

2.3.2. Carichi chimici

Gli apporti relativi al 2005 dei principali nutrienti algali dai tributari e in uscita dall'emissario sono stati misurati utilizzando le 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. Per i rimanenti tributari (Maggia, Verzasca e Giona), che coprono un ulteriore 18% del bacino imbrifero, gli apporti sono stati stimati dalla regressione lineare tra i contributi areali e le concentrazioni medie annuali. Come per gli anni passati, i carichi calcolati 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 nonché di fosforo totale veicolati dai tributari ed in uscita dall'emissario nell'ultimo biennio. In conseguenza del forte calo degli afflussi meteorici sull'intero bacino imbrifero, che sono passati da 1504 mm del 2004 a 991 mm del 2005 (-34,1%), la diminuzione degli apporti al lago ha riguardato tutte le variabili oggetto di indagine seppure con quantità diverse. In effetti i carichi complessivi dalle acque tributarie di azoto nitrico, organico e totale si sono ridotti rispettivamente del 45,5% (da 7390 a 4030 t N a⁻¹), del 46,8% (da 1280 a 681 t N a⁻¹) e del 44,8% (da 8930 a 4930 t N a⁻¹).

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 2004-2005 (totali arrotondati a tre cifre significative).

	N-NH ₄		N-NO ₃		N _{org}		TN		TP	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Ticino Immissario ^(a)	38	51	1907	969	260	140	2205	1160	12	10
Maggia ^(b)	0,1	18	1294	762	135	98	1429	878	5,2	7,0
Verzasca ^(b)	1,3	5,1	331	194	30	25	362	223	1,4	1,6
Cannobino ^(a)	2,4	8,5	175	187	24	34	202	229	1,6	2,3
San Giovanni ^(a)	0,7	0,3	82	33	8	5	91	38	0,6	0,4
San Bernardino ^(a)	2,0	1,4	372	109	31	13	405	123	1,2	2,5
Toce Ossola ^(a)	117	61	1663	842	309	158	2089	1061	36	23
Strona ^(a)	18	5,4	447	283	67	34	532	322	6,5	3,4
Erno ^(a)	0,2	0,8	51	23	5	3	56	27	0,5	0,6
Vevera ^(a)	0,8	0,3	38	13	4	1	43	15	0,4	0,2
Bardello ^(a)	20	24	139	147	97	52	256	222	27	34
Boesio ^(a)	23	7,8	155	76	59	15	238	99	15	9
Tresa ^(a)	41	31	647	350	232	98	920	479	22	12
Giona ^(b)	0,3	1,2	87	45	13	7	100	54	2,4	1,5
Totale campionati	266	215	7390	4030	1280	681	8930	4930	132	108
Ticino emissario ^(a)	127	81	6363	3590	1486	843	8000	4500	116	65

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

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

Una diminuzione meno consistente ha invece riguardato le due variabili più direttamente dipendenti da scarichi di origine civile quali l'azoto ammoniacale e il fosforo totale. I loro apporti annuali sono infatti rispettivamente calati del 19,2% (da

266 a 215 t N a⁻¹) e del 18,2% (da 132 a 108 t P a⁻¹). Anche i carichi in uscita dal Ticino emissario, per il quale si è riscontrato un deflusso medio annuale di 162,9 m³ s⁻¹ contro i 270,7 m³ s⁻¹ del 2004, sono risultati nettamente più bassi, sia per l'azoto totale (4500 contro 8000 t N a⁻¹) che per il fosforo totale (65 contro 116 t P a⁻¹).

Gli apporti di azoto totale dai tributari campionati (4900 t N a⁻¹), dall'areale non campionato (420 t N a⁻¹), dalla popolazione rivierasca (700 t N a⁻¹) e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre (500 t N a⁻¹) ammontano complessivamente nel 2005 a 6500 t N a⁻¹, con una ritenzione in lago calcolata in base al carico in uscita dall'emissario di circa il 31% (Tab. 2.3.2b). Il confronto con i dati storici mostra come nell'anno in studio si sia toccato il minimo assoluto degli apporti annuali di azoto totale, che coincide anche con il minimo di afflussi meteorici sul bacino imbrifero (Fig. 2.3.2a). Questo fatto conferma ulteriormente la stretta dipendenza tra queste due variabili ed indica la larga prevalenza dell'origine dell'azoto da sorgenti diffuse quali le deposizioni atmosferiche e il dilavamento superficiale. I contributi di azoto totale di maggior rilievo derivano dal Toce, comprensivo dello Strona (28,1%), dal Ticino immissario (23,5%), dal Maggia (17,8%), dal Tresa con Margorabbia (9,7%), mentre i corsi d'acqua rimanenti rappresentano il 20,9%. (Fig. 2.3.2b).

Tab. 2.3.2b. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 1996-2005 di azoto totale (t N a⁻¹). I totali parziali e complessivi sono approssimati alle centinaia.

<i>Tributari campionati</i>	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05
Ticino Immissario	1809	1760	2088	2658	2704	2216	2359	1356	2205	1160
Maggia	1377	1010	1267	1203	1568	1143	1704	953	1429	878
Verzasca	356	217	300	293	435	291	449	230	362	223
Cannobino	129	107	134	134	138	117	137	229	202	229
San Giovanni	133	91	137	88	100	82	179	31	91	38
San Bernardino	315	203	273	257	416	278	359	186	405	123
Toce (Ossola + Strona)	2276	1729	2212	2422	3692	1718	3070	1492	2621	1383
Erno	70	48	64	50	86	45	80	48	56	27
Vevera	69	61	71	43	107	50	61	75	43	15
Bardello	371	333	291	250	281	240	322	332	256	222
Boesio	218	206	221	237	233	134	196	110	238	99
Tresa	1328	1280	1344	1369	2141	1308	1904	697	920	479
Giona	89	66	82	78	112	75	111	64	100	54
<i>Tributari campionati</i>	8500	7100	8500	9100	12000	7700	10900	5800	8900	4900
Areale non campionato	732	609	728	780	1028	660	934	500	760	420
<i>Totale bacino emerso</i>	9200	7700	9200	9900	13000	8400	11800	6300	9700	5300
Fascia rivierasca	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Precipitazioni sul lago	570	400	600	600	800	700	840	400	500	500
<i>Totale apporti</i>	10500	8800	10500	11200	14500	9800	13300	7400	10900	6500
Uscite da emissario	7800	6700	8200	9000	12900	8600	11800	4600	8000	4500
Ritenzione in lago	26%	24%	22%	20%	11%	12%	11%	38%	27%	31%

Anche nel caso del fosforo totale si è accertata una consistente diminuzione degli apporti complessivi dai tributari (Tab. 2.3.2a). Rispetto all'anno precedente, essa è risultata pari a 24 t P a⁻¹ ed ha riguardato soprattutto Toce (-13 t), Tresa (-10 t), Boesio (-6 t), Strona (-3 t) e Ticino immissario (-2 t), mentre i carichi dagli altri corsi d'acqua sono rimasti invariati o hanno presentato variazioni modeste. Fa però eccezione il

Bardello, i cui apporti sono invece cresciuti da 27 a 34 t P a⁻¹, con un incremento di circa il 26% legato al forte aumento delle concentrazioni medie annuali già descritto nel precedente capitolo (da 271 a 468 µg P l⁻¹).

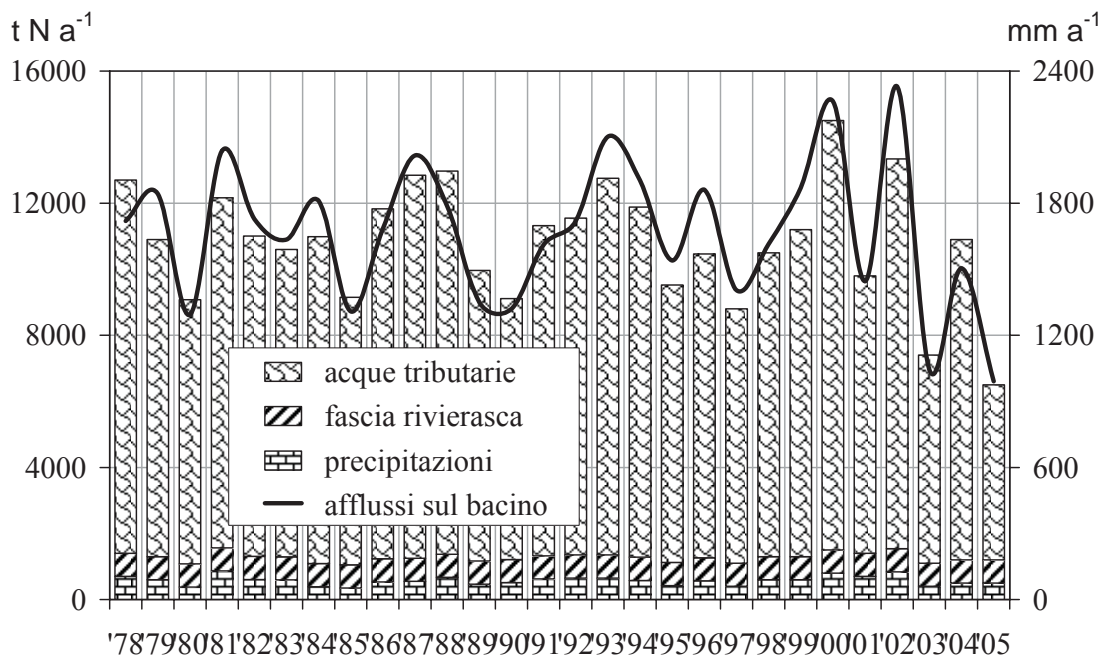


Fig. 2.3.2a. Lago Maggiore. Apporti annuali d'azoto totale al lago dall'areale emerso, dalla zona rivierasca e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre, in relazione con gli afflussi meteorici annuali sul bacino imbrifero.

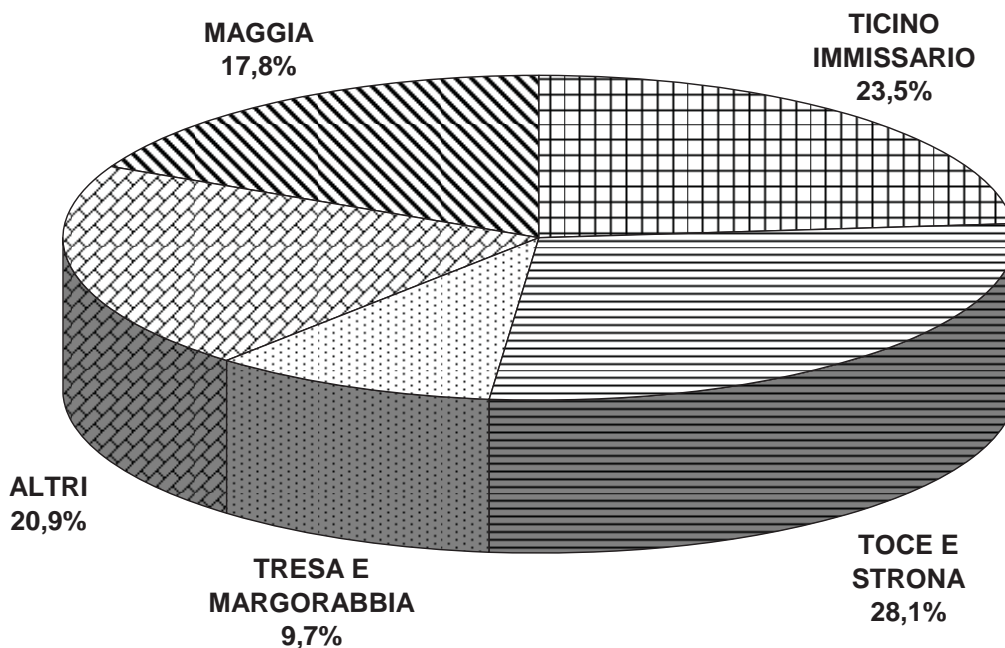


Fig. 2.3.2b. Lago Maggiore. Ripartizione degli apporti di azoto totale dai diversi tributari campionati. Valori percentuali relativi al 2005.

Come per l'azoto, gli apporti di fosforo al lago nel 2005 hanno toccato il nuovo minimo dell'intero periodo di osservazione (1978-2005): essi sono risultati pari a 176 t P a^{-1} (Tab. 2.3.2c e Fig. 2.3.2c) e derivano dai tributari campionati (108 t P a^{-1}), dall'areale non campionato (9 t P a^{-1}) e dalla zona rivierasca (58 t P a^{-1}). I carichi fluviali più consistenti (Fig. 2.3.2b), che fino al 2004 provenivano principalmente dall'intero bacino del Toce comprensivo dello Strona, nell'anno in studio riguardano il Bardello (31,8%). Risultano invece più bassi i contributi percentuali di Toce (24,6%), Tresa e Margorabbia (11,3%), Ticino immissario (9,5%), Boesio (8,0%), Maggia (4,0%) mentre i rimanenti tributari hanno contribuito al carico globale per l'8,3% (Fig. 2.3.2d).

Queste differenze tra il 2005 e il 2004 risultano ancor più accentuate se si considerano i carichi dei composti dell'azoto per unità di superficie drenata dalle acque tributarie (Tab. 2.3.2d); in effetti diminuiscono fortemente i contributi annuali di azoto nitrico (da $1,26$ a $0,69 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), organico (da $0,22$ a $0,12 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) e totale (da $1,52$ a $0,84 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), mentre il calo è più leggero per l'azoto ammoniacale (da $0,045$ a $0,037 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$). Anche il contributo fluviale complessivo di fosforo totale ha mostrato una riduzione significativa (da $0,022$ a $0,018 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), che ha riguardato Vevera (da $0,021$ a $0,008 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), Strona (da $0,029$ a $0,015 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), Tresa (da $0,029$ a $0,016 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) e Toce (da $0,023$ a $0,015 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$).

Persino il Boesio ha mostrato un notevole calo dei suoi contributi di fosforo (da $0,329$ a $0,192 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) e di azoto ammoniacale ed organico (Tab. 2.3.2d e Fig. 2.3.2e), ma i valori restano tuttora alti ed inaccettabili. Al contrario, il Bardello, dopo il calo dei suoi contributi areali di fosforo ed azoto ammoniacale evidenziato nel 2004, ha mostrato un aumento consistente dei primi (da $0,20$ a $0,26 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) e meno pronunciato dei secondi (da $0,15$ a $0,18 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), mentre i contributi di azoto organico sono calati da $0,72$ a $0,38 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (Tab. 2.3.2d e Fig. 2.3.2f). Lo stato di questi due tributari rimane comunque pesantemente alterato, tanto che i rispettivi contributi areali di fosforo risultano da 13 a 9 volte più alti di quelli dei corsi d'acqua in condizioni appena accettabili.

Assumendo come obiettivo un contributo areale massimo di fosforo pari a $0,02 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ e tenendo conto dei suoi andamenti medi nell'ultimo triennio (Fig. 2.3.2g), nonché di quelli di azoto ammoniacale (Fig. 2.3.2h) ed organico (Fig. 2.3.2i), appaiono in condizioni decisamente buone Maggia, Verzasca e Ticino immissario. Viceversa, Tresa, Giona e Vevera risultano ancora sensibilmente compromessi, mentre Toce Ossola, Strona, Erno, San Giovanni, San Bernardino e Cannobino presentano alterazioni sensibili, anche se spesso saltuarie e modeste.

Su scala regionale si riconfermano le conclusioni già documentate nell'ultimo decennio: a fronte di una situazione ottimale delle acque ticinesi e moderatamente accettabile di quelle piemontesi, i contributi medi areali dalle acque tributarie lombarde continuano anche nel 2005 e nell'ultimo triennio (Tab. 2.3.2e) e destare preoccupazione soprattutto per i valori elevati di fosforo totale e di azoto ammoniacale, che tuttavia sembrano presentare una tendenza alla diminuzione che potrà essere meglio confermata soltanto negli anni successivi. Infine va segnalato come i carichi areali di fosforo veicolati complessivamente dalle acque tributarie nell'ultimo triennio (rispettivamente $0,025 - 0,022 - 0,018 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) sono compatibili con il mantenimento di uno stato oligotrofo delle acque lacustri, anche se gli effetti nella fascia rivierasca dipendono comunque dai contributi dei singoli tributari.

Tab. 2.3.2c. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 1996-2005 del fosforo totale (t P a⁻¹).

<i>Tributari campionati</i>	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05
Ticino Immissario	20	20	21	30	22	27	22	19	12	10
Maggia	15	7	9	6	11	12	20	8	5	7
Verzasca	3	1	1,7	1,2	4	2,6	5,8	2,5	1,4	1,6
Cannobino	1	1	0,8	1,2	1	1,0	1,7	1,6	1,6	2,3
San Giovanni	1	1	0,9	0,7	1	0,9	3,1	0,6	0,6	0,4
San Bernardino	2	1	0,8	1,0	2	1,4	3,4	2,0	1,2	2,5
Toce (Ossola + Strona)	44	58	65	65	99	51	57	42	43	27
Erno	1	0	0,6	0,4	1	0,5	0,8	0,4	0,5	0,6
Vevera	1	1	1,2	0,6	1	0,7	0,8	1,4	0,4	0,2
Bardello	19	18	16	15	20	23	27	42	27	34
Boesio	11	12	12	13	9	6,3	7,8	6,0	14,9	9
Tresa	39	27	35	33	59	26	40	20	22	12
Giona	2	1	1,5	1,4	2	1,3	2,0	1,3	2,4	1,5
<i>Tributari campionati</i>	158	148	165	169	231	153	191	148	132	108
Areale non campionato	14	13	15	14	20	13	16	13	11	9
<i>Totale bacino emerso</i>	172	161	180	183	251	166	207	160	143	118
Fascia rivierasca	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Totale apporti	230	219	238	241	309	224	265	218	201	176
Uscite da emissario	99	93	93	109	171	114	115	84	116	65
Ritenzione in lago	57%	57%	61%	55%	45%	49%	57%	61%	42%	63%

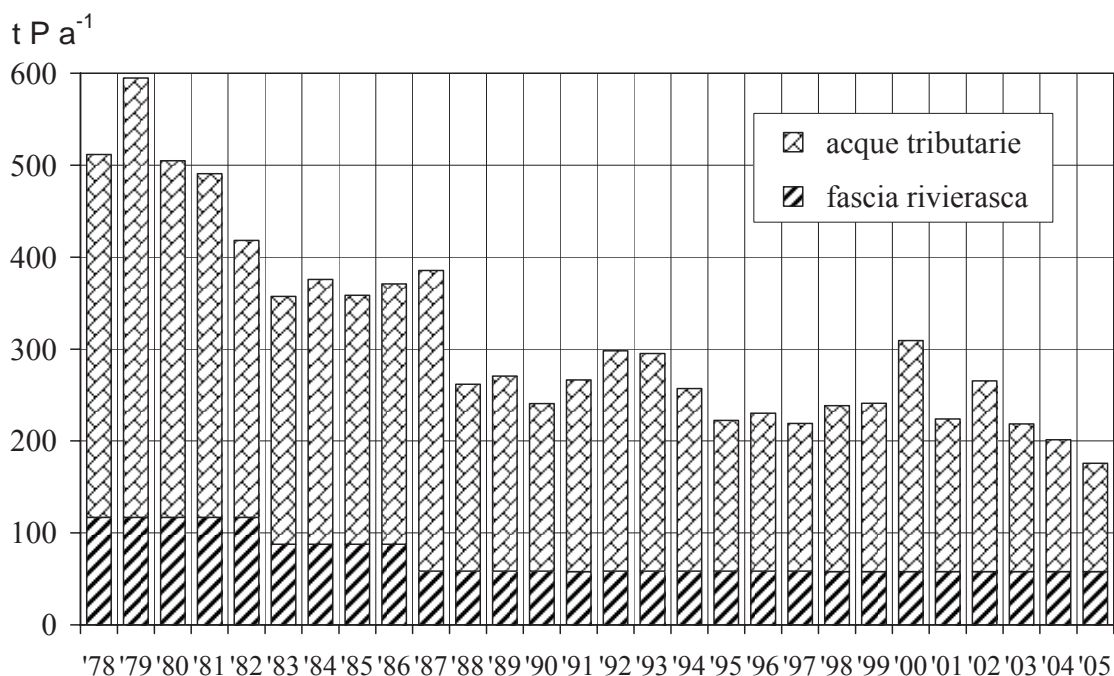


Fig. 2.3.2c. Lago Maggiore. Apporti annuali di fosforo totale al lago dall'areale emerso e dalla zona rivierasca.

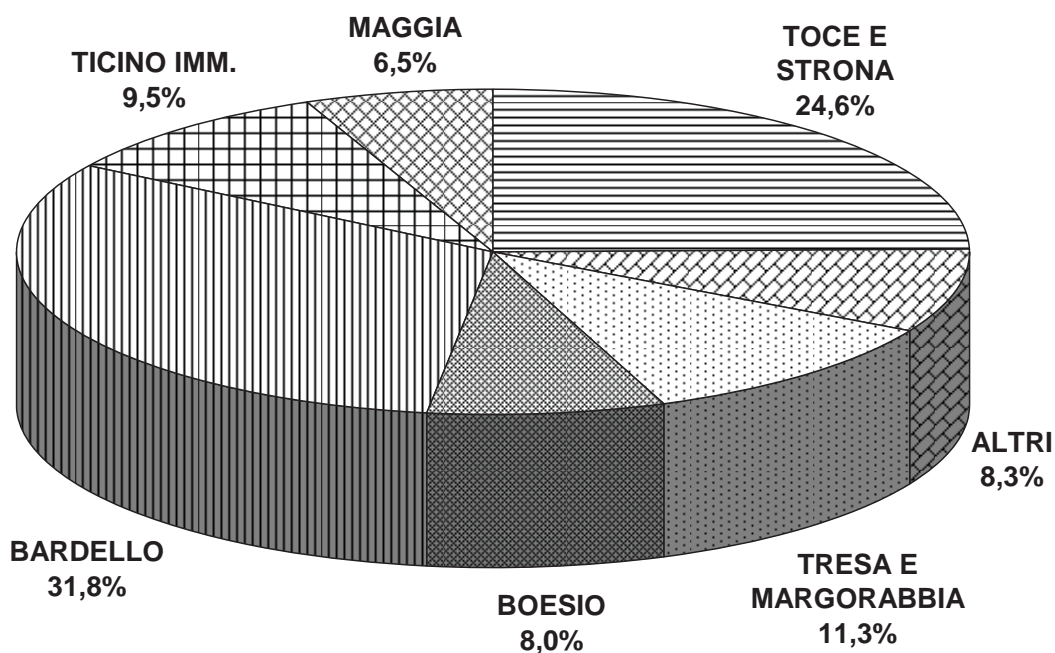


Fig. 2.3.2d. Lago Maggiore. Ripartizione degli apporti di fosforo totale dai tributari campionati. Valori percentuali relativi al 2005.

Tab. 2.3.2d. Lago Maggiore. Contributi areali annuali ($\text{g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) di azoto ammoniacale, nitrico, organico, totale e fosforo totale nel biennio 2004-2005 dai tributari campionati e dall'emissario.

		N-NH ₄		N-NO ₃		N _{org}		TN		TP	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Ticino Immissario	TIM	0,023	0,031	1,180	0,600	0,161	0,086	1,364	0,717	0,007	0,006
Maggia	MAG	0,000	0,019	1,397	0,823	0,146	0,106	1,544	0,948	0,006	0,008
Verzasca	VER	0,006	0,021	1,396	0,818	0,128	0,105	1,530	0,944	0,006	0,007
Cannobino	CAN	0,021	0,077	1,589	1,689	0,222	0,304	1,832	2,070	0,015	0,021
San Giovanni	SGI	0,011	0,005	1,347	0,546	0,139	0,074	1,498	0,625	0,010	0,006
San Bernardino	SBE	0,015	0,011	2,842	0,833	0,235	0,097	3,092	0,941	0,010	0,019
Toce Ossola	TOC	0,076	0,040	1,075	0,544	0,200	0,102	1,351	0,686	0,023	0,015
Strona	STR	0,080	0,024	2,004	1,269	0,298	0,150	2,382	1,443	0,029	0,015
Erno	ERN	0,009	0,030	1,999	0,914	0,195	0,124	2,203	1,069	0,020	0,022
Vevera	VEV	0,036	0,014	1,777	0,625	0,205	0,056	2,018	0,695	0,021	0,008
Bardello	BAR	0,149	0,176	1,035	1,092	0,724	0,384	1,908	1,652	0,202	0,256
Boesio	BOE	0,516	0,173	3,419	1,676	1,306	0,334	5,242	2,183	0,329	0,192
Tresa	TRE	0,055	0,041	0,858	0,465	0,307	0,130	1,220	0,635	0,029	0,016
Giona	GIO	0,006	0,024	1,742	0,908	0,258	0,145	2,006	1,078	0,047	0,031
Totale campionati		0,045	0,037	1,256	0,686	0,217	0,116	1,518	0,838	0,022	0,018
Ticino emissario	TEM	0,019	0,012	0,964	0,544	0,225	0,128	1,209	0,682	0,018	0,010

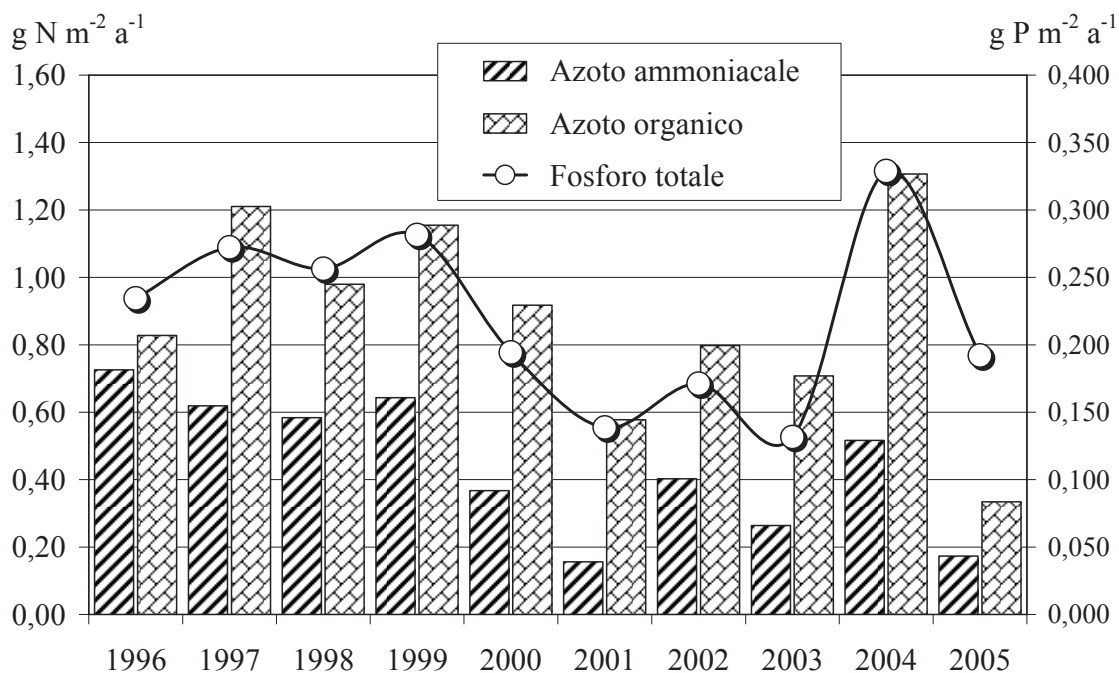


Fig. 2.3.2e. Lago Maggiore. Contributi areali annuali di fosforo totale, azoto ammoniacale e azoto organico dal Boesio dal 1996 al 2005.

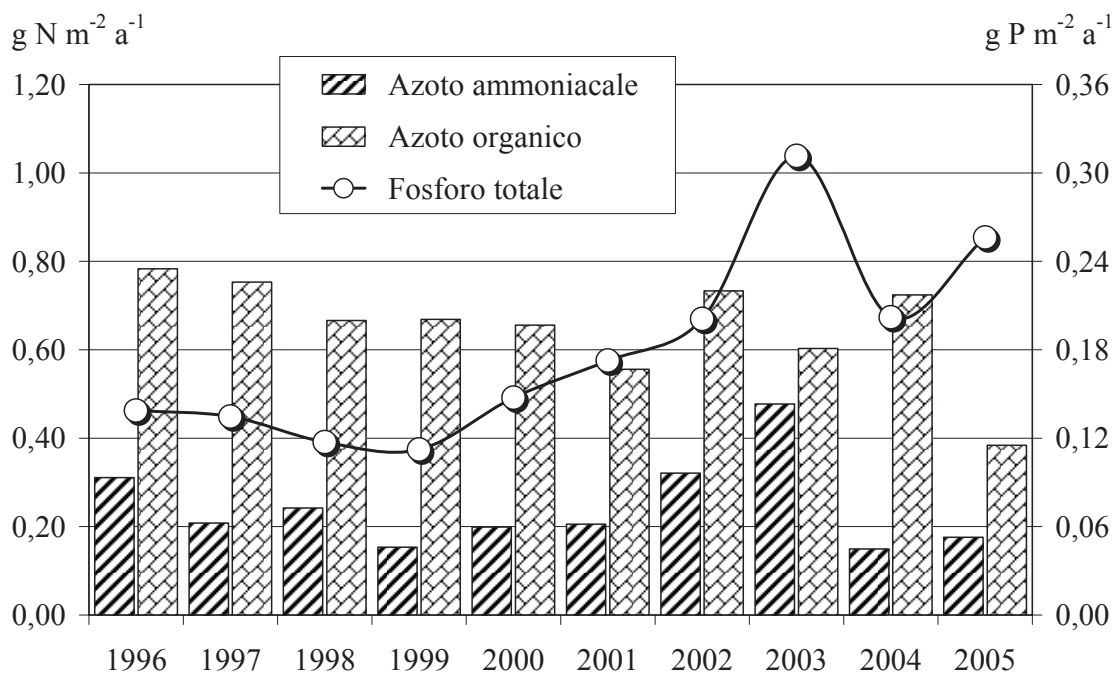


Fig. 2.3.2f. Lago Maggiore. Contributi areali annuali di fosforo totale, azoto ammoniacale e azoto organico dal Bardello dal 1996 al 2005.

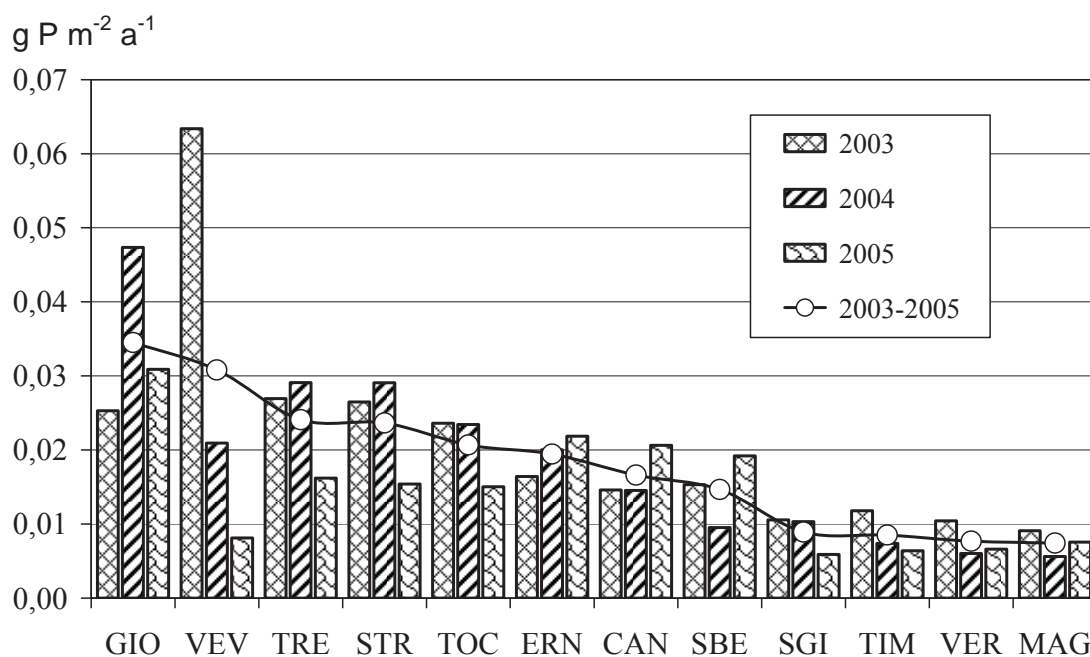


Fig. 2.3.2g. Lago Maggiore. Contributi areali di fosforo totale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2003-2005.

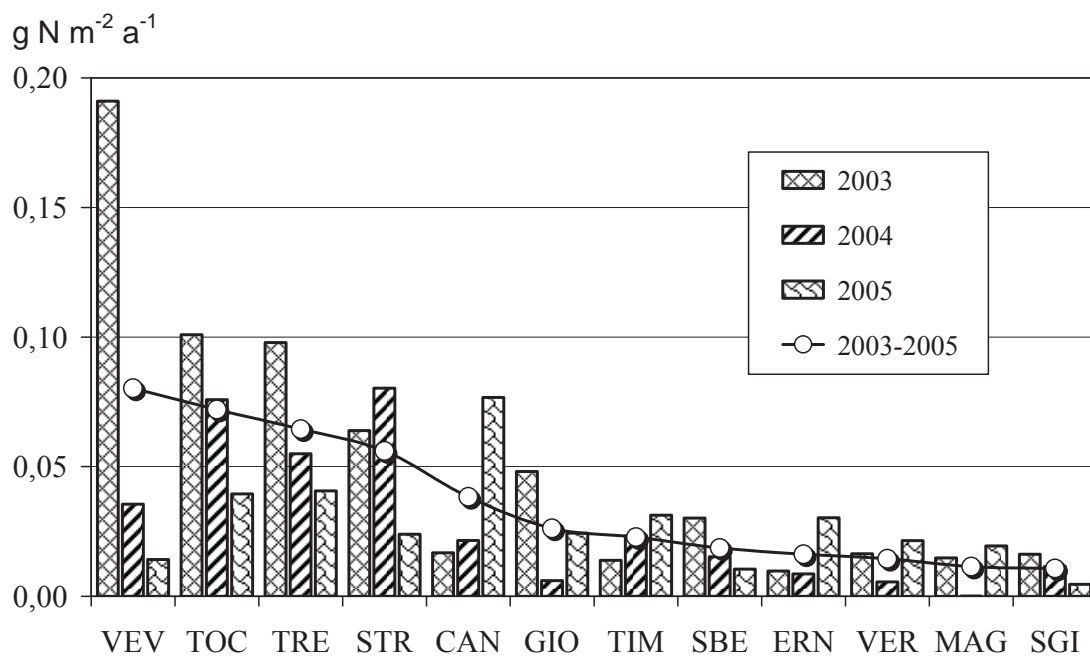


Fig. 2.3.2h. Lago Maggiore. Contributi areali di azoto ammoniacale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2003-2005.

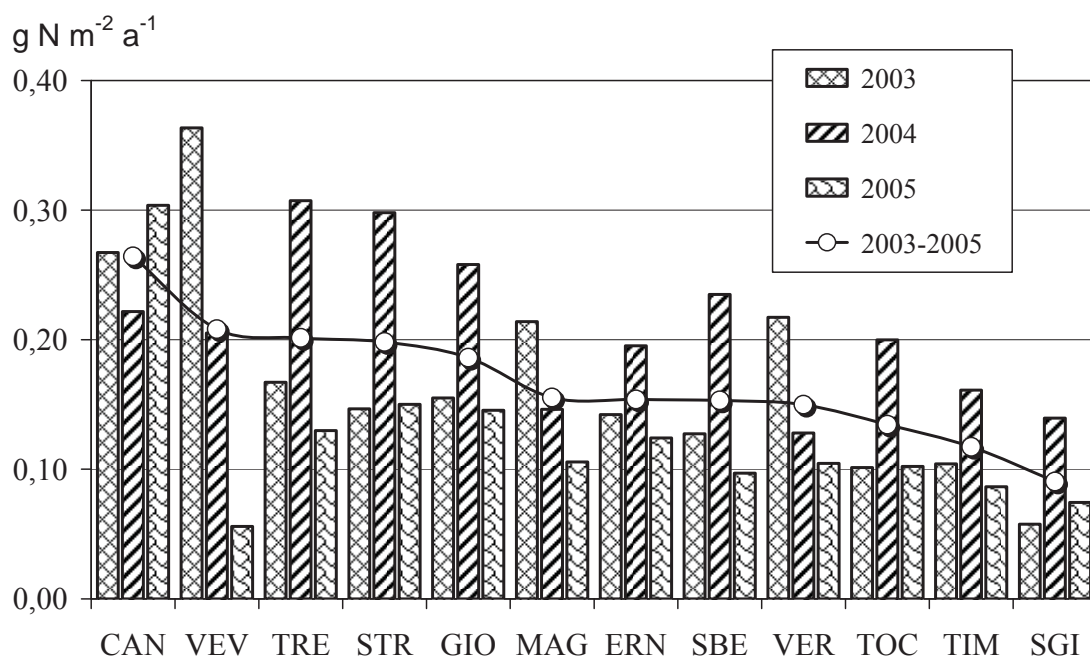


Fig. 2.3.2i. Lago Maggiore. Contributi areali di azoto organico, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Tresa e Boesio) nel triennio 2003–2005.

Tab. 2.3.2e. Contributi areali di fosforo totale ($\text{g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$) ed azoto ammoniacale ($\text{g N m}^{-2} \text{a}^{-1}$) e organico ($\text{g N m}^{-2} \text{a}^{-1}$) derivanti dalle acque tributarie ticinesi, piemontesi, lombarde e totali nel triennio 2003-2005.

	2003			2004			2005		
	<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	0,011	0,014	0,150	0,007	0,014	0,153	0,007	0,027	0,09
Piemonte	0,023	0,086	0,118	0,022	0,067	0,212	0,015	0,037	0,12
Lombardia	0,071	0,155	0,251	0,067	0,087	0,408	0,058	0,064	0,17
Acque tributarie	0,025	0,064	0,156	0,022	0,045	0,217	0,018	0,037	0,12