia	8	5	7	7	4	18	12	12	13	14
Verzasca	2,5	1,4	1,6	1,8	1,2	4,1	3,5	3,3	3,3	3,4
Cannobino	1,6	1,6	2,3	2,1	1,8	2,7	2,3	1,8	1,5	1,5
San Giovanni	0,6	0,6	0,4	0,2	0,4	2,2	1,7	1,3	1,8	1,8
San Bernardino	1,4	1,2	2,5	0,7	0,4	2,2	2,0	1,7	2,7	1,6
Toce (Ossola + Strona)	42	43	27	26	31	44	29	34	41	49
Erno	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Vevera	1,4	0,4	0,2	0,3	0,2	0,5	0,6	0,2	0,3	0,6
Bardello	42	27	34	19	40	27	23	18	27	29
Boesio	6	15	9	15	8	8	9	4	8	9
Tresa	20	22	12	19	16	30	28	28	34	33
Giona	1,3	2,4	1,5	2,0	1,5	1,6	1,3	1,5	1,6	1,7
<b>Tributari campionati</b>	<b>147</b>	<b>132</b>	<b>108</b>	<b>102</b>	<b>117</b>	<b>161</b>	<b>127</b>	<b>125</b>	<b>154</b>	<b>178</b>
Areale non campionato	13	11	9	9	10	14	11	11	13	15
<b>Totale bacino emerso</b>	<b>160</b>	<b>143</b>	<b>118</b>	<b>111</b>	<b>127</b>	<b>175</b>	<b>138</b>	<b>136</b>	<b>168</b>	<b>194</b>
Fascia rivierasca	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
<b>Totale apporti</b>	<b>218</b>	<b>201</b>	<b>176</b>	<b>169</b>	<b>185</b>	<b>233</b>	<b>196</b>	<b>194</b>	<b>226</b>	<b>252</b>
Uscite da emissario	84	116	65	62	66	116	103	108	104	105
Ritenzione in lago	61%	42%	63%	63%	64%	50%	47%	44%	54%	58%

La somma degli apporti di azoto totale dai tributari campionati (7300 t N a<sup>-1</sup>), dall'areale non campionato (626 t N a<sup>-1</sup>), dalla popolazione rivierasca (700 t N a<sup>-1</sup>) e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre (472 t N a<sup>-1</sup>) nel 2012 è stata pari a 9100 t N a<sup>-1</sup>, valore di poco superiore a quello del 2011 e alla media dell'ultimo decennio (8700 t N a<sup>-1</sup>). La ritenzione a lago, calcolata considerando il totale degli apporti e le uscite attraverso il Ticino emissario, è stata del 14%, inferiore al valore del 2011 e alla media decennale (23%) (Tab. 5.4).

La Figura 5.2.7. mostra l'andamento dal 1978 al 2012 degli apporti di azoto suddivisi nei vari contributi (acque tributarie, fascia rivierasca, precipitazioni sullo specchio lacustre); vengono riportati inoltre gli afflussi meteorici totali sul bacino. Il grafico evidenzia l'esistenza di una corrispondenza tra apporti totali di azoto a lago e afflussi meteorici, come conseguenza del fatto che le deposizioni atmosferiche rappresentano attualmente il veicolo principale di azoto per il bacino imbrifero del Lago Maggiore (Rogora et al., 2006). Nel 2012 gli apporti meteorici totali sul bacino sono stati attorno a 1640 mm, valore molto simile alla media di lungo periodo. Nonostante l'aumento degli afflussi rispetto al 2011 (1300 mm), i carichi totali di azoto sono rimasti invece pressoché invariati. Questo perché, pur in presenza di una relazione tra precipitazioni e carichi di azoto totali, questi ultimi dipendono ovviamente dalla variabilità interannuale delle portate e delle concentrazioni di azoto dei singoli tributari. Analogamente, la ritenzione a lago, pur rispecchiando in parte la variabilità degli afflussi, dipende anche dal regime, dalla tipologia e della distribuzione delle precipitazioni sul bacino, oltre che dai processi che avvengono a lago, a loro volta dipendenti da fattori meteo-climatici. In particolare la variabilità della ritenzione di azoto, sia nei bacini versanti che nell'intero lago, è particolarmente accentuata da un anno all'altro in relazione a numerosi fattori (Rogora et al., 2006).

Nel complesso i carichi complessivi di azoto, e in particolare quelli dovuti alle acque tributarie, sembrano presentare una tendenza alla diminuzione nell'ultimo decennio: dal 2003 in poi i carichi totali in ingresso a lago si sono mantenuti attorno alle 10000 t N a<sup>-1</sup>, mentre nel periodo precedente i valori raggiungevano spesso le 12000 t N a<sup>-1</sup> (Fig. 5.2.7.). Questo andamento dei carichi di azoto contribuisce a spiegare la diminuzione delle concentrazioni di azoto nitrico a lago, evidenziate negli ultimi anni (paragrafo 5.1.2.). La diminuzione degli apporti di azoto è a sua volta dipendente dal calo delle deposizioni di azoto, in particolare nella forma nitrica, messo in evidenza per l'areale del Lago Maggiore dalle serie storiche di dati sulla chimica delle precipitazioni (Rogora et al., 2012).

Per quanto riguarda il contributo dei singoli tributari al carico complessivo di azoto totale, gli apporti più consistenti, anche nel 2012, sono stati quelli derivanti dal Ticino immissario (22,4%), dal Toce, comprensivo dello Strona (21,0%) e da Tresa (18,8%) e Maggia (17,5%). I rimanenti corsi d'acqua contribuiscono per il restante 20% circa.

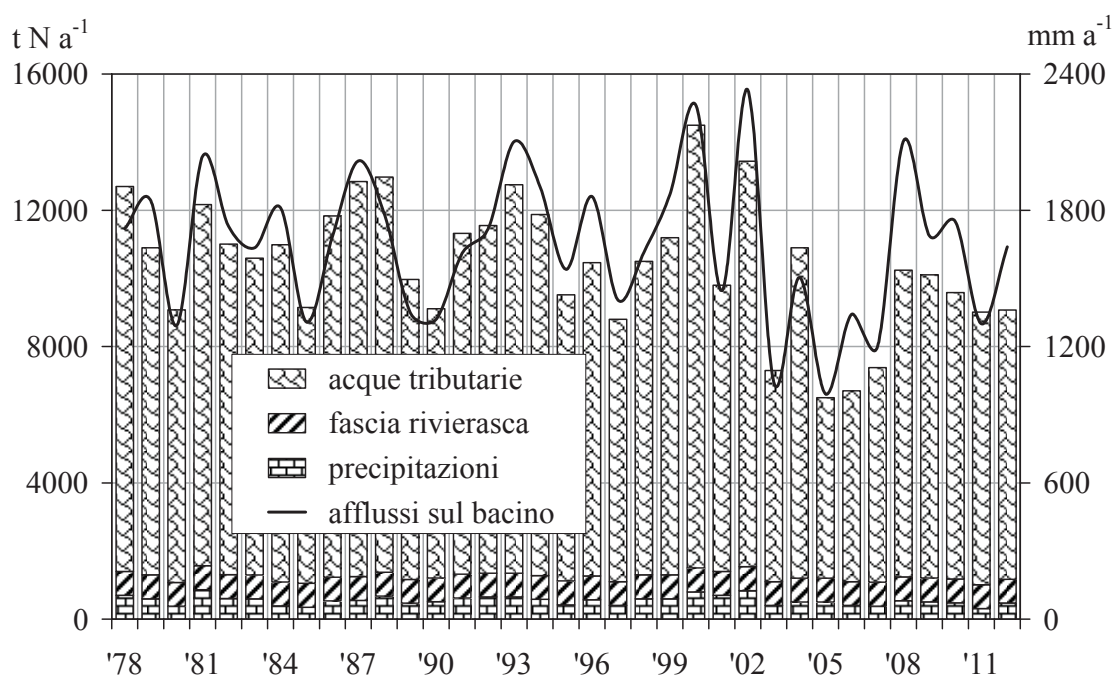


Fig. 5.2.7. Lago Maggiore. Apporti annuali di azoto totale al lago dall'areale emerso, dalla zona rivierasca e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre, in relazione con gli afflussi meteorici annuali sul bacino imbrifero.

Gli apporti di fosforo totale a lago, riportati in tabella 5.2.4., hanno presentato nel 2012 un incremento rispetto al 2011 (da 226 a 252 t P a<sup>-1</sup>), e sono risultati superiori alla media dell'ultimo decennio (200 t P a<sup>-1</sup>). L'aumento degli apporti di fosforo nel 2012 rispetto all'anno precedente ha interessato quasi tutti i tributari, in misura più accentuata nel caso del Ticino Immissario, del Toce e del Bardello (Tab. 5.2.4.). Nonostante questa variazione in senso negativo, considerando tutta la serie di dati disponibili dal 1978, riportati in Figura 5.2.8., si osserva come gli apporti totali di fosforo dalle acque tributarie in tutto l'ultimo decennio siano stati nettamente inferiori rispetto a quelli degli anni '80 e '90.



In termini percentuali, i contributi più importanti al carico totale di fosforo a lago nel 2012 sono stati quello del Toce, comprensivo dello Strona (27,3%), del Ticino immissario (19,4%) e del Tresa (18,2%). Il Bardello, nonostante l'importanza sensibilmente inferiore in termini di portate rispetto ai tributari maggiori, contribuisce in misura del 16,1% al carico totale di fosforo.

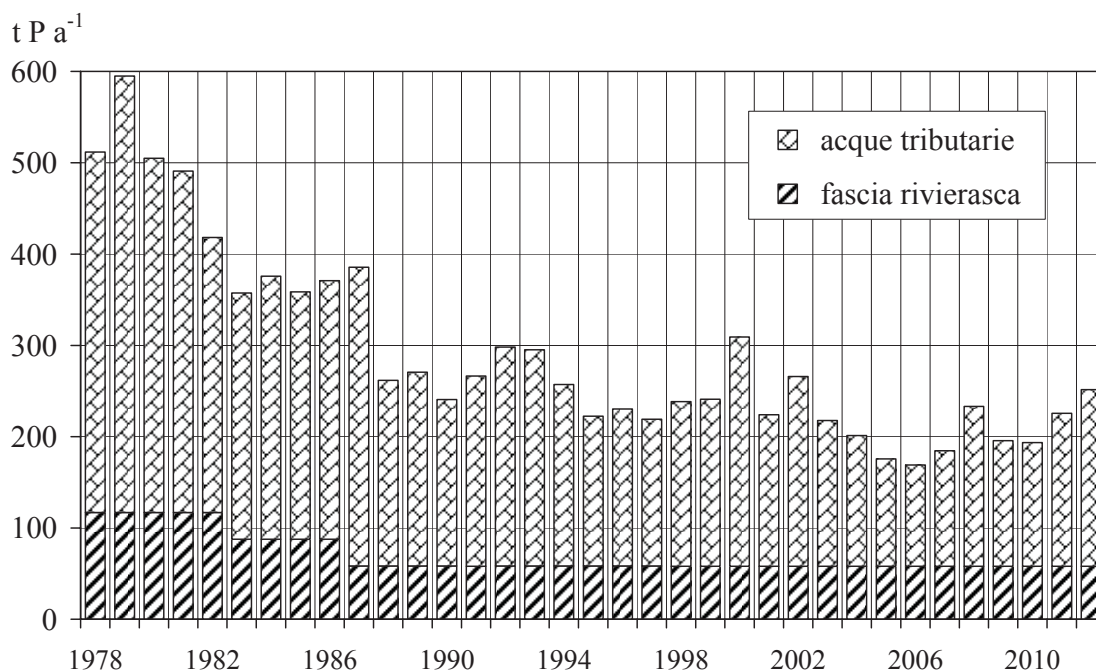


Fig. 5.2.8. Lago Maggiore. Apporti annuali di fosforo totale al lago dall'areale emerso e dalla zona rivierasca nel periodo 1978-2011.

In tabella 5.2.5. sono riportati i contributi areali annuali (2012) dei composti dell'azoto e del fosforo totale per i tributari del Lago Maggiore e per il Ticino emissario, a confronto con gli stessi dati del 2011. Anche per i contributi areali di fosforo totale, così come per i carichi, si evidenzia un incremento nel 2012 per la maggior parte dei tributari e per il totale dell'areale campionato (da 0,026 a 0,030 g P m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>). Gli aumenti maggiori hanno interessato il Ticino Immissario (80%), il Vevera (96%) e Strona e Erno (29 e 23% rispettivamente). Una diminuzione del 43% ha interessato invece il S. Bernardino, a conferma del progressivo miglioramento dello stato qualitativo di questo corso d'acqua.

Per l'azoto totale i contributi areali nel 2012 sono stati molto simili a quelli dell'anno precedente; per quasi tutti i tributari si è verificata una lieve riduzione (tra il 2 e il 7%, 40% nel caso del Vevera), ad eccezione del Bardello in cui i contributi sono aumentati del 50% circa. Le variazioni ricalcano quelle osservate per l'azoto nitrico, ovvero la forma prevalente di azoto. Anche i contributi areali di nitrati sono rimasti infatti pressoché invariati rispetto al 2011 (Tab. 5.2.5.).

I contributi sono aumentati in maniera evidente per quanto riguarda invece l'azoto ammoniacale, come era già stato evidenziato sia per le concentrazioni che per i carichi. I contributi areali di ammonio sono aumentati nel 2012 in tutti i corsi d'acqua ad eccezione del S. Bernardino (-18%), in alcuni casi del 100% e oltre (Ticino Immissario, Cannobino, Erno, Vevera, Bardello). L'aumento complessivo è stato del 70%, da 0,039 a 0,066 g N m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>. I contributi di azoto organico sono invece diminuiti nella maggior parte dei corsi

d'acqua, con un calo complessivo dall'areale campionato del 31%. Le riduzioni maggiori hanno interessato Strona e Tresa (rispettivamente 78 e 69%). I contributi arealisono invece aumentati in modo evidente per Vevera e Bardello, a causa principalmente dell'aumento delle concentrazioni in questi due corsi d'acqua.

Nel complesso non è quindi possibile descrivere una tendenza generalizzata per quanto riguarda i composti dell'azoto, mentre si osserva un peggioramenti complessivo, anche se contenuto (15%), rispetto al 2011 per i contributi di fosforo totale (Tab. 5.2.5. e Fig. 5.2.9.)

Tab. 5.2.5. Lago Maggiore. Contributi areali annuali ( $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$ ) di azoto ammoniacale, nitrico, organico, totale e fosforo totale nel biennio 2011-2012 dai tributari campionati e dall'emissario.

		N-NH <sub>4</sub>		N-NO <sub>3</sub>		N <sub>org</sub>		TN		TP	
		2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Ticino Immissario	TIM	0,022	0,043	1,010	0,918	0,054	0,050	1,086	1,011	0,012	0,021
Maggia	MAG	0,012	0,021	1,272	1,289	0,118	0,064	1,401	1,374	0,015	0,015
Verzasca	VER	0,011	0,021	1,272	1,289	0,120	0,066	1,403	1,376	0,014	0,014
Cannobino	CAN	0,011	0,022	1,393	1,517	0,140	0,125	1,545	1,664	0,013	0,014
San Giovanni	SGI	0,032	0,040	1,842	1,654	0,138	0,079	2,011	1,774	0,029	0,030
San Bernardino	SBE	0,025	0,020	1,607	1,745	0,085	0,041	1,717	1,806	0,021	0,012
Toce Ossola	TOC	0,038	0,052	0,705	0,647	0,037	0,046	0,780	0,745	0,021	0,025
Strona	STR	0,061	0,092	1,422	1,545	0,241	0,053	1,724	1,691	0,034	0,044
Erno	ERN	0,008	0,036	1,676	1,655	0,075	0,087	1,759	1,777	0,030	0,038
Vevera	VEV	0,018	0,049	0,640	0,318	0,018	0,039	0,677	0,406	0,015	0,029
Bardello	BAR	0,180	0,420	1,435	1,718	0,173	0,554	1,788	2,692	0,201	0,214
Boesio	BOE	0,158	0,256	2,400	2,332	0,177	0,258	2,735	2,846	0,179	0,188
Tresa	TRE	0,092	0,154	1,536	1,582	0,256	0,080	1,883	1,816	0,045	0,043
Giona	GIO	0,016	0,024	1,354	1,360	0,137	0,116	1,506	1,500	0,032	0,033
<b>Totale campionati</b>		<b>0,039</b>	<b>0,066</b>	<b>1,119</b>	<b>1,100</b>	<b>0,103</b>	<b>0,071</b>	<b>1,260</b>	<b>1,238</b>	<b>0,026</b>	<b>0,030</b>
Ticino emissario	TEM	0,026	0,028	0,998	1,033	0,104	0,122	1,129	1,183	0,016	0,016

I contributi medi areali di fosforo più elevati rimangono quelli di Boesio e Bardello (rispettivamente  $0,214$  e  $0,188 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$ ). Tutti gli altri corsi d'acqua presentano contributi nettamente inferiori; assumendo però come obiettivo di qualità delle acque un contributo areale massimo di fosforo pari a  $0,02 \text{ g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$ , i dati dell'ultimo triennio mostrano valori accettabili solo per Cannobino, S. Bernardino, Ticino Immissario, Maggia e Verzasca (Fig. 5.20). Il Vevera presenta un valore medio del triennio inferiore a  $0,02 \text{ g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$ , ma le sue acque sono andate incontro ad un progressivo peggioramento, passando da  $0,01 \text{ g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$  nel 2010 a  $0,03 \text{ g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$  nel 2012. Un peggioramento analogo ha interessato Strona (da  $0,02$  a  $0,04 \text{ g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$ ), Erno (da  $0,03$  a  $0,04 \text{ g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$ ), S. Giovanni (da  $0,02$  a  $0,03 \text{ g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$ ) e, limitatamente al 2012, Ticino Immissario. La situazione è rimasta invece stabile per Verzasca e Maggia, o addirittura migliorata per il S. Bernardino. Questo corso d'acqua, in controtendenza rispetto alla maggior parte dei tributari, è stato interessato negli ultimi anni da un miglioramento della qualità delle acque, evidenziato sia dai valori di concentrazione che dai carichi di fosforo e azoto. Il Torrente Vevera si conferma invece come il corso d'acqua interessato dal peggioramento più evidente dello stato qualitativo delle acque, con aumenti consistenti delle concentrazioni e dei carichi soprattutto di fosforo e di azoto ammoniacale.

Nel caso dell'azoto ammoniacale, solo pochi tributari (Tresa, Strona, Toce) presentano una situazione di compromissione con contributi areali superiori a  $0,05 \text{ mg N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  come media del triennio (Fig. 5.2.10.). Tresa e Strona, così come Vevera, S. Giovanni e Ticino Immissario hanno visto inoltre un aumento dei valori nel triennio considerato. In alcuni casi i valori sono pressoché raddoppiati tra il 2010 e il 2012 (es. da  $0,08$  a  $0,15 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  nel Tresa). Gli altri tributari (Giona, Erno, Cannobino, S. Bernardino, Verzasca, Maggia) presentano una situazione più stabile, con contributi areali inferiori o pari a  $0,02 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ . Per l'azoto organico infine (Fig. 5.2.11.), i tributari presentano una situazione alquanto eterogenea, con valori compresi tra gli  $0,03 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  di Vevera e Cannobino e gli  $0,15\text{-}0,16 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  di Tresa e Giona, come valori medi del triennio. Il resto dei tributari si colloca in una situazione intermedia, con valori compresi tra  $0,06$  e  $0,11 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ . A differenza di quanto osservato per fosforo e azoto ammoniacale, per l'azoto organico non si è verificato un aumento dei contributi areali nel 2012 rispetto agli anni precedenti; al contrario, in alcuni corsi d'acqua i valori sono diminuiti, passando da  $0,12\text{-}0,13$  a  $0,06\text{-}0,07 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  (Toce, Ticino Immissario).

I dati nel loro complesso, soprattutto per quanto riguarda i composti dell'azoto, evidenziano una elevata variabilità interannuale dei contributi areali, dovuta in larga parte alla variabilità idrologica.

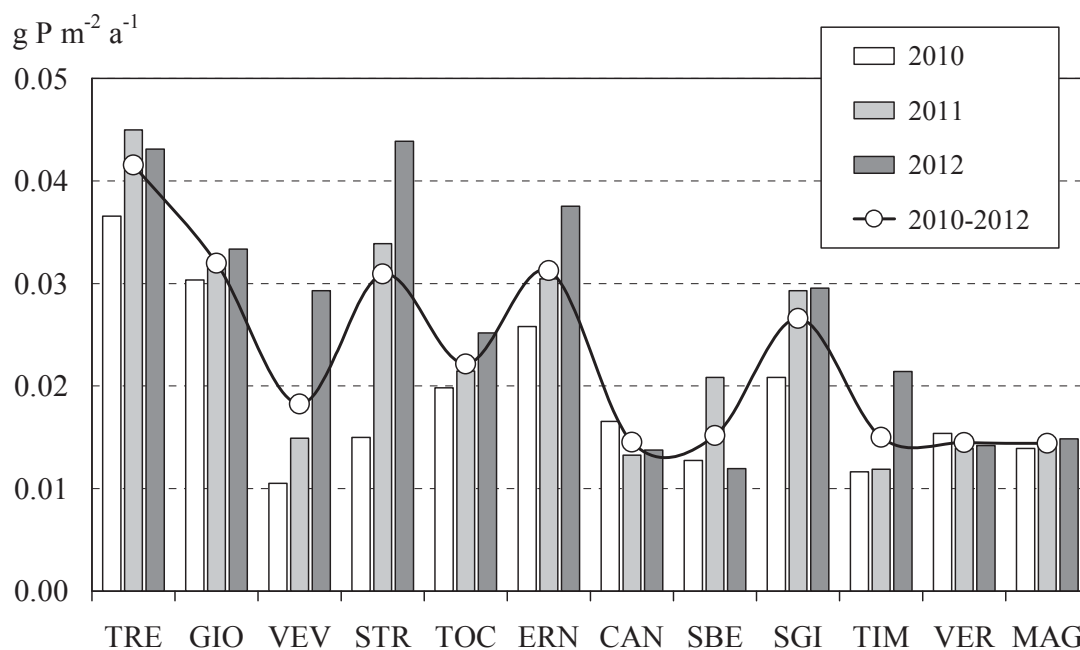


Fig. 5.2.9. Contributi areali di fosforo totale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2010-2012.

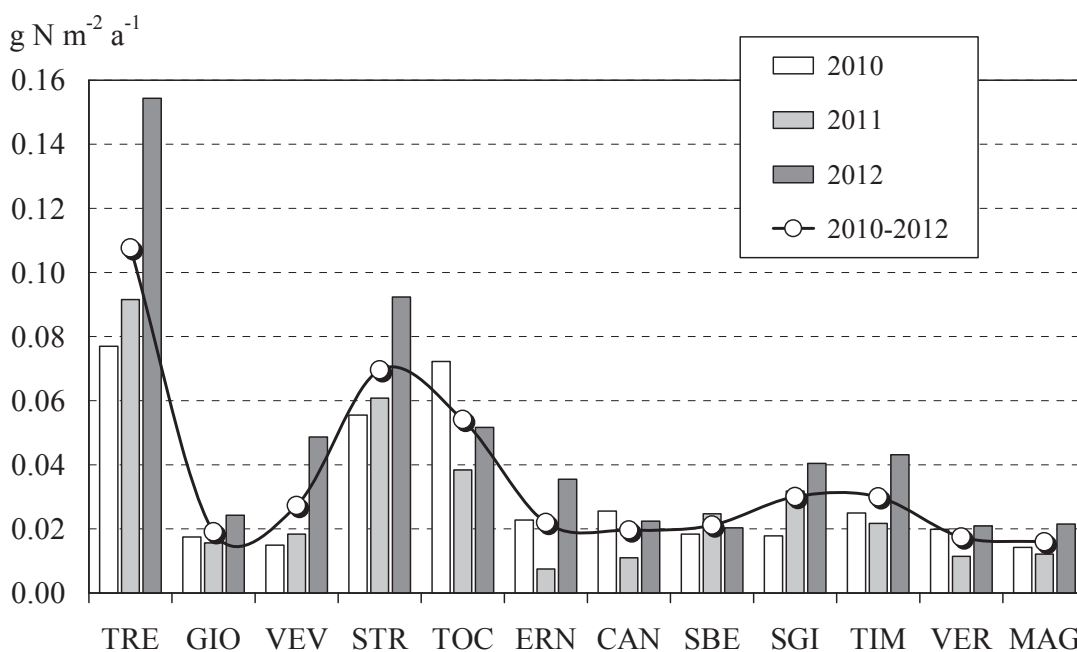


Fig. 5.2.10. Contributi areali di azoto ammoniacale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2010–2012.

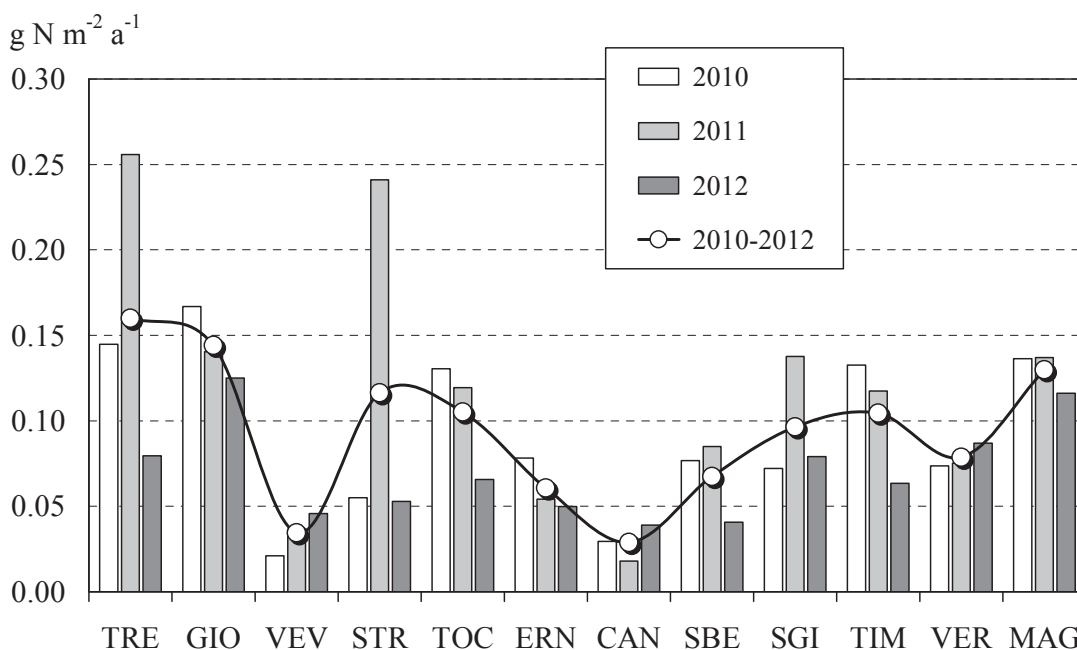


Fig. 5.2.11. Contributi areali di azoto organico, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Tresa e Boesio) nel triennio 2010–2012.

Nella tabella 5.2.6. le tre diverse aree (Ticino, Piemonte e Lombardia) i cui apporti interessano il Lago Maggiore sono messe a confronto in termini di contributi medi areali. I valori calcolati per il 2012 sono presentati unitamente a quelli dei due anni precedenti. I dati evidenziano le differenze tra le tre aree, già emerse dall'analisi delle concentrazioni

medie areali. Le acque tributarie ticinesi sono caratterizzate da un buon livello qualitativo, soprattutto per quanto riguarda i contributi di fosforo totale ( $0,019 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  nel 2012). Le acque piemontesi si collocano a un livello intermedio, con valori superiori a quelle ticinesi per il fosforo totale ( $0,026 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) e l'azoto ammoniacale ( $0,052$  rispetto a  $0,034 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) e simili o addirittura inferiori per l'azoto organico ( $0,052$  rispetto a  $0,056 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ). Infine le acque lombarde presentano livelli ancora troppo elevati dei carichi areali sia del fosforo ( $0,073 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  nel 2012) che dell'azoto ammoniacale e organico (rispettivamente  $0,189$  e  $0,154 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ).

Per il fosforo la situazione evidenzia un peggioramento nel corso del triennio per tutti e tre gli areali, con un aumento complessivo dei contributi per le acque tributarie, da  $0,022$  a  $0,030 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ . Anche per l'azoto ammoniacale l'aumento dei contributi dall'areale lombardo (da  $0,090 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  nel 2010 a  $0,189 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  nel 2012) e ticinese (da  $0,021$  a  $0,034 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) ha comportato un aumento complessivo per le acque tributarie, da  $0,047$  a  $0,066 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ . Infine, per quanto riguarda l'azoto organico, i valori del 2012 mostrano una diminuzione dei contributi areali, dovuta principalmente al dimezzamento dei valori per l'areale ticinese (da  $0,101$  a  $0,056 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) (Tab. 5.7). Nel complesso le acque tributarie lombarde permangono in una situazione inaccettabile in termini di apporti di nutrienti a lago, soprattutto a causa della scarsa qualità delle acque di Bardello e Boesio. Decisamente migliore appare la situazione per l'areale piemontese, anche se alcuni corsi d'acqua (Veveva, Toce, Strona, Erno) necessitano di un controllo puntuale, soprattutto in relazione all'aumento dei carichi di fosforo e azoto ammoniacale osservato nel 2012. Buona risulta infine la situazione complessiva delle acque tributarie ticinesi.

Tab. 5.2.6. Contributi areali di fosforo totale ( $\text{g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) ed azoto ammoniacale e organico ( $\text{g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) derivanti dalle acque tributarie ticinesi, piemontesi, lombarde e totali nel triennio 2010-2012.

	2010			2011			2012		
	TP	NH <sub>4</sub>	Norg	TP	NH <sub>4</sub>	Norg	TP	NH <sub>4</sub>	Norg
Cantone Ticino	0,013	0,021	0,101	0,013	0,018	0,081	0,019	0,034	0,056
Piemonte	0,019	0,062	0,038	0,023	0,038	0,070	0,026	0,052	0,052
Lombardia	0,052	0,090	0,143	0,072	0,103	0,235	0,073	0,189	0,154
Acque tributarie	0,022	0,047	0,085	0,026	0,039	0,103	0,030	0,066	0,071

## Bibliografia

- Rogora, M., S. Arisci, A. Marchetto. 2012. The role of nitrogen deposition in the recent nitrate decline in lakes and rivers in Northern Italy. *Science of the Total Environment*, 417-418: 214-223.
- Rogora, M., R. Mosello, A. Calderoni, & A. Barbieri. 2006. Nitrogen budget of a subalpine lake in North-Western Italy: the role of atmospheric input in the upward trend of nitrogen concentrations. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 29: 2027-2030.