

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.

Gli afflussi meteorici sull'intero bacino imbrifero sono passati da 991 mm nel 2005 a 1342 nel 2006, giustificando così un parziale aumento degli apporti. In realtà l'aumento è stato osservato limitatamente all'azoto totale e alla sua componente inorganica: i carichi complessivi veicolati dalle acque tributarie di azoto ammoniacale, nitrico e totale sono passati rispettivamente da 4030 a 4584 t N a⁻¹, da 215 a 252 t N a⁻¹ e da 4930 a 5160 t N a⁻¹, con aumenti percentuali corrispondenti del 14%, 17% e 5%. Gli apporti totali di azoto organico si sono invece pressoché dimezzati rispetto al 2005, passando da 681 a 324 t N a⁻¹ (-52%). Infine, gli apporti complessivi di fosforo nel 2006 (102 t P a⁻¹) sono stati solo di poco inferiori a quelli dell'anno precedente (108 t P a⁻¹).

I carichi in uscita dal Ticino emissario, per il quale il deflusso medio annuale è stato di 168,1 m³ s⁻¹, pressoché identico a quello del 2005 (162,9 m³ s⁻¹), sono risultati analoghi a quelli calcolati per il 2005. Il lieve calo nei carichi in uscita di azoto totale (da 4500 a 4223 t N a⁻¹) è imputabile totalmente alla diminuzione del carico di azoto organico (da 843 a 530 t N a⁻¹), in quanto le uscite di azoto ammoniacale e nitrico sono rimaste invariate (Tab. 2.3.2a).

Il bilancio annuale dell'azoto totale calcolato per il 2006 è riportato in tabella 2.3.2b, a confronto con gli stessi bilanci relativi al periodo 1997-2005. La somma degli apporti di azoto totale dai tributari campionati (5200 t N a⁻¹), dall'areale non campionato (446 t N a⁻¹), dalla popolazione rivierasca (700 t N a⁻¹) e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre (400 t N a⁻¹) nel 2006 è stata pari a 6700 t N a⁻¹, un valore pressoché identico a quello ottenuto per il 2005 e sensibilmente inferiore a quelli ottenuti negli anni dal 1997 al 2004. La ritenzione a lago, calcolata considerando il totale degli apporti e le uscite attraverso il Ticino emissario, è stata pari al 37% delle entrate (Tab. 2.3.2b).

Tab. 2.3.2b. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 1997-2006 di azoto totale (t N a⁻¹). I totali parziali e complessivi sono approssimati alle centinaia.

<i>Tributari campionati</i>	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
Ticino Immissario	1760	2088	2658	2704	2216	2359	1356	2205	1160	1263
Maggia	1010	1267	1203	1568	1143	1704	953	1429	878	855
Verzasca	217	300	293	435	291	449	230	362	223	224
Cannobino	107	134	134	138	117	137	229	202	229	206
San Giovanni	91	137	88	100	82	179	31	91	38	33
San Bernardino	203	273	257	416	278	359	186	405	123	188
Toce (Ossola + Strona)	1729	2212	2422	3692	1718	3070	1492	2621	1383	1288
Erno	48	64	50	86	45	80	48	56	27	34
Vevera	61	71	43	107	50	61	75	43	15	16
Bardello	333	291	250	281	240	322	332	256	222	117
Boesio	206	221	237	233	134	196	110	238	99	158
Tresa	1280	1344	1369	2141	1308	1904	697	920	479	721
Giona	66	82	78	112	75	111	64	100	54	57
<i>Tributari campionati</i>	7100	8500	9100	12000	7700	10900	5800	8900	4900	5200
Areale non campionato	609	728	780	1028	660	934	500	760	420	446
<i>Totale bacino emerso</i>	7700	9200	9900	13000	8400	11800	6300	9700	5300	5600
Fascia rivierasca	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Precipitazioni sul lago	400	600	600	800	700	840	400	500	500	400
<i>Totale apporti</i>	8800	10500	11200	14500	9800	13300	7400	10900	6500	6700
Uscite da emissario	6700	8200	9000	12900	8600	11800	4600	8000	4500	4200
Ritenzione in lago	24%	22%	20%	11%	12%	11%	38%	27%	31%	37%

I ridotti apporti di azoto nel 2006, così come nel 2005, sono da imputare principalmente alle scarse precipitazioni. La serie storica dei dati disponibile dimostra infatti una stretta correlazione tra queste due variabili, a conferma di come l'azoto derivi principalmente da sorgenti diffuse quali le deposizioni atmosferiche ed il dilavamento (Fig. 2.3.2a). Per quanto riguarda i contributi dai singoli tributari, gli apporti di maggior rilievo di azoto totale derivano dal Toce, comprensivo dello Strona (25,0%), dal Ticino immissario (24,5%), dal Maggia (16,6%), dal Tresa con Margorabbia (14,0%), mentre i corsi d'acqua rimanenti rappresentano circa il 20,0% (Fig. 2.3.2b).

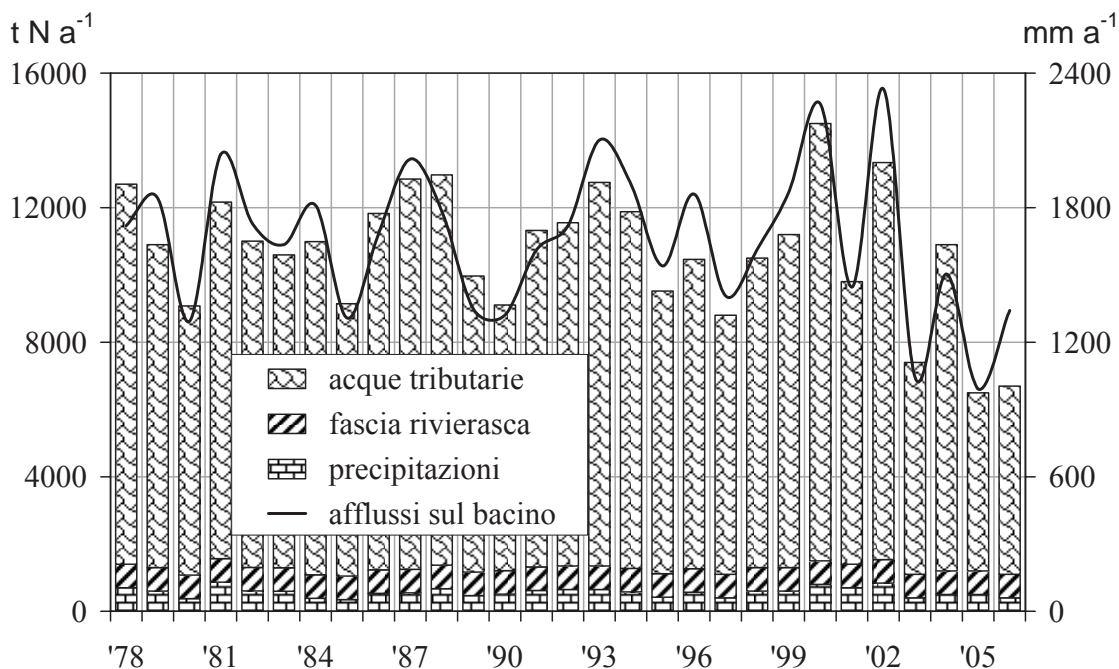


Fig. 2.3.2a. Lago Maggiore. Apporti annuali di azoto totale al lago dall'areale emerso, dalla zona rivierasca e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre, in relazione con gli afflussi meteorici annuali sul bacino imbrifero.

Gli apporti di fosforo totale dai diversi tributari calcolati per il 2006 non si sono discostati in maniera significativa da quelli del 2005 (Tab. 2.3.2a). La maggior parte dei corsi d'acqua ha presentato variazioni modeste; una diminuzione consistente è stata osservata invece per il Bardello (-15 t P a^{-1}), mentre sono aumentati i carichi veicolati da Boesio e Tresa ($+6$ e $+5 \text{ t P a}^{-1}$, rispettivamente). La riduzione negli apporti di fosforo totale dal Bardello è attribuibile alla riduzione nelle portate (da $2,50$ a $1,27 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ come valore medio annuo), in quanto le concentrazioni medie annuali, come già descritto nel precedente capitolo, si sono mantenute pressoché invariate rispetto al 2005 (Fig. 2.3.1d).

Gli apporti totali di fosforo al lago nel 2006, pari a 169 t P a^{-1} , hanno toccato il nuovo minimo dell'intero periodo di osservazione (1978-2006) (Tab. 2.3.2c e Fig. 2.3.2c). Le porzioni derivanti dai tributari campionati, dall'areale non campionato e dalla zona rivierasca sono state pari a 102 , 9 e 58 t P a^{-1} rispettivamente. I contributi più consistenti (Fig. 2.3.2b) sono quelli provenienti dall'intero bacino del Toce comprensivo dello Strona (25%). Questo risultato conferma la situazione esistente fino al 2004, mentre nel 2005 il contributo maggiore al carico totale di fosforo era stato quello del Bardello (31,8%); nel 2006 tale contributo è sceso al 18,4%, analogo a quello di Tresa e

Margorabbia (18,8). Rispetto al 2005 è aumentato significativamente il contributo dal Boesio (da 8 a 14,3%), mentre sono rimasti quasi invariati quelli di Ticino immissario (9,4%), Maggia (6,7%) e dei rimanenti tributari (7,4%; Fig. 2.3.2d).

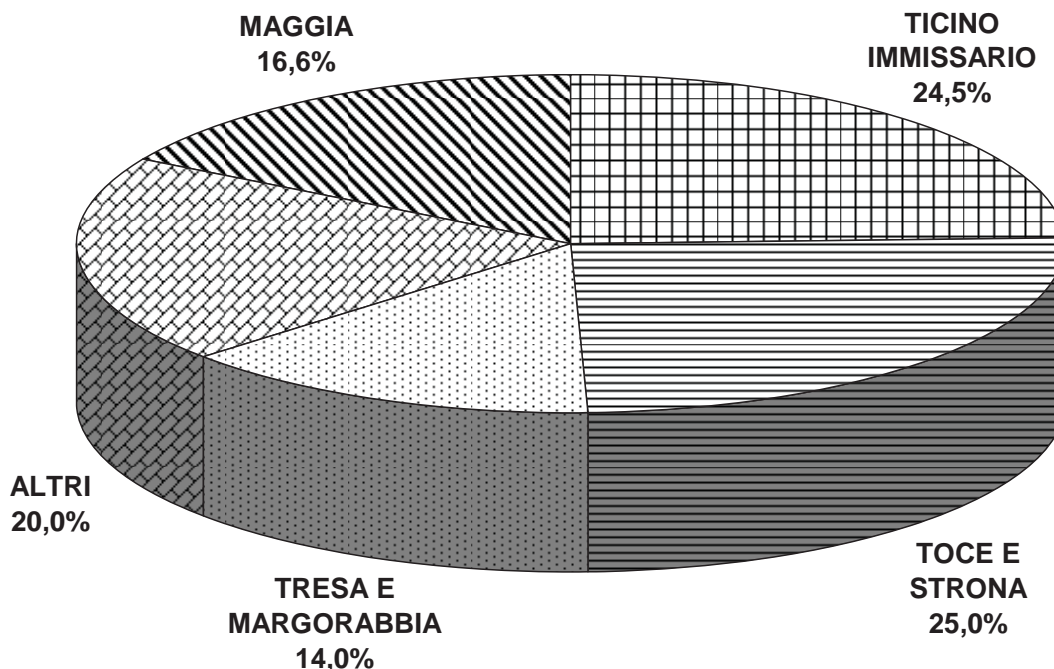


Fig. 2.3.2b. Lago Maggiore. Ripartizione degli apporti di azoto totale dai diversi tributari campionati. Valori percentuali relativi al 2006.

Tab. 2.3.2c. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 1997-2006 del fosforo totale ($t P a^{-1}$).

<i>Tributari campionati</i>	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
Ticino Immissario	20	21	30	22	27	22	19	12	10	10
Maggia	7	9	6	11	12	20	8	5	7	7
Verzasca	1	1,7	1,2	4	2,6	5,8	2,5	1,4	1,6	2
Cannobino	1	0,8	1,2	1	1,0	1,7	1,6	1,6	2,3	2
San Giovanni	1	0,9	0,7	1	0,9	3,1	0,6	0,6	0,4	0
San Bernardino	1	0,8	1,0	2	1,4	3,4	2,0	1,2	2,5	1
Toce (Ossola + Strona)	58	65	65	99	51	57	42	43	27	26
Erno	0	0,6	0,4	1	0,5	0,8	0,4	0,5	0,6	0
Vevera	1	1,2	0,6	1	0,7	0,8	1,4	0,4	0,2	0
Bardello	18	16	15	20	23	27	42	27	34	19
Boesio	12	12	13	9	6,3	7,8	6,0	14,9	9	15
Tresa	27	35	33	59	26	40	20	22	12	19
Giona	1	1,5	1,4	2	1,3	2,0	1,3	2,4	1,5	2
<i>Tributari campionati</i>	148	165	169	231	153	191	148	132	108	102
Areale non campionato	13	15	14	20	13	16	13	11	9	9
<i>Totale bacino emerso</i>	161	180	183	251	166	207	160	143	118	111
Fascia rivierasca	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Totale apporti	219	238	241	309	224	265	218	201	176	169
Uscite da emissario	93	93	109	171	114	115	84	116	65	62
Ritenzione in lago	57%	61%	55%	45%	49%	57%	61%	42%	63%	63%

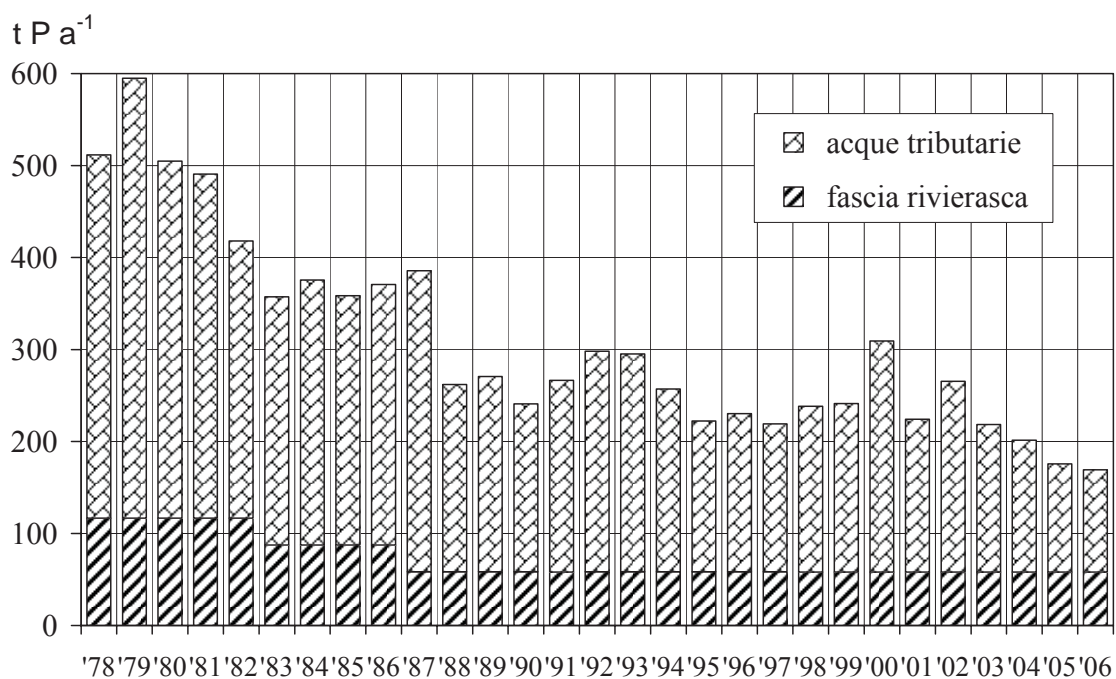


Fig. 2.3.2c. Lago Maggiore. Apporti annuali di fosforo totale al lago dall'areale emerso e dalla zona rivierasca.

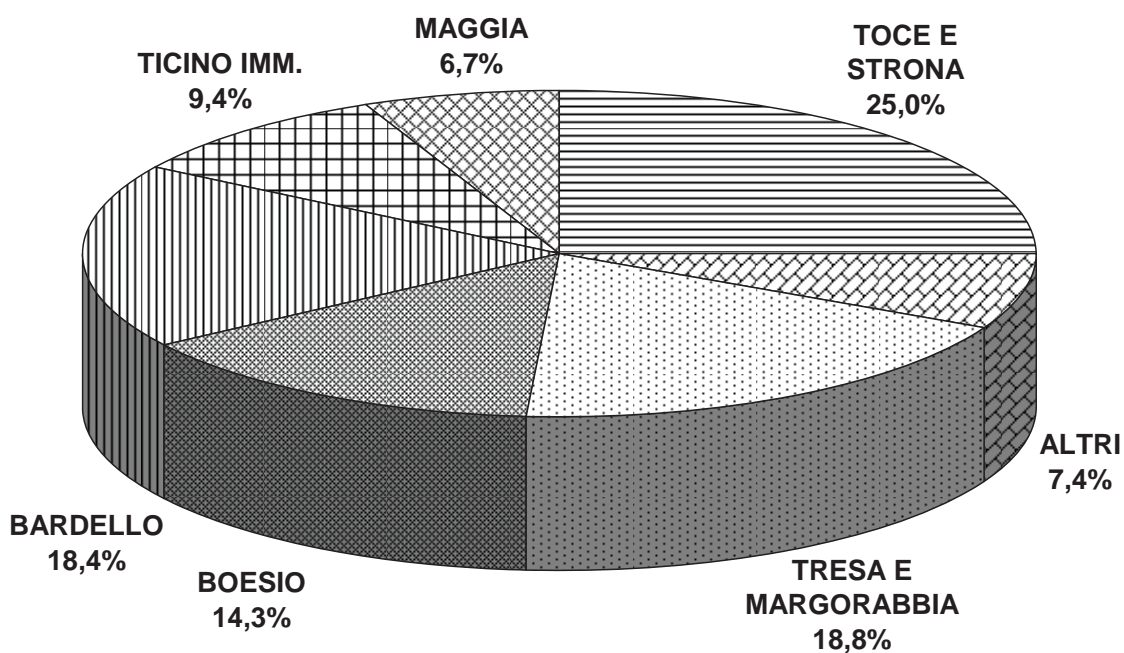


Fig. 2.3.2d. Lago Maggiore. Ripartizione degli apporti di fosforo totale dai tributari campionati. Valori percentuali relativi al 2006.

Anche considerando i carichi dei composti dell'azoto per unità di superficie drenata dalle acque tributarie (Tab. 2.3.2d), si può osservare come non si siano verificate

variazioni significative dal 2005 al 2006. Considerando i contributi totali da tutto l'areale campionato, si evidenzia una diminuzione per l'azoto organico (da 0,116 a 0,055 g N m⁻² a⁻¹), a fronte di un lieve incremento nei carichi di azoto nitrico (da 0,686 a 0,779 g N m⁻² a⁻¹) e ammoniacale (da 0,037 a 0,043 g N m⁻² a⁻¹). Per il fosforo totale il contributo medio per unità di superficie del 2006 (0,017 g P m⁻² a⁻¹) è rimasto praticamente invariato rispetto al 2005. Anche considerando i singoli corsi d'acqua non si sono riscontrate variazioni consistenti da un anno all'altro, ad eccezione di Boesio e Tresa, per i quali i carichi per unità di superficie hanno mostrato un incremento sia per quanto riguarda i composti dell'azoto che il fosforo totale (Tab. 2.3.2d e Fig. 2.3.2e). I contributi si sono invece dimezzati per il Torrente Bardello, passando da 1,65 a 0,87 g N m⁻² a⁻¹ e da 0,26 a 0,14 g P m⁻² a⁻¹, rispettivamente (Tab. 2.3.2d e Fig. 2.3.2f).

Tab. 2.3.2d. Lago Maggiore. Contributi areali annuali (g m⁻² a⁻¹) di azoto ammoniacale, nitrico, organico, totale e fosforo totale nel biennio 2005-2006 dai tributari campionati e dall'emissario.

		N-NH ₄		N-NO ₃		N _{org}		TN		TP	
		2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Ticino Immissario	TIM	0,031	0,028	0,600	0,729	0,086	0,025	0,717	0,781	0,006	0,006
Maggia	MAG	0,019	0,024	0,823	0,858	0,106	0,041	0,948	0,923	0,008	0,007
Verzasca	VER	0,021	0,025	0,818	0,872	0,105	0,049	0,944	0,946	0,007	0,007
Cannobino	CAN	0,077	0,086	1,689	1,640	0,304	0,144	2,070	1,870	0,021	0,019
San Giovanni	SGI	0,005	0,003	0,546	0,518	0,074	0,028	0,625	0,549	0,006	0,004
San Bernardino	SBE	0,011	0,013	0,833	1,327	0,097	0,094	0,941	1,434	0,019	0,006
Toce Ossola	TOC	0,040	0,052	0,544	0,533	0,102	0,028	0,686	0,613	0,015	0,015
Strona	STR	0,024	0,023	1,269	1,419	0,150	0,079	1,443	1,521	0,015	0,013
Erno	ERN	0,030	0,006	0,914	1,259	0,124	0,062	1,069	1,327	0,022	0,019
Vevera	VEV	0,014	0,033	0,625	0,672	0,056	0,054	0,695	0,758	0,008	0,015
Bardello	BAR	0,176	0,112	1,092	0,632	0,384	0,128	1,652	0,872	0,256	0,140
Boesio	BOE	0,173	0,266	1,676	2,817	0,334	0,398	2,183	3,481	0,192	0,323
Tresa	TRE	0,041	0,070	0,465	0,752	0,130	0,134	0,635	0,956	0,016	0,025
Giona	GIO	0,024	0,039	0,908	1,041	0,145	0,069	1,078	1,149	0,031	0,040
Totale campionati		0,037	0,043	0,686	0,779	0,116	0,055	0,838	0,877	0,018	0,017
Ticino emissario	TEM	0,012	0,019	0,544	0,540	0,128	0,080	0,682	0,640	0,010	0,009

Nonostante il calo nei contributi di fosforo e di azoto ammoniacale ed organico negli anni 2005-2006, i valori per il Torrente Boesio restano comunque elevati. Anche per quanto riguarda il Bardello, pur essendo notevolmente diminuiti nel 2006 i suoi contributi areali di fosforo ed azoto ammoniacale ed organico, lo stato qualitativo delle acque è ancora inaccettabile. È comunque da rilevare come i valori registrati nel 2006 rappresentino per quest'ultimo corso d'acqua il minimo assoluto in termini di contributi areali nell'ultimo decennio.

Assumendo come obiettivo un contributo areale massimo di fosforo pari a 0,02 g P m⁻² a⁻¹ e tenendo conto dei suoi andamenti medi nell'ultimo triennio (Fig. 2.3.2g), i corsi d'acqua Maggia, Verzasca, Ticino immissario e S. Giovanni presentano condizioni da buone a ottime. Anche il Torrente S. Bernardino, dopo i valori piuttosto elevati registrati nel 2005, è tornato nel 2006 a condizioni più che buone per quanto riguarda i contributi di fosforo totale. La stessa conclusione può essere tratta considerando gli andamenti dell'azoto ammoniacale (Fig. 2.3.2h) ed organico (Fig. 2.3.2i). Al contrario appare sensibilmente compromessa la situazione per Giona, Vevera e Tresa, che hanno

presentato inoltre un peggioramento delle condizioni rispetto al 2005 (Fig. 2.3.2g). Infine Toce, Ossola, Strona, Erno e Cannobino presentano un certo grado di alterazione, anche se di modesta entità e in genere discontinuo.

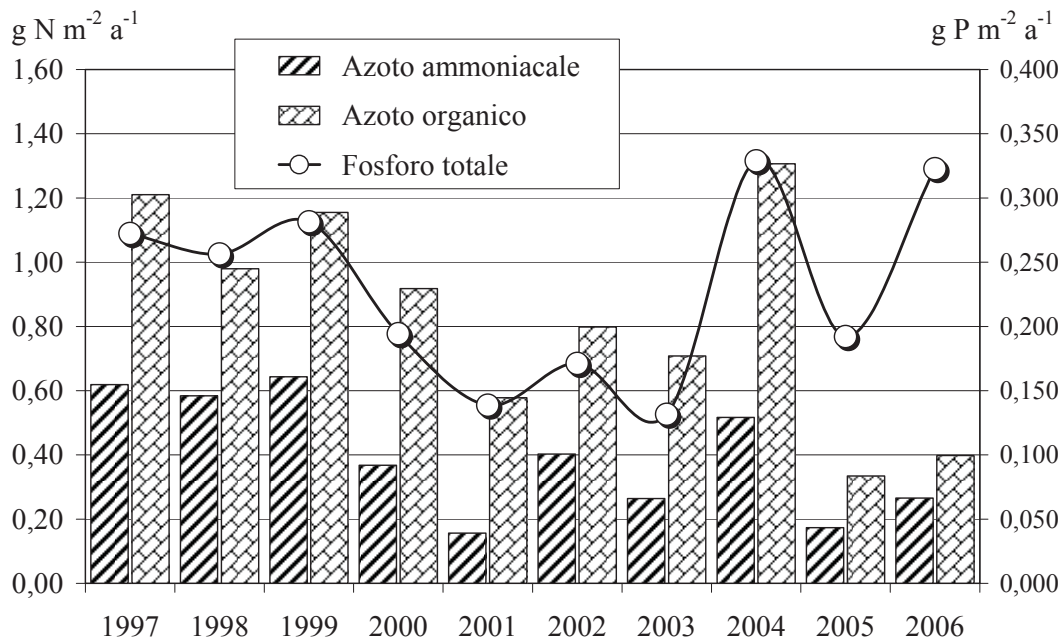


Fig. 2.3.2e. Lago Maggiore. Contributi areali annuali di fosforo totale, azoto ammoniacale e azoto organico dal Boesio dal 1997 al 2006.

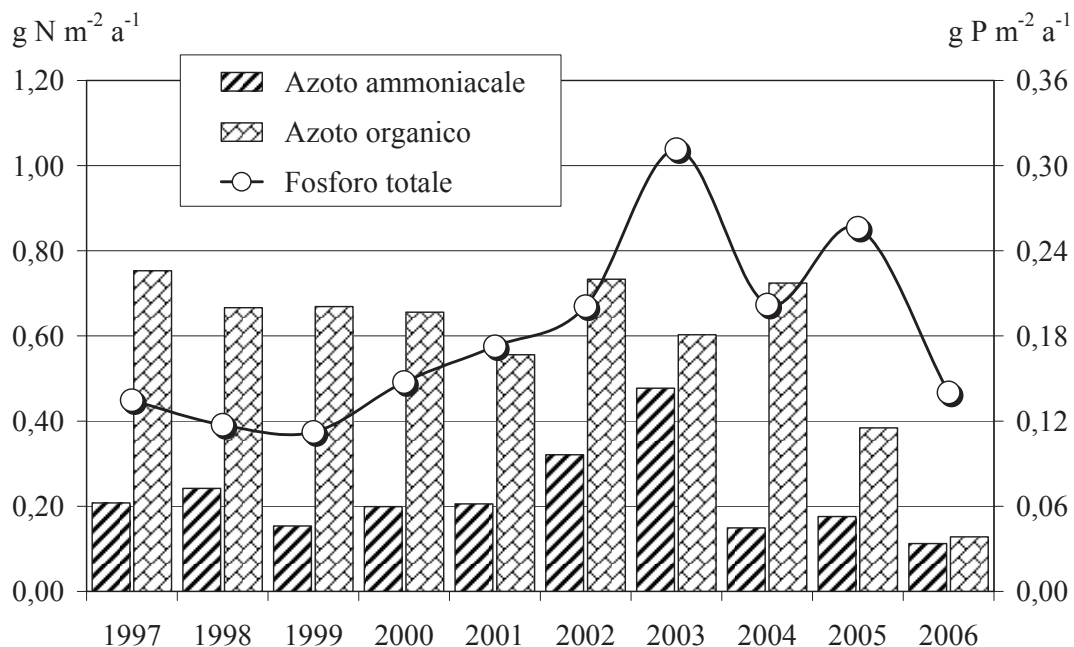


Fig. 2.3.2f. Lago Maggiore. Contributi areali annuali di fosforo totale, azoto ammoniacale e azoto organico dal Bardello dal 1997 al 2006.

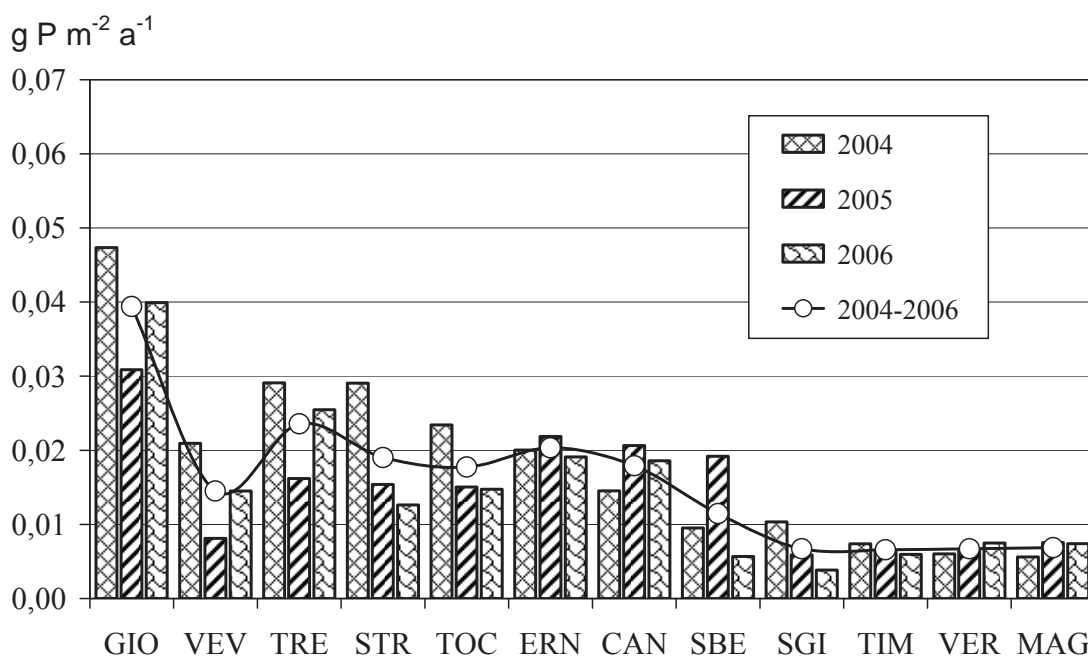


Fig. 2.3.2g. Lago Maggiore. Contributi areali di fosforo totale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2004-2006.

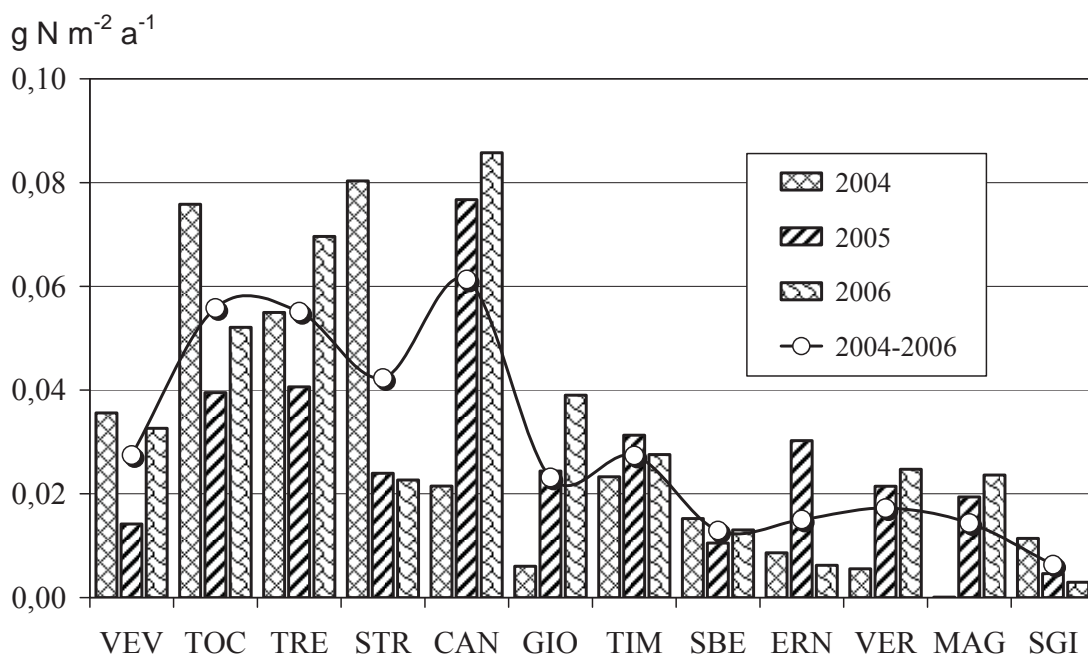


Fig. 2.3.2h. Lago Maggiore. Contributi areali di azoto ammoniacale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2004-2006.

A scala regionale si riconfermano i risultati riscontrati nell'ultimo decennio: le acque tributarie ticinesi presentano una condizione ottima, quelle piemontesi moderatamente accettabile, mentre le acque lombarde, nel 2006 e più in generale nell'ultimo triennio, continuano a destare preoccupazione a causa soprattutto dei contributi di fosforo totale e

di azoto ammoniacale (Tab. 2.3.2e). Mentre per l'azoto organico, ed in misura minore per il fosforo totale, i contributi dalle acque lombarde sembrano presentare una tendenza alla diminuzione, per l'azoto ammoniacale i valori si mantengono invece costanti ed elevati, a causa soprattutto dell'aumento riscontrato per il Torrente Boesio.

Nel complesso i carichi areali di fosforo veicolati dalle acque tributarie nell'ultimo triennio (rispettivamente 0,022, 0,018 e 0,017 g P m⁻² a⁻¹) possono essere considerati compatibili con il mantenimento di uno stato oligotrofo delle acque lacustri. Nonostante ciò i contributi da parte dei singoli tributari e la loro evoluzione temporale devono essere tenuti in debita considerazione ai fini della valutazione degli effetti sulla fascia rivierasca.

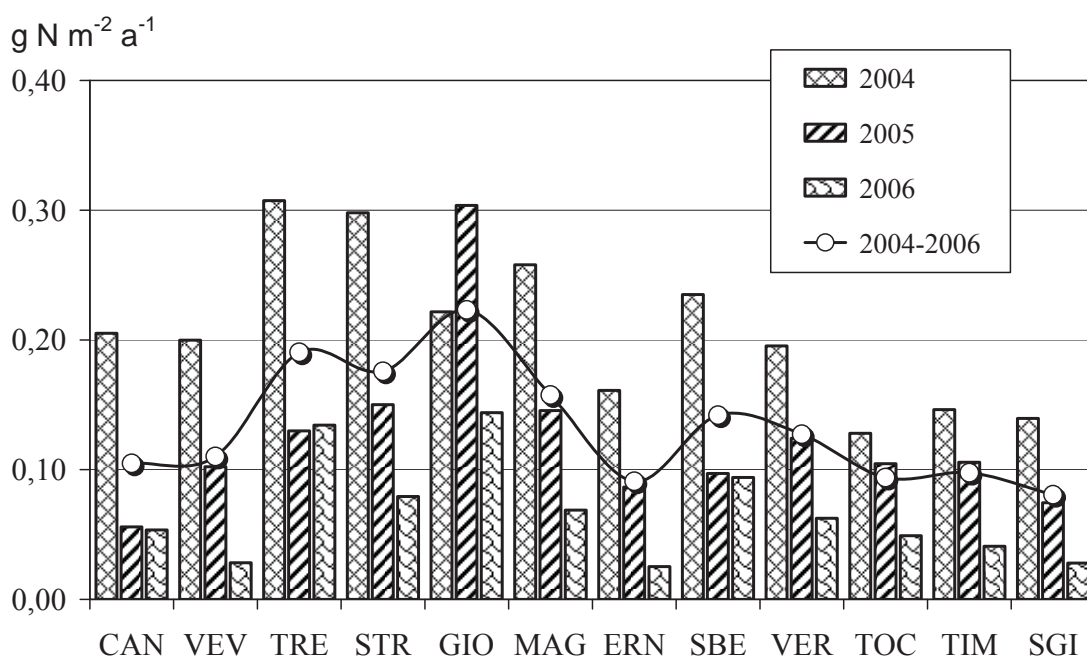


Fig. 2.3.2i. Lago Maggiore. Contributi areali di azoto organico, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Tresa e Boesio) nel triennio 2004–2006.

Tab. 2.3.2e. Contributi areali di fosforo totale (g P m⁻² a⁻¹) ed azoto ammoniacale (g N m⁻² a⁻¹) e organico (g N m⁻² a⁻¹) derivanti dalle acque tributarie ticinesi, piemontesi, lombarde e totali nel triennio 2004-2006.

	2004			2005			2006		
	<i>TP</i>	<i>NH₄</i>	<i>Norg</i>	<i>TP</i>	<i>NH₄</i>	<i>Norg</i>	<i>TP</i>	<i>NH₄</i>	<i>Norg</i>
Cantone Ticino	0,007	0,014	0,153	0,007	0,027	0,094	0,007	0,026	0,032
Piemonte	0,022	0,067	0,212	0,015	0,037	0,116	0,014	0,046	0,044
Lombardia	0,067	0,087	0,408	0,058	0,064	0,175	0,056	0,083	0,142
Acque tributarie	0,022	0,045	0,217	0,018	0,037	0,116	0,017	0,043	0,055