

2.3. Apporti chimici dai tributari

2.3.1. Caratteristiche chimiche e chimico fisiche

Le caratteristiche chimiche dei 14 principali tributari del Lago Maggiore e del Ticino emissario sono state oggetto di studio con frequenza mensile nel corso del 2006. I valori medi annui delle variabili principali sono riportati in tabella 2.3.1. La maggior parte dei corsi d'acqua sono impostati in bacini composti prevalentemente da rocce ignee (Cannobino, Verzasca, Maggia, S. Giovanni, S. Bernardino, Strona, Erno e Giona) e sono di conseguenza caratterizzati da bassi valori medi di pH, alcalinità totale e conducibilità, rispettivamente compresi tra 6,9 e 7,7 unità di pH, 0,2 e 0,5 meq l⁻¹ e 47 e 152 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 20°C. I tributari che drenano invece areali in gran parte costituiti da rocce sedimentarie (Vevera, Tresa) mostrano pH leggermente più elevati (7,8-8,1) e livelli significativamente maggiori di alcalinità totale (1,9 meq l⁻¹) e conducibilità (225-250 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Il Toce (bacino Ossola) ed il Ticino immissario sono caratterizzati da valori intermedi sia di pH (7,5 e 7,8) che di alcalinità e conducibilità (0,9 e 0,8 meq l⁻¹ e 207 e 152 $\mu\text{S cm}^{-1}$, rispettivamente). I valori massimi di queste due variabili sono stati registrati nelle acque di Boesio e Bardello (3,6-6,1 meq l⁻¹ e 460-800 $\mu\text{S cm}^{-1}$), entrambi recettori di scarichi ad alto tenore di bicarbonati e di sali.

Tab. 2.3.1. Valori medi annuali delle principali variabili chimiche e chimico-fisiche sui tributari e sull'emissario del Lago Maggiore campionati nel 2006.

	sigla	pH	T.A. meq l ⁻¹	Cond. $\mu\text{S cm}^{-1}$	N-NH ₄ mg N l ⁻¹	N-NO ₃ mg N l ⁻¹	N _{org} mg N l ⁻¹	TN mg N l ⁻¹	TP $\mu\text{g P l}^{-1}$	RSi mg Si l ⁻¹
Tributari lombardi										
Boesio	(BOE)	8,04	6,10	800	0,33	3,20	0,44	3,98	392	2,8
Bardello	(BAR)	8,07	3,56	460	0,41	2,14	0,38	2,93	469	2,1
Tresa (a)	(TRE)	8,11	1,94	225	0,10	1,05	0,17	1,33	36	0,6
Giona	(GIO)	7,54	0,45	99	0,05	1,40	0,08	1,52	71	4,0
Tributari piemontesi										
Vevera	(VEV)	7,81	1,92	254	0,11	2,93	0,22	3,26	62	5,4
Strona	(STR)	7,58	0,48	123	0,03	1,59	0,09	1,71	20	3,2
Toce Ossola	(TOC)	7,52	0,91	207	0,08	0,74	0,04	0,85	21	2,6
San Giovanni	(SGI)	7,46	0,29	68	0,01	1,38	0,07	1,46	11	4,5
Erno	(ERN)	7,49	0,40	152	0,01	1,85	0,10	1,96	31	4,5
San Bernardino	(SBE)	7,69	0,33	63	0,01	1,20	0,08	1,30	7	3,2
Cannobino	(CAN)	7,47	0,25	51	0,01	0,80	0,07	0,89	8	3,7
Tributari svizzeri										
Maggia	(MAG)	7,74	0,45	71	0,01	0,88	0,06	0,94	6	2,9
Ticino immissario	(TIM)	7,82	1,10	283	0,02	0,84	0,05	0,92	8	2,3
Verzasca	(VER)	6,94	0,23	47	0,01	0,92	0,07	1,00	6	2,7
Emissario										
Ticino emissario	(TEM)	8,11	0,84	152	0,02	0,70	0,10	0,82	12	0,7

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

Le variazioni stagionali nei valori di pH delle acque emissarie dei laghi Maggiore (Ticino), Lugano (Tresa) e Varese (Bardello) nell'ultimo quinquennio sono riportate in figura 2.3.1a: le oscillazioni appaiono molto più marcate nel caso del Ticino emissario, con massimi estivi e minimi invernali di pH, rispetto a quanto osservato per il Tresa e soprattutto per il Bardello, in cui i valori di pH si mantengono stabilmente compresi tra 7,7 e 8,2.

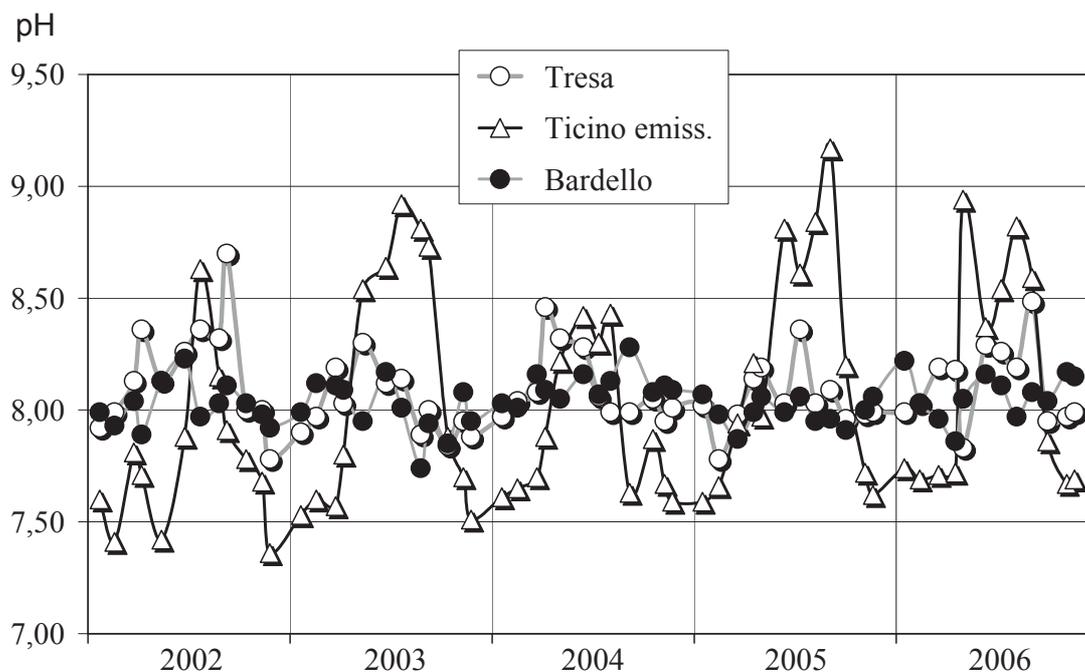


Fig. 2.3.1a. Valori di pH riscontrati nel quinquennio 2002-2006 nelle acque emissarie dei laghi di Lugano (Tresa), Varese (Bardello) e Maggiore (Ticino emissario).

Nel complesso quindi, anche per il 2006, si conferma la dipendenza dei valori di alcalinità e conducibilità e, in misura inferiore, del pH, dalle caratteristiche litologiche dei bacini. I dati raccolti confermano inoltre una sostanziale stabilità del chimismo di base dei corsi d'acqua, come dimostra il confronto tra i valori medi annui di pH e alcalinità dell'anno 2006 e quelli del quinquennio precedente. La maggior parte dei corsi d'acqua ha presentato un leggero aumento del contenuto di alcalinità nel 2006 rispetto al periodo 2001-2005, evidente soprattutto nei torrenti con concentrazioni elevate quali Bardello e Boesio (Fig. 2.3.1b). Questo aumento è probabilmente da attribuire ad una maggior concentrazione di soluti dovuta alle scarse precipitazioni e quindi alle portate ridotte misurate nel 2006.

In generale la variabilità idrologica interannuale ha avuto un ruolo importante nell'ultimo quinquennio, in cui si sono susseguiti eventi estremi, quali la piena del 2002, ed anni con precipitazioni estremamente scarse come il 2003 ed il 2005. Nel 2006 l'afflusso totale sul bacino imbrifero del Lago Maggiore (1342 mm) è stato superiore rispetto al 2005 (991 mm) ma comunque inferiore alla media del periodo 1978-2005 (1668 mm), determinando così una situazione favorevole ad un aumento delle concentrazioni nelle acque tributarie, e contemporaneamente ad una riduzione dei carichi veicolati a lago a causa della riduzione nelle portate, come descritto nel capitolo successivo. Nel complesso i livelli di inquinamento, definiti attraverso la presenza di

nutrienti quali i composti di fosforo e azoto, non hanno mostrato variazioni significative rispetto agli anni precedenti.

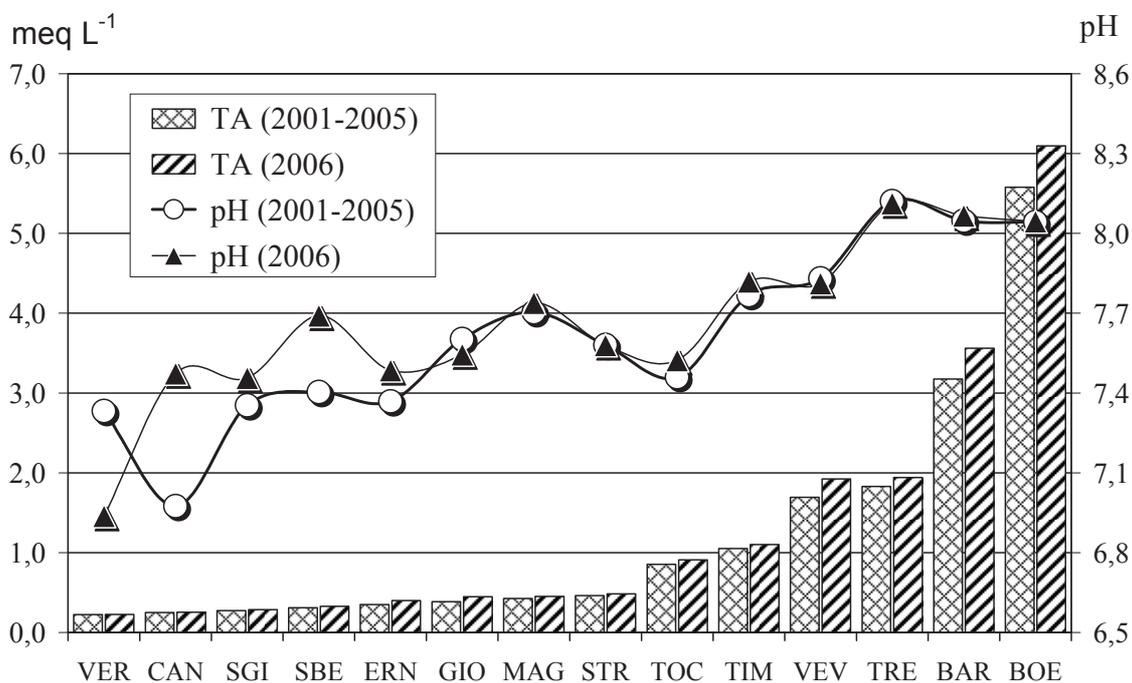


Fig. 2.3.1b. Tributari del Lago Maggiore: valori medi annuali di pH e alcalinità totale relativi al 2006 a confronto con le medie del quinquennio precedente (2001-2005).

Tra tutti i corsi d'acqua monitorati, Boesio e Bardello presentano la situazione di maggior degrado, come evidenziato dalle concentrazioni medie annue di fosforo totale (rispettivamente 392 e 469 $\mu\text{g P l}^{-1}$), azoto ammoniacale (0,33 e 0,41 mg N l^{-1}), organico (0,44 e 0,38 mg N l^{-1}) e totale (3,98 e 2,93 mg N l^{-1} ; Tab. 2.3.1 e Fig. 2.3.1c). Per entrambi i corsi d'acqua le concentrazioni di azoto ammoniacale e totale sono risultate maggiori nel 2006 rispetto all'anno precedente, mentre sono diminuite quelle di azoto organico. I livelli di fosforo totale sono risultati pressoché identici a quelli del 2005, ed in linea con i valori massimi riscontrati nel 2003 (Fig. 2.3.1d). Nel caso del Torrente Bardello, essendo ormai cessati gli interventi di prelievo delle acque ipolimniche dal Lago di Varese, tale situazione non è più imputabile alle sole condizioni idrologiche, ma è da ritenersi indicativa di un incremento negli apporti di reflui civili e/o industriali scarsamente depurati.

Dall'analisi dei valori medi annui di fosforo totale nelle acque dei tributari emerge come sei di essi (San Giovanni, Ticino immissario, Cannobino, San Bernardino, Maggia, Verzasca) abbiano concentrazioni comprese tra 6 e 11 $\mu\text{g P l}^{-1}$. Strona e Toce presentano valori rispettivamente di 20 e 21 $\mu\text{g P l}^{-1}$, comunque compresi nell'obiettivo di qualità da rispettare per il mantenimento dello stato oligotrofo delle acque lacustri. Una conferma dello stato qualitativo da buono a ottimo di questi corsi d'acqua viene anche dai livelli medi di azoto ammoniacale (0,08 mg N l^{-1} per il Toce ed inferiore a 0,03 mg N l^{-1} per gli altri corsi d'acqua) ed organico (inferiore a 0,10 mg N l^{-1} ; Tab. 2.3.1 e Fig. 2.3.1c).

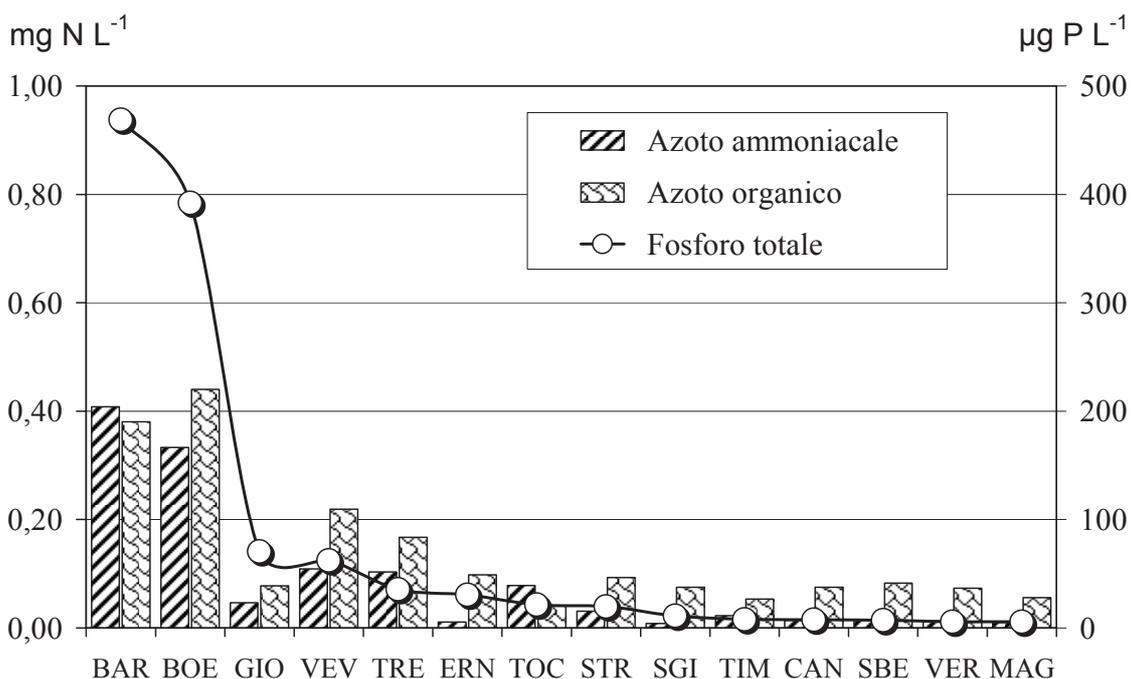


Fig. 2.3.1c. Concentrazioni medie annuali di fosforo totale e d'azoto ammoniacale ed organico misurate nel 2006 sui principali tributari del Lago Maggiore.

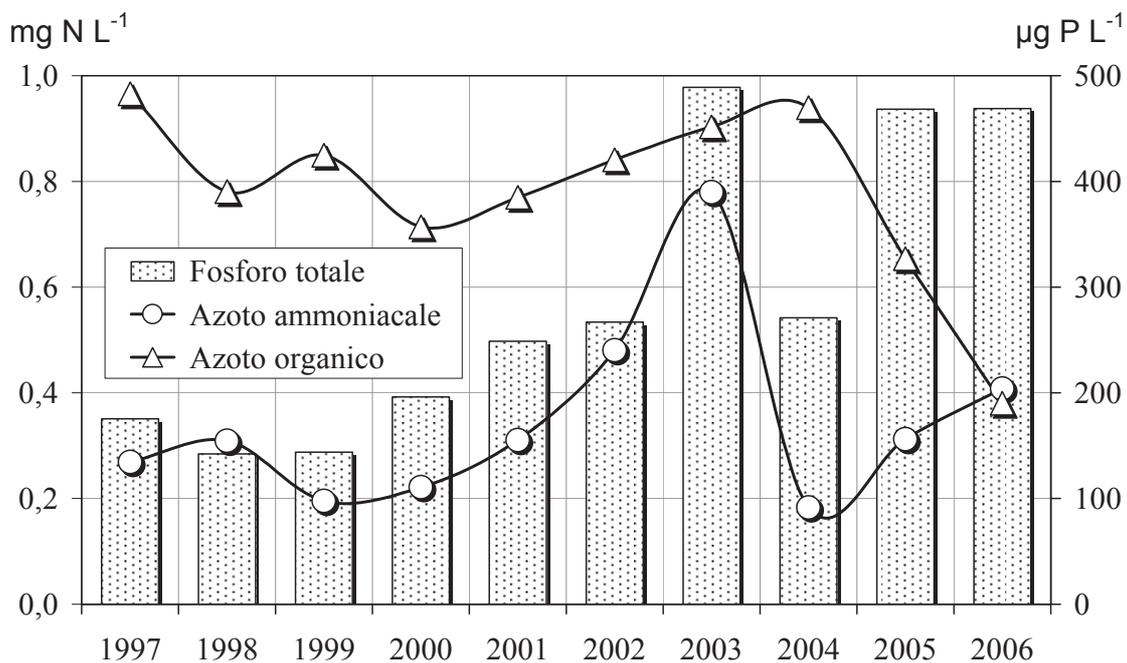


Fig. 2.3.1d. Concentrazioni medie annuali di fosforo totale e d'azoto ammoniacale ed organico misurate dal 1997 al 2006 alla foce del Fiume Bardello.

Una situazione di compromissione da media ad elevata è stata invece riscontrata per i restanti corsi d'acqua (Giona, Vevera, Tresa ed Erno), a causa della presenza nei bacini drenanti di scarichi non sufficientemente depurati. Le concentrazioni medie annuali di fosforo in questi corsi d'acqua sono superiori a 30 µg P l⁻¹, e raggiungono i 60-70 µg P

I^{-1} nei Torrenti Giona e Vevera (Fig. 2.3.1e). Le concentrazioni dei composti dell'azoto in questi corsi d'acqua sono comprese tra 0,01 e 0,11 mg N I^{-1} per l'azoto ammoniacale e 0,08 e 0,22 mg N I^{-1} per l'azoto organico, valori da ritenersi comunque accettabili ai fini del mantenimento di uno stato oligotrofo delle acque lacustri (Tab. 2.3.1).

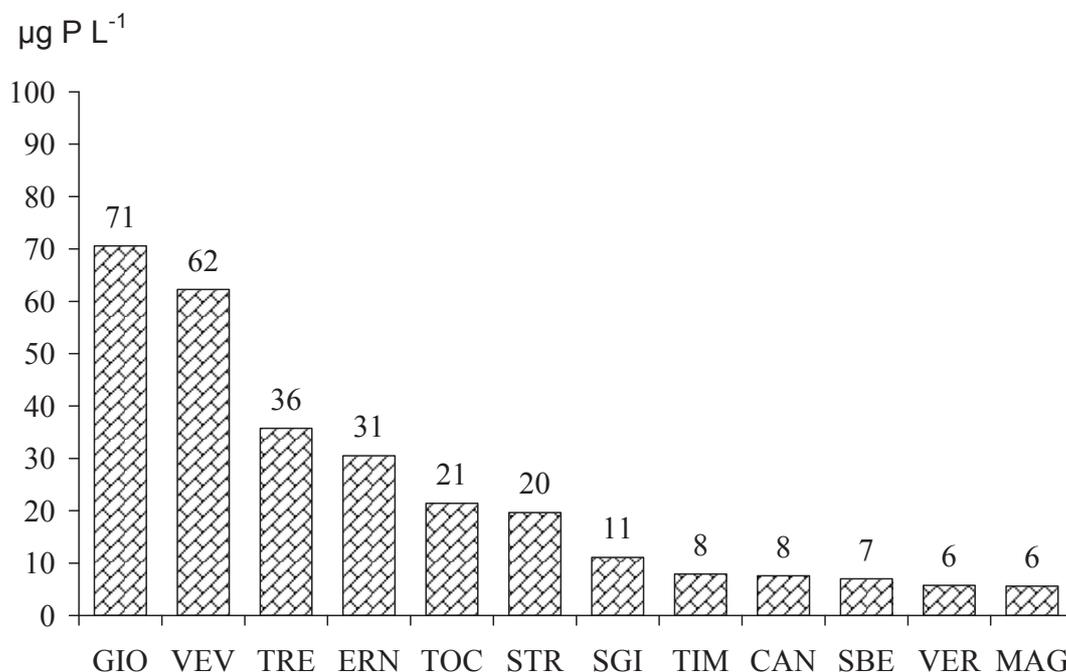


Fig. 2.3.1e. Concentrazioni medie annuali di fosforo totale misurate nel 2006 sui corsi d'acqua campionati ad esclusione di Boesio e Bardello.

In merito alle concentrazioni riscontrate nelle acque tributarie nel 2006 è da segnalare come, rispetto al 2005, si sia ripristinata una situazione di normalità per quanto riguarda le acque del Torrente S. Bernardino. Nel corso dei due campionamenti di Ottobre e Novembre 2005 si erano infatti misurate concentrazioni estremamente elevate di fosforo totale (771 e 93 $\mu\text{g P I}^{-1}$, rispettivamente), attribuite a qualche immissione improvvisa di sostanze fosforate nelle tombinature che recapitano le acque bianche urbane in prossimità del tratto terminale del torrente. Sulla base dei dati raccolti, tali eventi non sembrano essersi ripetuti nel 2006, in quanto le concentrazioni sono risultate inferiori a 10 $\mu\text{g P I}^{-1}$ in tutti i campionamenti, con l'eccezione di un valore di 18 $\mu\text{g P I}^{-1}$ a Novembre.

La distribuzione geografica della qualità delle acque tributarie in termini di apporti eutrofizzanti è illustrata nelle figure 2.3.1f, 2.3.1g e 2.3.1h, che mostrano rispettivamente le concentrazioni medie areali annuali di azoto ammoniacale, azoto organico e fosforo totale. Dall'analisi di tali dati emerge come le condizioni possano definirsi ottimali per l'areale ticinese ed accettabili per quello piemontese, mentre una condizione di evidente compromissione caratterizza la zona lombarda. Nel corso di tutto il periodo 1997-2006 infatti, le concentrazioni medie areali annuali hanno fatto registrare valori estremamente diversi nelle tre aree. I rapporti tra Canton Ticino, Piemonte e Lombardia sono risultati mediamente 1,0:4,1:10,8 per l'azoto ammoniacale (Fig. 2.3.1f); 1,0:1,3:3,4 per l'azoto organico (Fig. 2.3.1g); 1,0:3,0:10,8 per il fosforo totale (Fig. 2.3.1h).

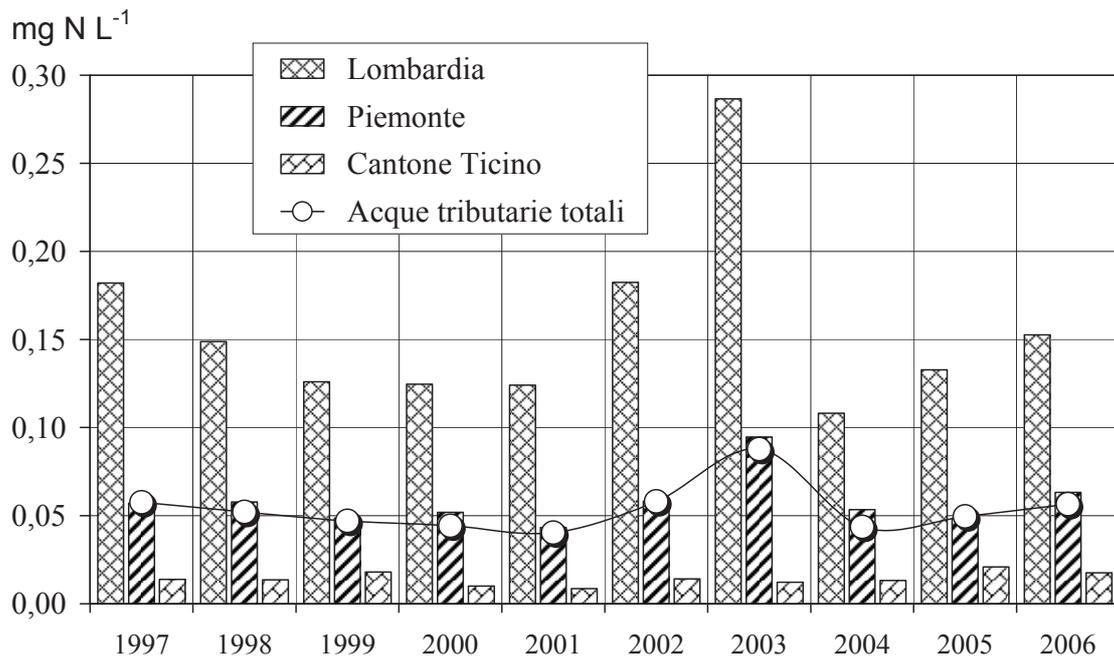


Fig. 2.3.1f. Lago Maggiore. Concentrazioni medie areali annuali di azoto ammoniacale nel decennio 1997-2006 nelle acque tributarie totali e in quelle campionate in Lombardia (compresi gli apporti derivanti dal Lago di Lugano attraverso il Tresa), Piemonte e Cantone Ticino.

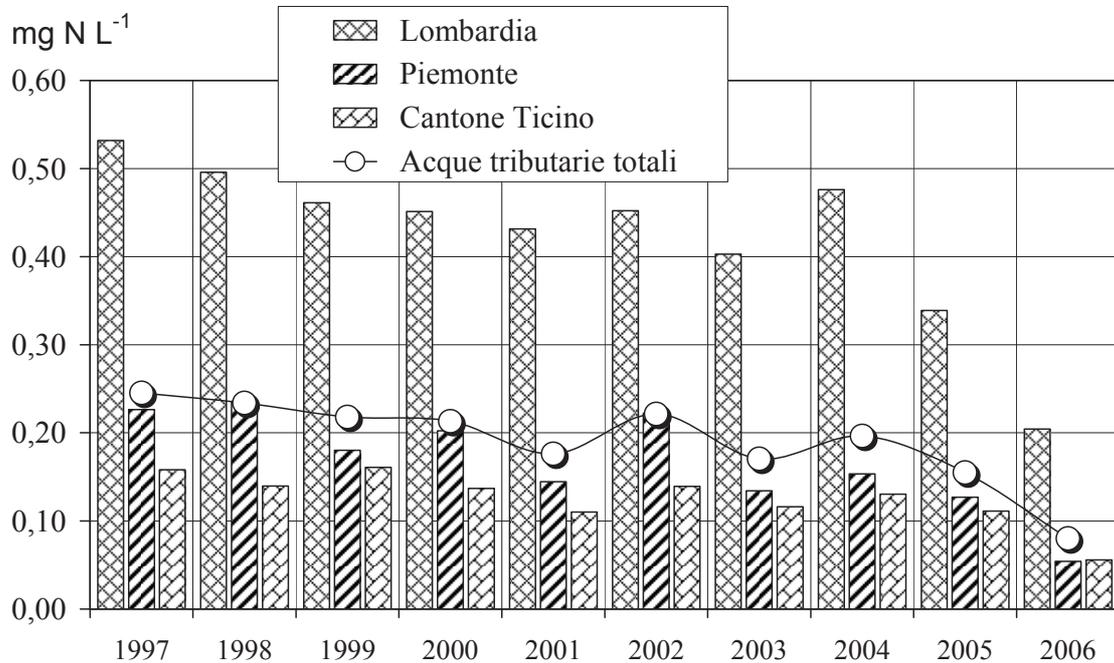


Fig. 2.3.1g. Lago Maggiore. Concentrazioni medie areali annuali di azoto organico nel decennio 1997-2006 nelle acque tributarie totali e in quelle campionate in Lombardia (compresi gli apporti derivanti dal Lago di Lugano attraverso il Tresa), Piemonte e Cantone Ticino.

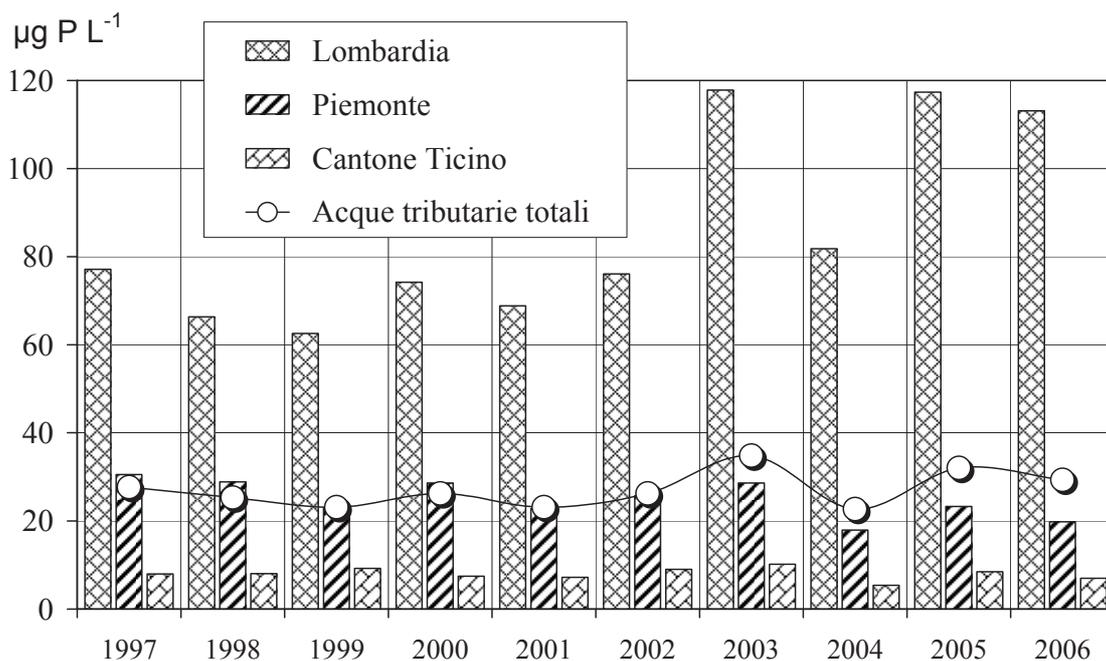


Fig. 2.3.1h. Lago Maggiore. Concentrazioni medie areali annuali di fosforo totale nel decennio 1997-2006 nelle acque tributarie totali e in quelle campionate in Lombardia (compresi gli apporti derivanti dal Lago di Lugano attraverso il Tresa), Piemonte e Cantone Ticino.

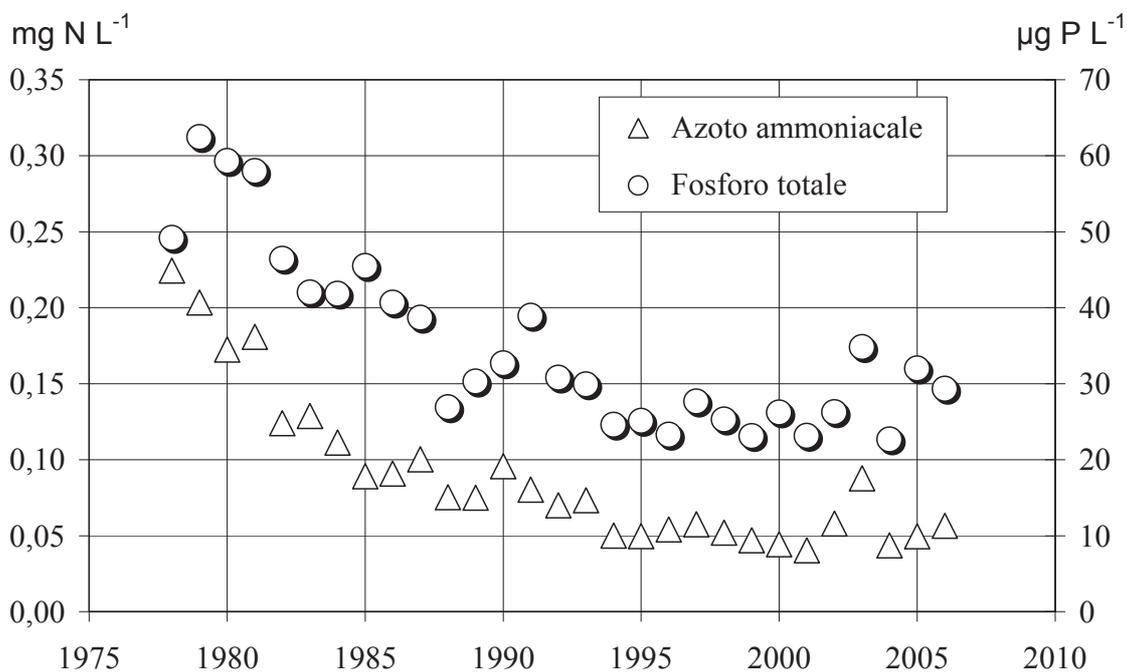


Fig. 2.3.1i. Lago Maggiore. Evoluzione delle concentrazioni medie annuali di fosforo totale e azoto ammoniacale negli afflussi totali al lago (valori ponderati dalle concentrazioni areali dei singoli tributari).

Le concentrazioni medie di fosforo totale e di azoto ammoniacale negli afflussi complessivi al lago dai tributari hanno presentato, nel 2006, valori analoghi a quelli dell'anno precedente (Fig. 2.3.1i). Dopo il massimo registrato nel 2003 (0,09 mg N l⁻¹),

gli afflussi medi annui di azoto ammoniacale si sono riportati su valori medi di 0,05 mg N l⁻¹, mentre quelli di fosforo totale sono risultati, nel biennio 2005-2006, simili o di poco inferiori al valore del 2003 (35 µg P l⁻¹) e comunque leggermente superiori alla media dell'ultimo decennio (Fig. 2.3.1i).

2.3.2. Carichi chimici

Gli apporti dei principali nutrienti algali dai tributari e in uscita dall'emissario sono stati misurati nel corso del 2006 con le stesse metodologie di calcolo già impiegate negli anni precedenti. Per il Ticino emissario e 11 corsi d'acqua drenanti complessivamente circa il 71% del bacino imbrifero (Ticino immissario, Cannobino, San Giovanni, San Bernardino, Toce alla chiusura del bacino della Val d'Ossola, Strona, Erno, Vevera, Bardello, Boesio, Tresa) i carichi sono stati calcolati dai valori di concentrazione e dai deflussi giornalieri. Le portate del Torrente Boesio, non essendo disponibili dati per il 2006 a causa del mancato funzionamento dello strumento di misura, sono state ricostruite sulla base della serie storica (1978-2005) e dei dati del Torrente Erno, che mostra un andamento stagionale simile a quello del Boesio.

Per i rimanenti 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. Come per gli anni passati, i carichi riportati nel presente rapporto potranno essere successivamente rivisti se venissero corrette le portate di alcuni tributari sulla base dei controlli delle sezioni di misura e della taratura delle curve di livello/portata.

Nella tabella 2.3.2a sono riportati i carichi di azoto ammoniacale, nitrico, organico e totale e di fosforo totale veicolati dai tributari ed in uscita dall'emissario nel biennio 2005-2006.

Tab. 2.3.2a. Lago Maggiore. Apporti annuali (t a⁻¹) di azoto e fosforo dai tributari campionati ed uscite attraverso l'emissario nel biennio 2005-2006 (totali arrotondati a tre cifre significative).

	N-NH ₄		N-NO ₃		N _{org}		TN		TP	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Ticino Immissario ^(a)	51	45	969	1178	140	41	1160	1263	10	10
Maggia ^(b)	18	22	762	795	98	38	878	855	7,0	6,9
Verzasca ^(b)	5,1	5,9	194	207	25	12	223	224	1,6	1,8
Cannobino ^(a)	8,5	9,5	187	181	34	16	229	206	2,3	2,1
San Giovanni ^(a)	0,3	0,2	33	31	5	1,7	38	33	0,4	0,2
San Bernardino ^(a)	1,4	1,7	109	174	13	12	123	188	2,5	0,7
Toce Ossola ^(a)	61	81	842	824	158	44	1061	948	23	23
Strona ^(a)	5,4	5,1	283	317	34	18	322	340	3,4	2,8
Erno ^(a)	0,8	0,2	23	32	3	1,6	27	34	0,6	0,5
Vevera ^(a)	0,3	0,7	13	14	1	1,1	15	16	0,2	0,3
Bardello ^(a)	24	15	147	85	52	17	222	117	34	19
Boesio ^(a)	7,8	12	76	128	15	18	99	158	9	15
Tresa ^(a)	31	53	350	567	98	101	479	721	12	19
Giona ^(b)	1,2	1,9	45	52	7	3	54	57	1,5	2,0
Totale campionati	215	252	4030	4584	681	324	4930	5160	108	102
Ticino emissario ^(a)	81	128	3590	3565	843	530	4500	4223	65	62

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

(b) Valori calcolati dalla regressione fra concentrazione e contributi areali.