

# **Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere**

**MONITORAGGIO DELLA PRESENZA DEL DDT E DI ALTRI  
CONTAMINANTI NELL'ECOSISTEMA LAGO MAGGIORE**

**RAPPORTO ANNUALE  
APRILE 2003 – MARZO 2004**

*Edito a cura di A. Calderoni*

*Pallanza 2004*

# INDICE

<b>1. PRESENTAZIONE</b> .....	1
(A. Calderoni)	
<b>2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI</b> .....	3
(S. Galassi, P. Volta & F. Ciceri)	
<b>3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI</b> .....	11
3.1. Campionamento, preparazione dei campioni per le analisi di DDT e correlazione tra carote mediante studio diatomologico .....	11
(A. Marchetto, P. Guilizzoni & A. Lami)	
3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore .....	15
(L. Guzzella, M. Camusso, L.P. Canale, C. Roscioli & A. De Paolis)	
<b>4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI</b> .....	28
(L. Guzzella, C. Roscioli & A. De Paolis)	
<b>5. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE</b> .....	41
(L. Guzzella, C. Roscioli, A. De Paolis, R. Mosello, M. Veronesi, A. Barbieri & A. Pranzo)	
<b>6. MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DA DDT NEL LAGO MAGGIORE MEDIANTE L'ANALISI DI ORGANISMI INDICATORI</b> .....	52
6.1. Biomonitoraggio con molluschi .....	52
(A. Binelli & F. Ricciardi)	
6.2. Biomonitoraggio con uova di svasso maggiore.....	59
(S. Galassi, N. Saino & G. Melone)	
<b>7. INDAGINI SUL COMPARTO ITTICO</b> .....	60
(M.R. Bertola & E. Bielli)	
<b>8. CONCLUSIONI</b> .....	74
(A. Calderoni & R. de Bernardi)	

*Il presente rapporto è stato redatto dal CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, incaricato del coordinamento delle ricerche, sulla base delle relazioni dell'attività svolte dalle singole unità operative, nonché del fattivo contributo dato dai partecipanti alle varie riunioni di lavoro.*

*Si desidera inoltre ringraziare Luciana Nobili per la preziosa assistenza fornita durante tutte le fasi del presente lavoro, nonché Stefano Vanetti per il valido supporto tecnico nelle operazioni di campagna.*

## 1. PRESENTAZIONE

Le ricerche condotte nel biennio compreso tra l'aprile 2001 ed il marzo 2003 confermarono che le acque del Lago Maggiore, nonostante la presenza di DDT, non avevano perso il loro valore di risorsa in termini di balneabilità e di possibile approvvigionamento a scopo alimentare. Tuttavia gli stessi studi evidenziarono che il rifornimento a lago di questo contaminante non era cessato e, anzi, si incrementava con gli eventi di piena. Infatti, sospesa la produzione dell'insetticida e smaltellati gli impianti di produzione ormai da parecchi anni, la significativa ripresa delle sue concentrazioni in acqua, nei sedimenti e nei diversi comparti biologici non poteva che essere la conseguenza della mobilizzazione e del successivo trasporto a lago durante le piene di DDT antico precedentemente sequestrato sul terreno e nei suoli. Sotto questo aspetto risultò inoltre del tutto evidente che il bacino idrografico del Toce era il principale emettitore, mentre sembravano meno importanti le altre cause di contaminazione dell'ecosistema quali la risospensione dei sedimenti lacustri, la diffusione in atmosfera e la ricaduta in lago di aerosol, la presenza di altre possibili sorgenti diffuse (aree a storica vocazione agricola, sedimenti lacustri di bacini artificiali sottoposti a svuotamento per pulizia, precipitazioni atmosferiche). Del resto persino i segnali di recupero evidenziati da cali significativi dei contenuti di DDT e di altri inquinanti nell'ecosistema lacustre sono stati occasionalmente rimessi in discussione da improvvisi aumenti legati a fenomeni idrologici estremi. Ancora oggi la situazione rimane fluida e lontana da una risolutiva e soddisfacente soluzione del problema. Siamo infatti in una fase transitoria durante la quale il processo di rifornimento di inquinanti al lago rimarrà attivo anche perchè devono ancora iniziare i previsti interventi di sistemazione idraulica del T. Marmazza e di spostamento dell'alveo nella sua sede originaria a monte dell'insediamento industriale di Pieve Vergonte, nonchè i lavori di bonifica dei suoli in tutto l'areale storicamente interessato da smaltimenti e confinamenti dei diversi inquinanti.

Gli studi condotti tra aprile 2003 e marzo 2004, riportati in questo rapporto, assumono una particolare importanza perchè i relativi risultati sono stati conseguiti in un arco temporale sostanzialmente caratterizzato da scarsissime precipitazioni e da lunghi periodi di tempo caldo ed asciutto. In effetti, in confronto con l'andamento storico (1951-2002), gli afflussi meteorici sull'intero bacino lacustre sono stati pari al 30% nella prima metà del 2003 e al 40% fino ad ottobre; soltanto negli ultimi due mesi dell'anno si sono avute precipitazioni di rilievo che hanno aumentato in modo significativo la precipitazione annuale fino a 1043 mm, valore che costituisce il nuovo minimo assoluto nel periodo di osservazione 1951-2003 durante il quale si è registrata una media annuale di 1700 mm (Ciampittiello, comunicazione personale). E' quindi evidente che queste condizioni e la mancanza di episodi di piena, soprattutto nel bacino del F. Toce, sono fattori favorevoli per valutare se le variazioni dei contenuti di DDT e di altri contaminanti nei diversi comparti indagati, attesi in diminuzione, siano davvero coerenti con l'ipotesi più volte sostenuta dell'esistenza di uno stretto legame tra gli eventi alluvionali e l'incremento di DDT al lago.

Nei capitoli seguenti verranno quindi presentati gli esiti delle ricerche condotte nel terzo anno di indagini sui diversi comparti ambientali dell'ecosistema Lago Maggiore qui di seguito elencati insieme con una sintetica descrizione delle attività svolte.

**Acque lacustri:** analisi DDT, HCB e altri insetticidi organoclorurati in tre stazioni (Ghiffa, Pallanza, Lesa) dalla superficie al fondo e su campioni epi- ed ipolimnici integrati.

**Sedimenti lacustri:** raccolta carote e preparazione subcampioni in funzione della velocità di sedimentazione, datazione mediante studio diatomologico e confronto con carote precedentemente datate con metodi radiometrici; analisi DDT, esaclorobenzene, altri insetticidi organoclorurati, mercurio, arsenico, rame e cadmio.

**Apporti dal bacino del F. Toce:** analisi DDT, HCB, Hg in diversi siti all'interno dell'area industriale di Pieve Vergonte, sul Rio Marmazza, sul Toce a valle degli insediamenti in questione, determinazione dei carichi veicolati al Lago Maggiore.

**Sedimenti dei tributari:** analisi DDT, PCBs, lindano ed isomeri, HCB e altri insetticidi organoclorurati, mercurio, arsenico, rame e cadmio su sedimenti raccolti alla foce dei principali tributari e all'incile del lago sull'emissario.

**Precipitazioni atmosferiche:** raccolta di campioni ponderati settimanali in due stazioni italiane (Pallanza e Devero) e svizzere (Locarno e Robiei) e relative analisi di DDT, PCBs, lindano ed isomeri, HCB e altri insetticidi organoclorurati.

**Organismi indicatori:** analisi di DDT su molluschi (*Dreissena polymorpha*) raccolti lungo il perimetro del bacino lacustre in 6 punti di prelievo posti sulla sponda piemontese ed altrettanti su quella lombarda, nonché in 2 località in territorio svizzero.

**Indagini sul comparto ittico:** analisi DDT, PCBs, HCB, mercurio su 7 specie ittiche (agone, bondella, lavarello, pesce persico, cavedano, scardola, tinca) catturate stagionalmente nelle acque piemontesi e lombarde del lago.

**Attività di coordinamento delle indagini:** formulazione di rapporti informativi di aggiornamento sullo stato di avanzamento delle ricerche; organizzazione, stesura e redazione del rapporto conclusivo d'intesa con gli incaricati degli studi.

Gli esecutori delle ricerche sopra elencate sono riassunti nel seguente prospetto:

Barbieri A. ....	UPDA-SPAAS, Bellinzona
Bertola M.R. ....	ARPA Dipartimento Provinciale di Novara
Bielli E. ....	ARPA Dipartimento Provinciale di Novara
Binelli A. ....	Università degli Studi di Milano. Dipartimento di Biologia. Sezione Ecologia
Calderoni A. ....	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Camusso M. ....	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Canale L.P. ....	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Ciceri F. ....	Università degli Studi dell'Insubria. Dip. di Scienze CC.FF.MM.
de Bernardi R. ....	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
De Paolis A. ....	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Fornara G. ....	ARPA Dipartimento Provinciale del VCO
Galassi S. ....	Università degli Studi dell'Insubria. Dip. di Scienze CC.FF.MM.
Guilizzoni P. ....	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Guzzella L. ....	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Lami A. ....	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Marchetto A. ....	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Mosello R. ....	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Negro G. ....	Regione Piemonte. Coordinatore monitoraggio corpi idrici
Pranzo A. ....	CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Ricciardi F. ....	Università degli Studi di Milano. Dipartimento di Biologia. Sezione Ecologia
Roscioli C. ....	CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Saino N. ....	Università degli Studi di Milano. Dipartimento di Biologia
Turco M. ....	ARPA Dipartimento Provinciale del VCO
Veronesi M. ....	UPDA-SPAAS, Bellinzona
Volta P. ....	Università degli Studi dell'Insubria. Dip. di Scienze CC.FF.MM.

## 2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI

Nella Tabella 2.1 vengono riportati i risultati delle analisi relative al campionamento di maggio 2003 per il pp'DDE nelle tre stazioni di campionamento. Gli altri composti clorurati non erano determinabili nei singoli campioni e sono stati quindi quantificati nei campioni integrati (Tabella 2.2). E' interessante osservare che mentre nella frazione disciolta le massime concentrazioni di pp'DDE sono state misurate dai 20 ai 50 m di profondità, nel caso del particolato si è osservato un aumento di pp'DDE e pp'DDT a 50-150 m di profondità solo nella stazione di Pallanza. Questa contaminazione potrebbe essere dovuta al trasporto solido del Toce.

Le Tabelle da 2.3 a 2.5 si riferiscono invece al campionamento di novembre-dicembre 2003. Poiché nei campionamenti precedenti i composti omologhi del DDT risultavano sotto il limite di rilevabilità analitica nel particolato, le analisi di quest'ultimo sono state eseguite direttamente sui campioni integrati dei primi 20 m a partire dalla superficie e dei campioni dai 50 m di profondità al fondo. Il campione corrispondente a 30 m è stato tenuto separato dagli altri in quanto appartenente alla zona di transizione del profilo termico. A questa profondità i livelli di pp'DDE e pp'DDE nella frazione disciolta si sono dimostrati particolarmente elevati nella stazione di Ghiffa, con i valori massimi sinora registrati nelle acque del lago. Anche per questo motivo si è voluto isolare il corrispondente campione di materiale sospeso, che è risultato in effetti più contaminato degli altri ma con differenze meno vistose rispetto a quelle osservate nella frazione disciolta.

Analogo fenomeno era stato osservato nell'ottobre del 2002 ma con un'intensità molto minore; mentre allora si verificava un raddoppio della concentrazione del pp'DDE a 30 m rispetto a quella misurata a 20 m nella stazione di Ghiffa, nel campionamento di novembre si è osservato un incremento di più di 10 volte.

Anche nella stazione di Lesa le concentrazioni massime di pp'DDE e pp'DDT sono state misurate a 30 m di profondità nella frazione disciolta, mentre a Pallanza il picco di concentrazione massima si osserva ancora 30 m ma nel particolato invece che nella frazione disciolta.

Tabella 2.1. Valori ( $\text{ng l}^{-1}$ ) del pp'DDE nella frazione disciolta dei campioni delle tre stazioni del Lago Maggiore di maggio 2003 (n.d. = non determinato).

Profondità (m)	<b>Ghiffa</b>		<b>Pallanza</b>		<b>Lesa</b>	
	Temp. °C	Conc. $\text{ng l}^{-1}$	Temp. °C	Conc. $\text{ng l}^{-1}$	Temp. °C	Conc. $\text{ng l}^{-1}$
0	9,5	0,18	16,2	n.d.	22,1	0,08
10	9,4	0,21	16,1	0,20	19,9	0,10
20	8,7	0,44	16,0	0,10	15,6	0,15
30	8,0	0,29	9,2	0,40	9,6	0,32
50	7,9	0,27	8,2	0,50	9,1	0,20
100	7,1	0,09	7,4	0,34	7,3	0,18
150	6,6	n.d.	6,7	0,15	–	–
200	6,6	0,14	–	–	–	–
250	6,6	0,08	–	–	–	–
300	6,6	0,21	–	–	–	–
350	6,6	0,56	–	–	–	–

Tabella 2.2 Valori (ng l<sup>-1</sup>) dei pesticidi clorurati nei campioni integrati delle tre stazioni del Lago Maggiore di maggio 2003 (n.d. = non determinato; n.r. = non rilevabile).

GHIFFA	0-30 m		50-100 m		150-350 m	
	disc.	part.	disc.	part.	disc.	part.
pp'DDE	0,22	0,06	0,18	0,03	0,14	0,03
pp'DDD	n.r.	0,01	n.r.	n.r.	n.r.	0,003
pp'DDT	0,05	0,03	n.r.	0,08	0,02	0,008
α-HCH	0,17	<0,01	n.r.	<0,01	n.d.	<0,01
γ-HCH	0,04	<0,01	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01
HCB	0,25	<0,01	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01

PALLANZA	0-30 m		50-150 m	
	disc.	part.	disc.	part.
pp'DDE	0,23	n.r.	0,33	1,44
pp'DDD	n.r.	n.r.	n.r.	0,43
pp'DDT	0,09	n.r.	n.r.	1,19
α-HCH	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01
γ-HCH	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01
HCB	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01

LESA	0-30 m		50-100 m	
	disc.	part.	disc.	part.
pp'DDE	0,16	0,005	0,19	0,02
pp'DDD	n.r.	0,06	n.r.	n.r.
pp'DDT	0,02	0,08	n.r.	0,13
α-HCH	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01
γ-HCH	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01
HCB	n.d.	<0,01	n.d.	<0,01

Tabella 2.3. Valori (ng l<sup>-1</sup>) della concentrazione del pp'DDT e pp'DDE, della profondità, della temperatura e della concentrazione di ossigeno a Ghiffa in novembre 2003 (n.d. = non determinato).

Profondità	Disciolto		Particolato		Temperatura	Ossigeno
	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE		
m					°C	mg/l
0	0,08	0,19	0,03	0,03	13,4	9,4
5	0,50	0,70			13,3	9,4
10	n.d.	n.d.			13,3	9,4
20	0,18	0,24			13,3	9,4
30	2,53	2,33	0,05	0,05	10,7	8,3
50	0,20	0,21	0,04	0,05	7,4	8,1
100	0,84	1,16			6,7	8,3
150	0,49	0,62			6,7	7,5
200	n.d.	n.d.			6,6	7,5
250	1,14	1,09			6,6	7,6
300	0,29	0,27			6,6	7,6
350	0,34	0,35			6,6	7,0

Tabella 2.4. Valori (ng l<sup>-1</sup>) della concentrazione del pp'DDT e pp'DDE, della profondità e della temperatura a Pallanza nel dicembre 2003 (n.r. = non rilevabile).

Profondità	Disciolto		Particolato		Temperatura °C
	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	
0	n.r.	n.r.	0,01	0,01	9,75
5	n.r.	0,11			9,75
10	0,10	0,18			9,75
20	0,01	0,07			9,75
30	n.r.	0,10	0,13	0,04	9,65
50	0,05	0,15	0,02	0,04	6,90
100	0,03	0,07			6,80
150	0,40	0,06			6,75

Tabella 2.5. Valori della concentrazione (ng l<sup>-1</sup>) del pp'DDT e pp'DDE, della profondità e della temperatura a Lesa nel dicembre 2003 (n.d. = non determinato; n.r. = non rilevabile).

Profondità	Disciolto		Particolato		Temperatura °C
	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	
0	0,04	0,11	0,03	0,03	9,85
5	n.r.	0,07			9,80
10	n.r.	0,10			9,65
20	n.r.	0,08			9,60
30	0,29	0,19	n.d.	0,01	9,60
50	n.r.	0,09	0,04	0,02	6,90
100	n.r.	n.r.			6,80

Gli isomeri degli esaclorocicloesani ( $\alpha$  e  $\gamma$ -HCH) e l'HCB sono stati determinati solo nei campioni di Ghiffa (Tabella 2.6), confermando la maggior contaminazione del campione prelevato alla profondità di 30 m. Una possibile spiegazione di questo fenomeno potrebbe essere legata alla degradazione delle alghe che scendono verso il fondo, liberando i tossici da loro adsorbiti. Il rallentamento della deposizione dovuto alla presenza del termoclino potrebbe determinare una zona di accumulo dei composti clorurati. Tale fenomeno è meno vistoso nelle due stazioni più meridionali, influenzate dall'apporto delle acque del Toce. I livelli di contaminazione, comunque, tornano ad abbassarsi nel campionamento seguente eseguito nel mese di febbraio 2004 (Tabelle 2.7 –2.10 ), dopo il rimescolamento di parte delle acque lacustri. Questi campioni, che sono i primi raccolti alla fine dell'inverno da quando è iniziato il campionamento delle acque lacustri, sembrano indicare che a questo periodo dell'anno corrisponda una contaminazione piuttosto bassa e uniforme in tutte le acque del lago. Nelle Figg. 2.1 e 2.3 viene mostrato l'andamento della concentrazione dei DDT totali e della temperatura in funzione della profondità nei campioni di novembre-dicembre, da cui appare evidente il picco di concentrazione a circa 30 m. Per riportare le due variabili in uno stesso grafico è stato necessario applicare un fattore di riduzione alla temperatura che è stato indicato di volta in volta nella legenda e sulla scala delle ascisse. A Pallanza nel campione d'acqua prelevato sul fondo si osserva un incremento della concentrazione dovuta, verosimilmente, al rilascio di DDT dal sedimento. Nelle Figg. 2.4 e 2.6, relative al campionamento di fine inverno, è possibile osservare come non vi sia alcuna relazione tra l'andamento della temperatura e l'inquinamento da DDT e come il picco di massima concentrazione dei DDT si verifichi a profondità diverse nelle tre stazioni di campionamento.

Tabella 2.6. Contaminanti (ng l<sup>-1</sup>) nei campioni integrati raccolti nella stazione di Ghiffa nel novembre 2003.

	GHIFFA		
	0-20 m	30 m	50-150 m
$\alpha$ -HCH	0,10	0,3	0,2
$\gamma$ -HCH	0,05	0,2	0,2
HCB	0,05	0,3	0,1

Tabella 2.7. Valori (ng l<sup>-1</sup>) della concentrazione del pp'DDT e pp'DDE, della profondità, della temperatura e della concentrazione di ossigeno a Ghiffa in febbraio 2004 (n.d. = non determinato; n.r. = non rilevabile).

Profondità	Disciolto		Particolato		Temperatura	Ossigeno
	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	°C	mg/l
0	0,08	0,05	0,05	0,05	6,7	8,91
5	0,04	0,07			6,7	8,78
10	0,11	0,09			6,6	8,73
20	n.d.	n.d.			6,6	8,82
30	0,09	0,08			6,6	8,84
50	0,14	0,06			6,6	8,71
100	0,04	0,04			6,6	8,81
150	0,07	0,15	0,06	n.r.	6,6	8,65
200	0,07	0,09	0,03	0,03	6,6	8,22
250	0,06	0,04			6,6	7,82
300	0,07	0,08			6,6	7,33
350	0,06	0,07	0,06	0,03	6,6	6,92

Tabella 2.8. Valori della concentrazione (ng l<sup>-1</sup>) degli HCH e dell'HCB a Ghiffa nel dicembre 2003.

Profondità	Disciolto		
	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	HCB
0	<0,05	<0,05	<0,01
5	n.d.	n.d.	n.d.
10	0,2	0,3	0,04
20	n.d.	n.d.	n.d.
30	0,2	0,3	0,04
50	0,2	0,3	0,04
100	0,05	<0,05	0,01
150	0,2	0,2	0,06
200	0,4	0,3	0,2
250	0,3	n.d.	n.d.
300	<0,05	<0,05	n.d.
350	0,4	0,2	0,2

Tabella 2.9. Valori ( $\text{ng l}^{-1}$ ) della concentrazione del pp'DDT e pp'DDE, della profondità e della temperatura a Pallanza nel febbraio 2004.

Profondità	Disciolto		Particolato		Temperatura
	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	$^{\circ}\text{C}$
0	0,11	0,35	n.r.	0,02	6,7
5	0,09	0,24			6,7
10	0,38	0,16			6,6
20	0,11	0,15			6,6
30	0,07	0,18			6,6
50	0,03	0,17			6,6
100	0,05	0,11			6,6
150	0,03	0,06			6,6

Tabella 2.10. Valori della concentrazione ( $\text{ng l}^{-1}$ ) del pp'DDT e pp'DDE, della profondità e della temperatura a Lesa nel febbraio 2004

Profondità	Disciolto		Particolato		Temperatura
	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	$^{\circ}\text{C}$
0	0,05	0,07	n.r.	0,02	7,02
5	0,02	0,04			6,90
10	0,06	0,11			6,75
20	0,11	0,13			6,75
30	0,05	0,08			6,75
50	n.d.	n.d.			6,75
100	0,03	0,06			6,65

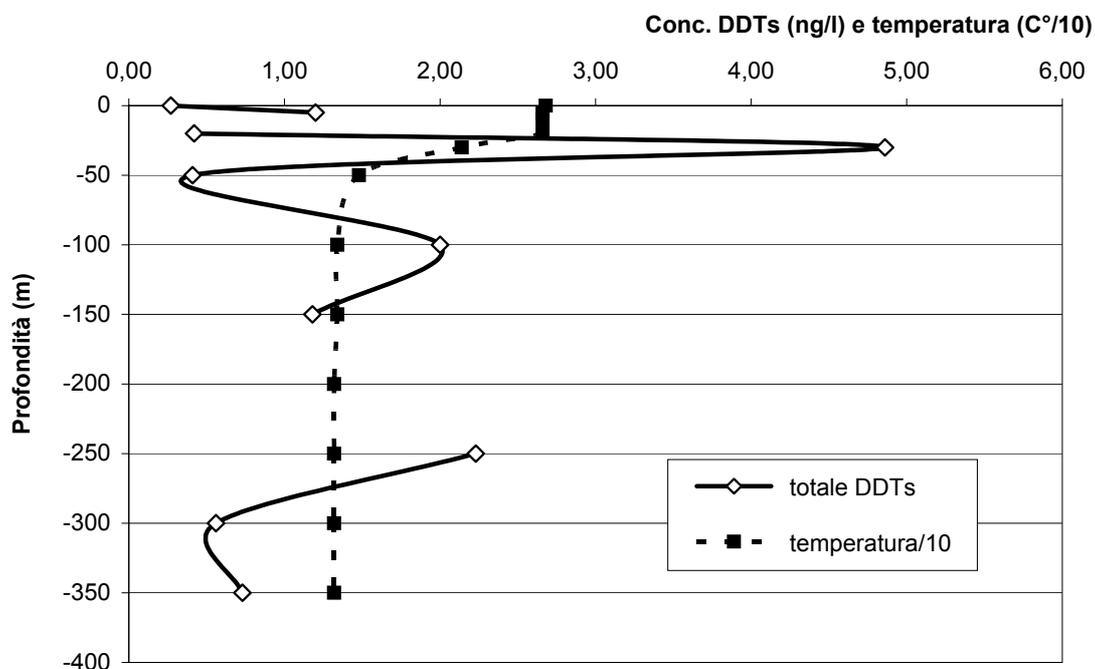


Fig. 2.1. Andamento della concentrazione dei DDT totali e della temperatura (valore diviso per 10) in funzione della profondità nei campioni di novembre 2003 a Ghiffa.

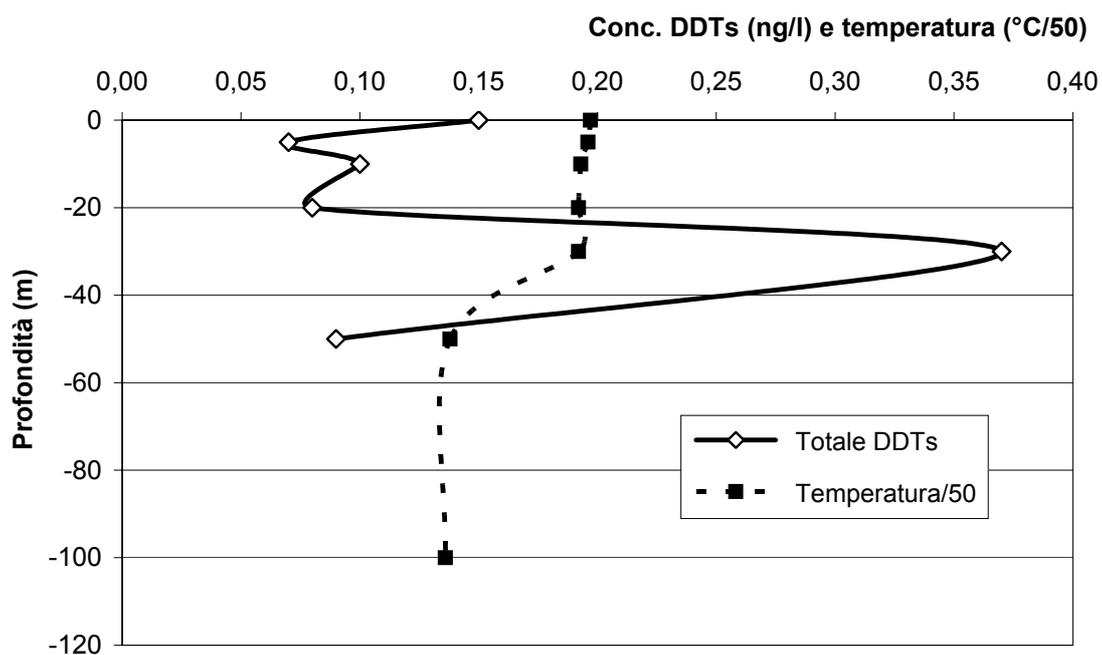


Fig. 2.2. Andamento della concentrazione dei DDT totali e della temperatura (valore diviso per 50) in funzione della profondità nei campioni di dicembre 2003 a Lesa.

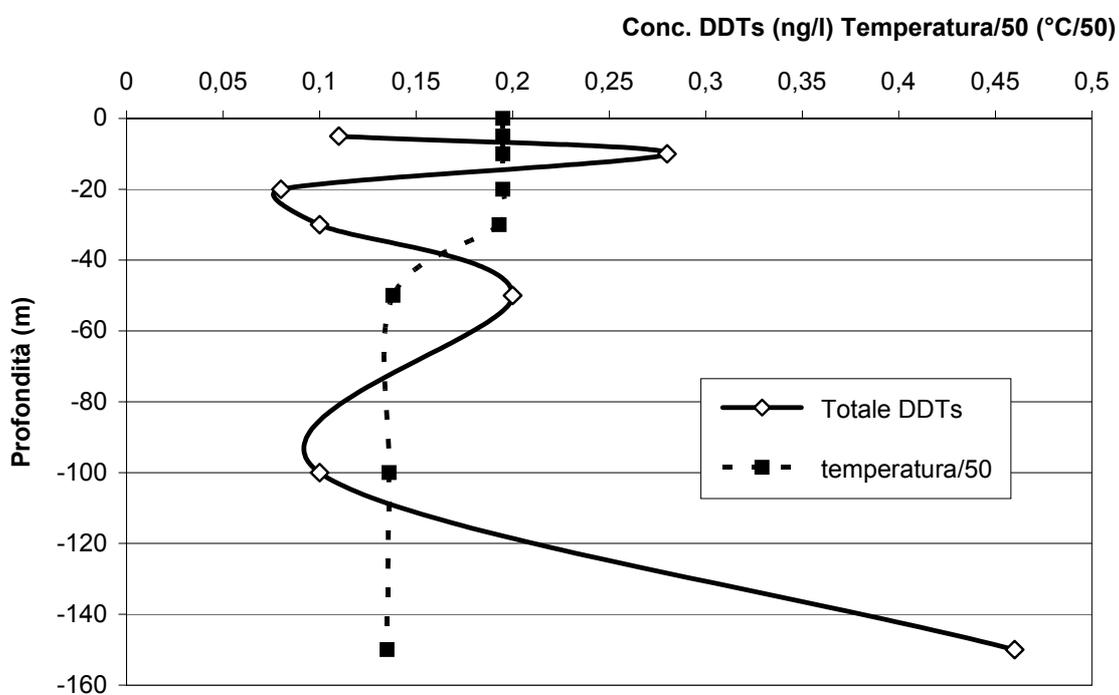


Fig.2.3. Andamento della concentrazione dei DDT totali e della temperatura (valore diviso per 50) in funzione della profondità nei campioni di dicembre 2003 a Pallanza.

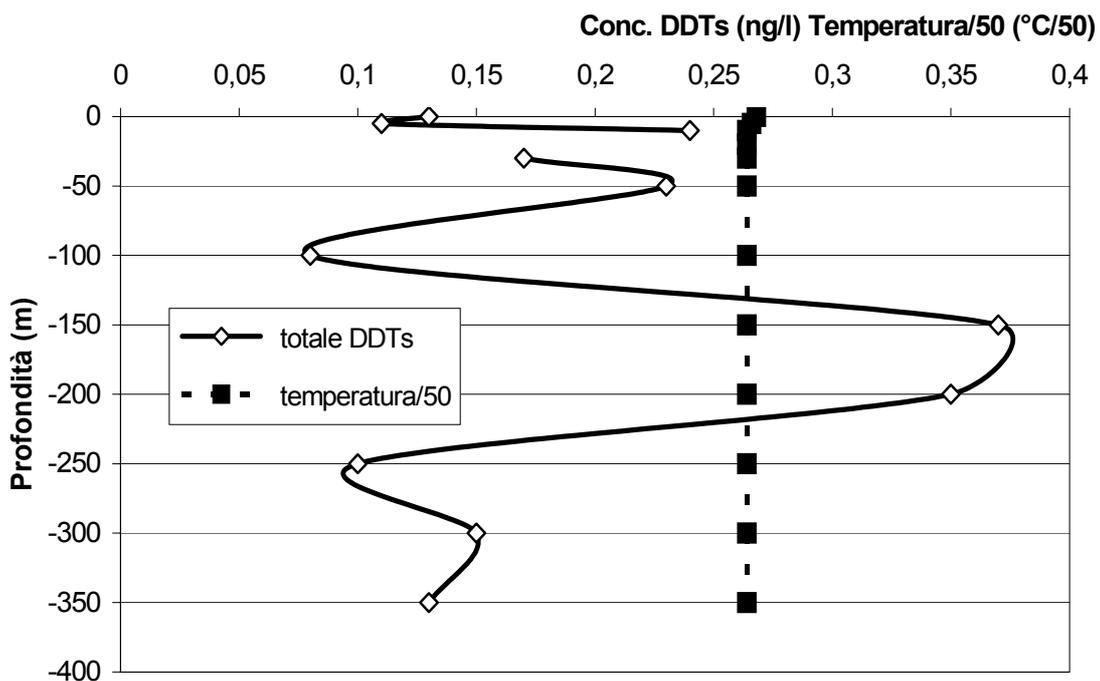


Fig. 2.4. Andamento della concentrazione dei DDT totali e della temperatura (valore diviso per 50) in funzione della profondità nei campioni di febbraio 2004 a Ghiffa.

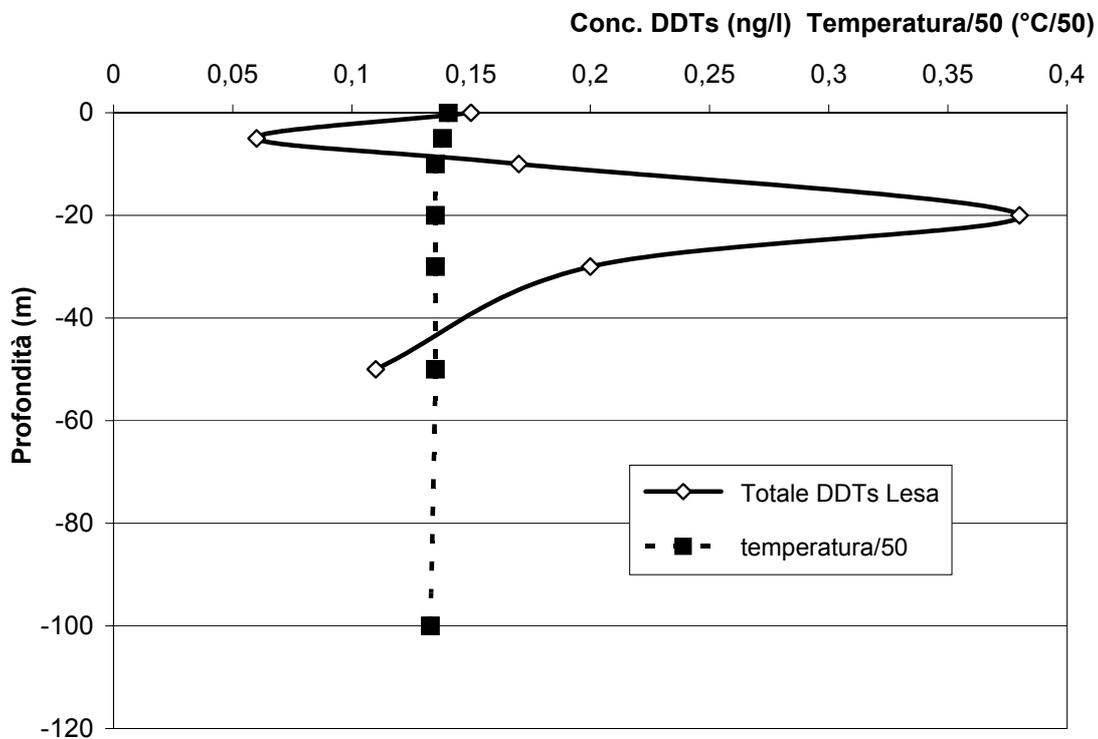


Fig. 2.5. Andamento della concentrazione dei DDT totali e della temperatura (valore diviso per 50) in funzione della profondità nei campioni di febbraio 2004 a Lesa.

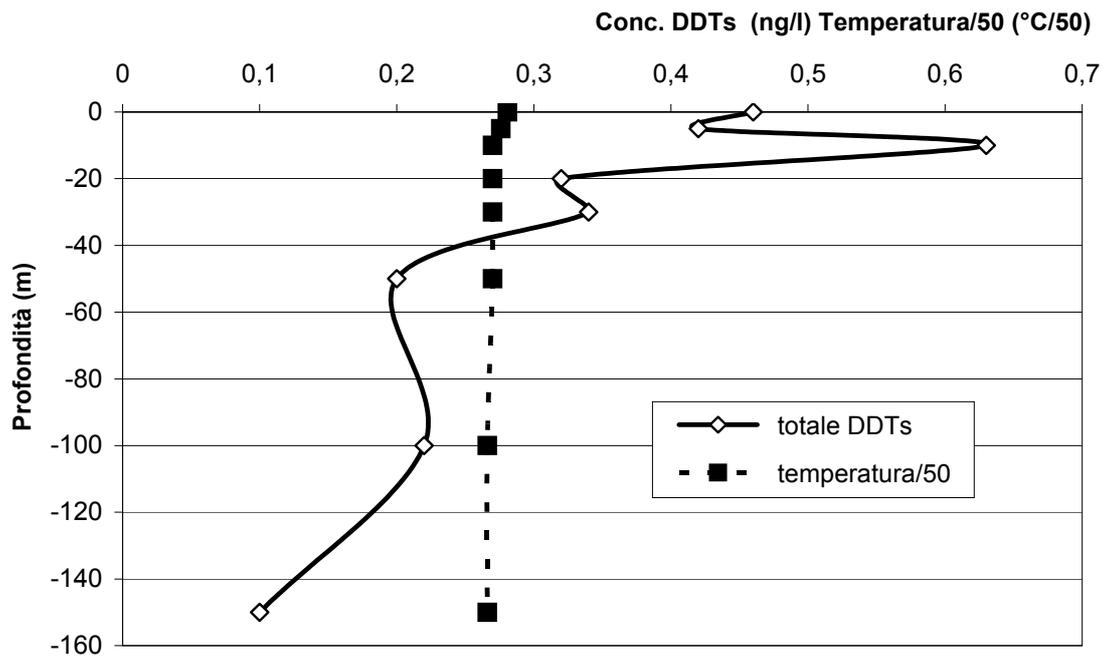


Fig. 2.6. Andamento della concentrazione dei DDT totali e della temperatura (valore diviso per 50) in funzione della profondità nei campioni di febbraio 2004 a Pallanza.

### 3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI

#### 3.1. Campionamento, preparazione dei campioni per le analisi di DDT e correlazione tra carote mediante studio diatomologico

Come previsto dal programma si è effettuato il campionamento secondo le consuete modalità. Per il Bacino di Pallanza (frequenza di campionamento bi-annuale) sono state campionate le seguenti stazioni (la numerazione fa riferimento al precedente studio del 2001; Fig. 3.1.1 del rapporto annuale aprile 2001- marzo 2002): 13, 17 e 16 (Tabella 3.1.1), mentre per la rimanente parte di lago si è stabilito di campionare una volta l'anno, a settembre-ottobre, le aree corrispondenti alle stazioni precedentemente denominate 30b, 32b e 27 (Tabella 3.1.2). I criteri di scelta di tali stazioni sono stati descritti in precedenti relazioni.

Il primo campionamento relativo al terzo anno di contratto (aprile 2003-marzo 2004) è stato condotto dal 9 (stazioni 13, 16, 17, 27 e 32b) al 17 settembre 2003 (stazione 30b). Si sono raccolte quindi carote, almeno in doppio, in tre stazioni del bacino di Pallanza (13, 16, 17) e tre lungo l'asse principale del lago (30b, 32b, 27). Il secondo campionamento è stato effettuato, per il solo Bacino di Pallanza, il 23 marzo 2004.

Le carote sono state tagliate, fotografate e sub-campionate in sezioni di sedimento in funzione della velocità di sedimentazione. In tutte le carote di sedimento ad eccezione di quelle prelevate nel marzo del 2004 si sono condotte anche le previste analisi di diatomee sub-fossili al fine di una loro datazione indiretta e per una loro correlazione.

L'analisi diatomologica non si è resa necessaria per le carote del 2004 in quanto in mancanza di importanti eventi di precipitazioni e quindi di trasporti solidi di una certa consistenza per tutto il periodo di indagine (2003 e primi tre mesi del 2004), le carote prelevate nel settembre 2003 sono risultate molto simili dal punto di vista litostratigrafico con quelle prelevate a marzo di quest'anno (Tabella 3.1.3; Figg. 3.1.2 e 3.1.3). Tuttavia, per quanto riguarda gli strati più superficiali della carota 17, una analisi più approfondita basata sul confronto tra carote prelevate negli ultimi due campionamenti ha rivelato una piccola differenza nella velocità di sedimentazione di quest'ultima che pertanto ha assunto il valore di  $0,64 \text{ cm a}^{-1}$ .

Tabella 3.1.1. Stazioni di campionamento dei sedimenti per gli anni 2002-2005 nel Bacino di Pallanza.

Stazioni	13 (Baveno)	16	17 (Suna)
Picco $^{137}\text{Cs}$ (cm)	9	ND	10
Velocità sedimentazione ( $\text{cm a}^{-1}$ )	0,58-0,67	0,83-1,0 0,75-0,91 (*)	0-58-0,67
Anno 1989 (prof. carota, cm)	8	9-11	8
Profondità prelievo	32	117	123
Latitudine	45°54'17"	45°55'4"	45°55'31"
Longitudine	8°30'41"	8°31'52"	8°31'53"

ND analisi non eseguita

(\*) datazione ottenuta mediante analisi delle diatomee e riferita al periodo 1989-2000 (0,83-1,0) e 1989-2001 (0,75-0,91). Media 0,80.

Tabella 3.1.2. Stazioni di campionamento dei sedimenti per gli anni 2002-2005 lungo l'asse principale del Lago Maggiore (da Nord a Sud).

Stazioni	30b (Brissago)	32b (Ghiffa)	27 (Ispra)
Picco $^{137}\text{Cs}$ (cm)	5	21	7
Velocità sedimentazione ( $\text{cm a}^{-1}$ )	0.33	1.4	0.47
Anno 1989 (prof. carota, cm)	3-5	17	6
Profondità prelievo	241	375	94
Latitudine	46°7'27"	45°57'28"°	45°48'45"
Longitudine	8°45'13"	8°38'6"	8°34'8"

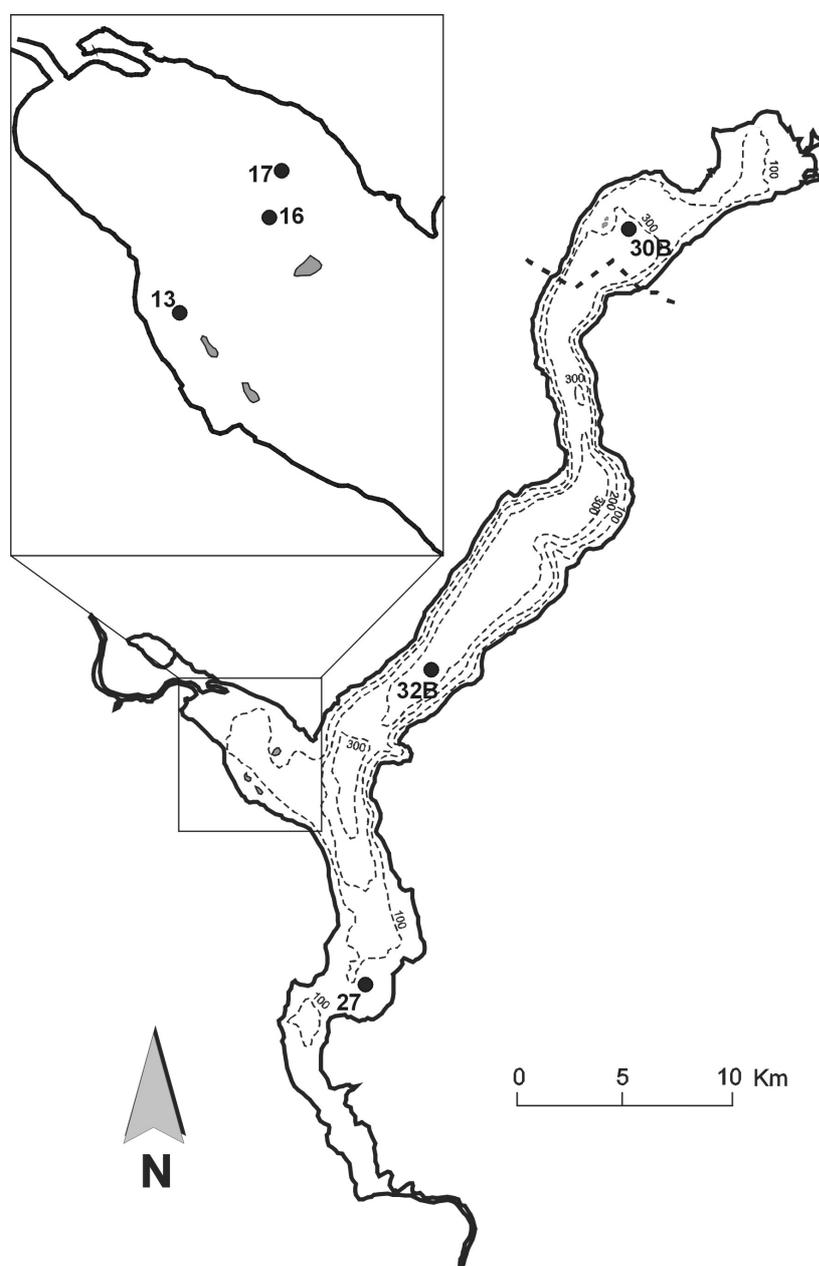


Fig. 3.1.1. Stazioni di campionamento.

## CAROTE LAGO MAGGIORE SETTEMBRE 2003

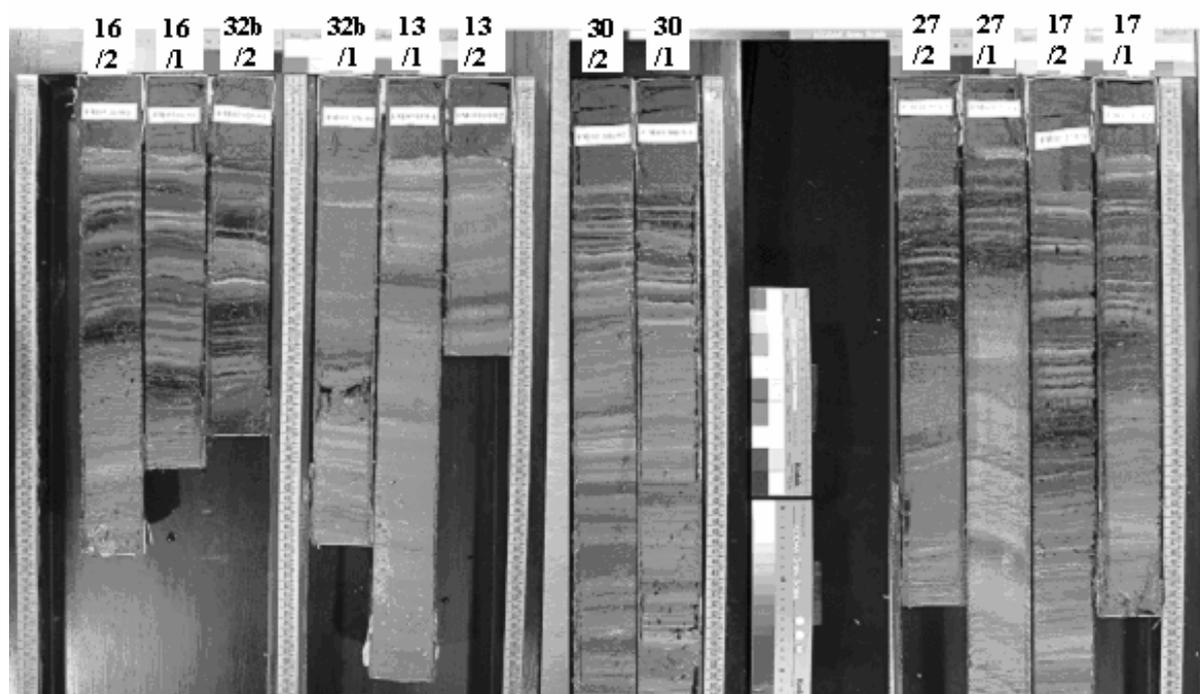


Fig. 3.1.2. Carote di sedimento campionate nel settembre del 2003 (localizzazione in Fig. 3.1.1).

Tabella 3.1.3. Confronto tra il tasso di sedimentazione ( $\text{cm a}^{-1}$ ) delle carote prelevate nel 2003 con quelle prelevate nel 2004 in base a criteri diatomologici e litologici nei tre anni in cui si è verificata una transizione importante.

EVENTO	torbida (2000)		transizione <i>Stephanodiscus</i> <i>/Cyclotella</i> (1989)		transizione <i>Stephanodiscus</i> <i>/Cyclotella</i> (1963)		litologia (1963)	
	cm	tasso	cm	tasso	cm	tasso	cm	tasso
LM2003/13/9/1	–	–	5,5	0,39	13,5	0,34	–	–
LM2003/16/9/2	–	–	9	0,64	20	0,50	19,5	0,49
LM2003/17/9/1	–	–	11	0,79	25,5	0,64	25	0,63
LM2003/27/9/2	–	–	3,5	0,25	13	0,33	13,5	0,34
LM2003/30/9/1	–	–	5	0,36	12	0,30	–	–
LM2003/32b/9/2	–	–	15	1,07	–	–	–	–
LM2004/13/3/1	–	–	–	–	–	–	15	0,38
LM2004/16/3/1	–	–	–	–	–	–	12	0,30
LM2004/17/3/1	2	0,57	–	–	–	–	26	0,64

Legenda sigle tipo LM2003/13/3/1

2003 = anno di prelievo  
 /13 = numero stazione  
 /3 = mese di prelievo  
 /1 = numero carota

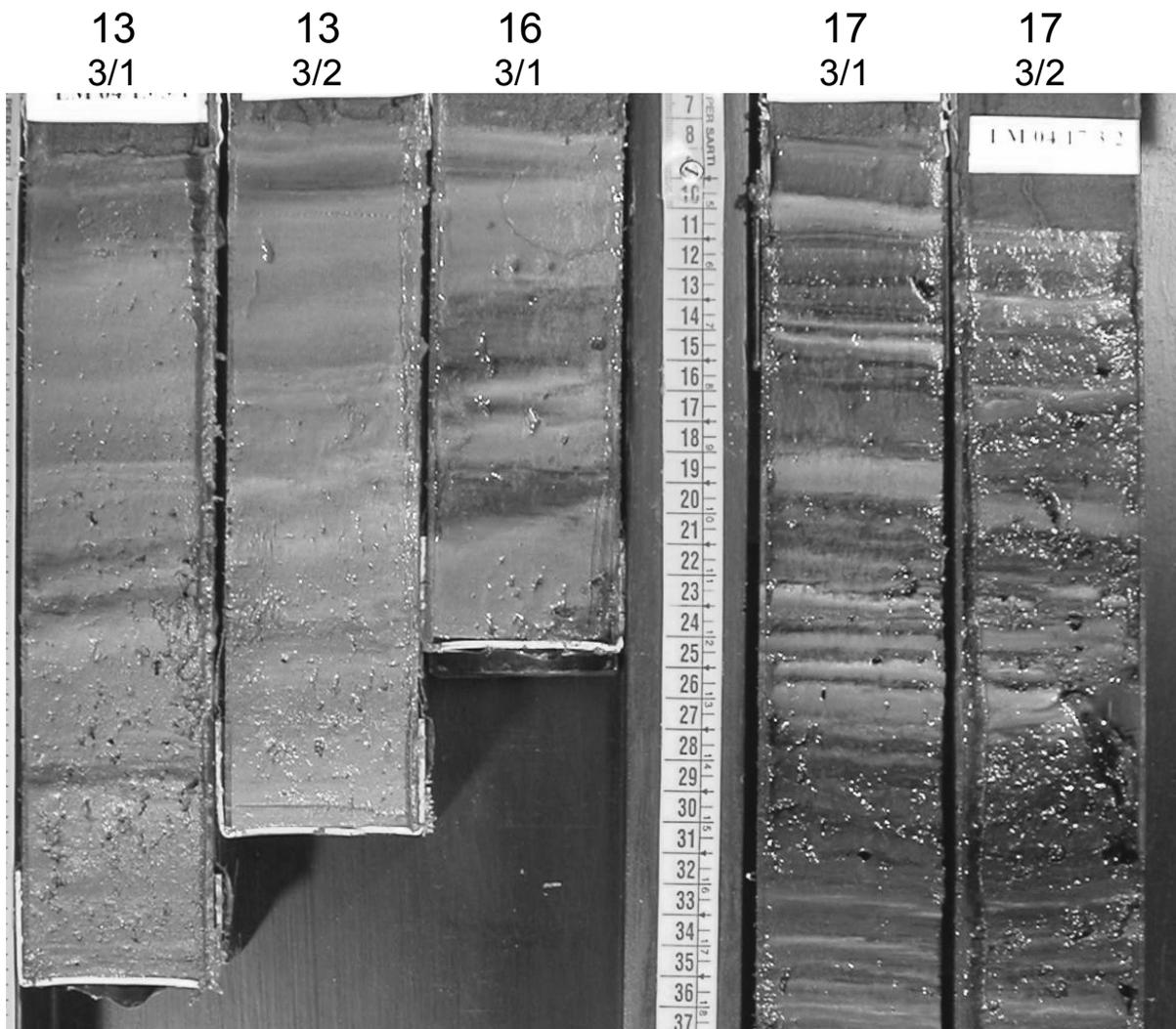


Fig. 3.1.3. Carote di sedimento campionate nel marzo 2004 (Localizzazione in Fig. 3.1.1). Si noti la differenza in colorazione e stratigrafica delle due carote della stazione 17 rispetto alle altre: nelle prime sono evidenti gli strati neri a testimonianza di condizioni riducenti del fondo. Per contro, condizioni ossidanti sono indicate dagli strati di colore grigio chiaro presenti soprattutto negli strati superficiali delle carote 13 e 16.

## 3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore

Durante il mese di settembre 2003 e marzo 2004 si è provveduto a raccogliere le carote di sedimento nelle stazioni previste dal programma (vedi cap. 3.1.).

In base alle conoscenze acquisite negli studi precedenti, per il Bacino di Pallanza (quello più vicino alla sorgente inquinante), sono state campionate le stesse 3 stazioni (13, 16 e 17) degli anni precedenti, distribuite lungo un transetto che unisce idealmente gli abitati di Baveno e di Suna in modo tale da rappresentare al meglio le diverse caratteristiche sedimentologiche, morfometriche e geografiche dell'area allo studio e con lo scopo di seguirne l'evoluzione temporale. Le altre tre stazioni campionate, come negli anni precedenti, sono posizionate lungo l'asse principale del lago a Brissago (30b), Ghiffa (32b) e Ispra (27). Il campionamento del Bacino di Pallanza è stato condotto con modalità semestrale, mentre quella del resto del lago è stato annuale.

I dettagli relativi al campionamento e al calcolo della rata di sedimentazione sono riportati nel capitolo 3.1. Per l'estrazione, la preparazione dei campioni e l'analisi dei composti organici si fa riferimento alla metodica già utilizzata (CIP AIS, 1999). Per il trattamento dei campioni e l'analisi dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) si sono utilizzate le stesse procedure e gli stessi metodi analitici riportati nel rapporto precedente (CIP AIS, 2002).

### 3.2.1. Composti organoclorurati nella Baia di Pallanza

Le concentrazioni dei composti organoclorurati delle carote raccolte nel bacino di Pallanza sono riportate nella Tabella 3.2.1. Sono stati analizzati 12 campioni anziché i sei previsti dal programma che richiedeva soltanto l'analisi della prima sezione. Per quanto riguarda la contaminazione da DDT, se ne osserva una distribuzione piuttosto omogenea nelle tre stazioni considerate nell'ultimo anno preso in considerazione. I valori si attestano tra 20 e 40 ng g<sup>-1</sup> ed è prevalente la contaminazione del metabolita pp'DDD rispetto a quella del composto parentale pp'DDT.

I risultati relativi alle sezioni più vecchie confermano invece il picco di contaminazione che potrebbe con buona probabilità essere correlato all'evento di piena del Fiume Toce verificatosi nel novembre 2002 (Fig. 3.2.1), tale evento così come già verificato dalle analisi condotte nel precedente anno di campionamento (CIP AIS, 2003) è evidente soprattutto nella carota campionata presso la stazione 17, quella più direttamente influenzata dal trasporto del materiale particellato del Fiume Toce.

Valutando in dettaglio la presenza dei vari metaboliti del DDT, si osserva che nei sedimenti relativi alla piena del 2002 il pp'DDT e il pp'DDD sono i composti prevalenti, evidenziando fenomeni di degradazione in corso in condizioni di anaerobiosi che trasformano il pp'DDT in pp'DDD. Per quanto riguarda gli altri insetticidi organoclorurati, il lindano è prevalente rispetto agli altri isomeri e la sua contaminazione, inferiore a 1 ng g<sup>-1</sup>, è molto contenuta così come si osserva per l'HCB, l'unico altro composto determinato in concentrazioni rilevabili nella maggior parte dei campioni. I PCB risultano presenti in concentrazioni totali molto contenute e inferiori a 10 ng g<sup>-1</sup> in tutti i campioni analizzati.

Solo il DDT e i suoi metaboliti ed isomeri sono presenti in concentrazioni significative nel bacino di Pallanza, sottolineando come sia il contributo del Fiume Toce, strettamente legato al trasferimento di particelle inquinanti dilavate dai suoli contaminati del sito industriale di Pieve Vergonte, ad inquinare il lago. Considerando i risultati ottenuti nei tre anni di campionamento (Fig. 3.2.2) sinora eseguiti per la carota 17, la più influenzata dal materiale trasportato dal Fiume Toce, è evidente come negli anni non influenzati da piene (2003-2004) le concentrazioni di DDT totale si siano ridotte a poche decina di ng g<sup>-1</sup>.

Tabella 3.2.1. Concentrazioni (ng g<sup>-1</sup>) dei composti organoclorurati nei campioni del bacino di Pallanza.

Campioni	Carota 13 settembre 2003		Carota 13 marzo 2004		Carota 16 settembre 2003		Carota 16 marzo 2004		Carota 17 settembre 2003		Carota 17 marzo 2004	
	Sezione (cm)	Periodo	Sezione (cm)	Periodo	Sezione (cm)	Periodo	Sezione (cm)	Periodo	Sezione (cm)	Periodo	Sezione (cm)	Periodo
op'DDT	0,2-0,4	0-0,2	0,2-0,4	0-0,2	0,3-0,6	0-0,3	0,35-,70	0-0,35	0,5-1,0	0-0,5	0,4-0,8	0-0,4
pp'DDT	03/03-10/02	09/03-04/03	09/03-04/03	03/04-10/03	04/03-11/02	09/03-04/03	03/03-04/02	03/04-04/03	02/03-07/02	09/03-02/03	07/03-11/02	03/04-07/03
op'DDE	0,66	<0,02	0,55	0,96	3,13	1,29	0,94	0,53	2,38	0,70	1,94	0,94
pp'DDE	3,49	38,02	20,44	4,49	9,21	2,92	28,66	6,90	9,11	13,04	25,18	6,66
op'DDD	0,92	0,80	1,02	1,00	1,54	1,40	1,46	1,31	7,30	1,82	5,25	2,29
pp'DDD	3,75	3,02	3,36	3,67	5,42	3,35	4,10	3,92	15,72	5,63	19,86	7,68
op'DDD	3,33	2,70	4,71	4,07	6,11	4,59	6,19	5,32	21,20	7,06	14,04	7,85
pp'DDD	7,50	7,64	9,23	7,89	10,36	9,50	14,40	11,20	46,77	10,86	35,92	16,16
<b>DDT Tot</b>	<b>19,65</b>	<b>52,18</b>	<b>39,31</b>	<b>22,08</b>	<b>35,77</b>	<b>23,04</b>	<b>55,75</b>	<b>29,18</b>	<b>102,47</b>	<b>39,09</b>	<b>102,19</b>	<b>41,58</b>
Alfa-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Beta-HCH	0,17	0,16	<0,05	<0,05	0,21	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05
Gamma-HCH	0,29	0,32	0,15	0,44	0,86	0,69	0,29	0,30	0,46	0,70	0,19	<0,05
Delta-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>HCH Tot</b>	<b>0,46</b>	<b>0,48</b>	<b>0,15</b>	<b>0,44</b>	<b>1,07</b>	<b>0,69</b>	<b>0,29</b>	<b>0,30</b>	<b>0,46</b>	<b>0,70</b>	<b>0,27</b>	<b>0,00</b>
HCB	0,11	0,27	0,18	0,27	0,14	0,43	0,20	0,24	0,03	0,14	0,24	0,25
t-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
metoxyclo	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,21	0,32	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
mirex	0,29	0,30	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Totale</b>	<b>0,40</b>	<b>0,57</b>	<b>0,18</b>	<b>0,27</b>	<b>0,35</b>	<b>0,75</b>	<b>0,51</b>	<b>0,24</b>	<b>0,03</b>	<b>0,14</b>	<b>0,24</b>	<b>0,25</b>
PCB 18	0,89	0,86	0,06	<0,05	0,46	1,41	<0,05	0,06	0,41	0,40	0,05	0,05
PCB 28	0,23	0,22	0,08	0,06	0,19	0,40	0,06	0,08	0,21	0,19	0,08	0,08
PCB 31	0,23	0,22	0,08	0,06	0,18	0,42	0,06	0,08	0,21	0,20	0,08	0,08
PCB 44	0,25	0,33	0,10	0,13	0,44	0,58	0,11	0,12	0,29	0,40	0,18	0,11
PCB 52	0,23	0,28	0,06	0,06	0,22	0,28	0,05	0,06	0,18	0,20	0,10	0,07
PCB 101	0,34	0,22	0,28	0,34	1,08	1,08	0,18	0,35	1,00	1,38	0,48	0,28
PCB 149	0,21	<0,05	0,25	0,37	0,55	0,44	0,26	0,29	0,51	0,58	0,40	0,30
PCB 118	0,23	0,29	0,19	0,22	0,61	0,35	0,16	0,18	0,35	0,49	0,31	0,23
PCB 153	0,46	0,48	0,25	0,56	0,99	1,41	0,27	0,31	1,01	1,07	0,49	0,30
PCB 138	0,66	0,93	0,19	0,46	1,06	1,34	0,17	0,25	0,99	0,98	0,43	0,27
PCB 180	0,23	0,22	0,17	0,38	0,19	<0,05	0,20	0,21	0,19	0,15	0,35	0,24
PCB 170	0,46	0,51	0,07	0,20	0,43	0,95	0,09	0,07	0,44	0,47	0,13	0,11
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,03
<b>PCB Tot</b>	<b>4,42</b>	<b>4,56</b>	<b>1,78</b>	<b>2,93</b>	<b>6,40</b>	<b>8,68</b>	<b>1,61</b>	<b>2,06</b>	<b>5,79</b>	<b>6,51</b>	<b>3,14</b>	<b>2,15</b>

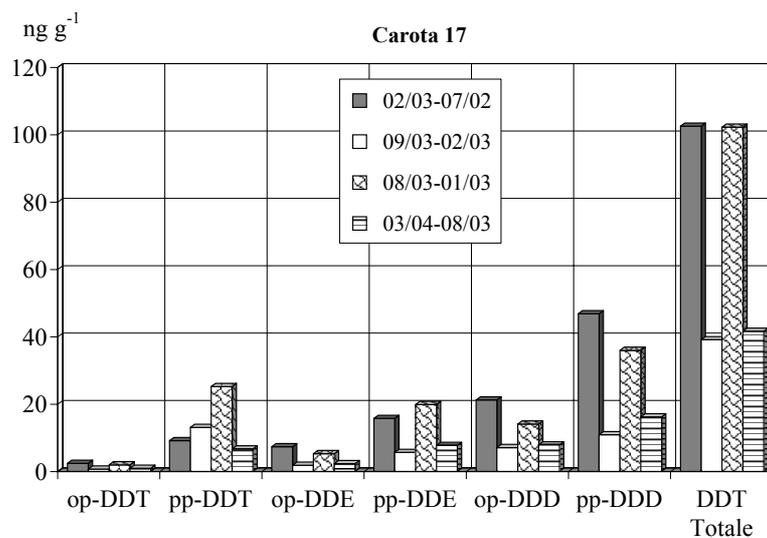
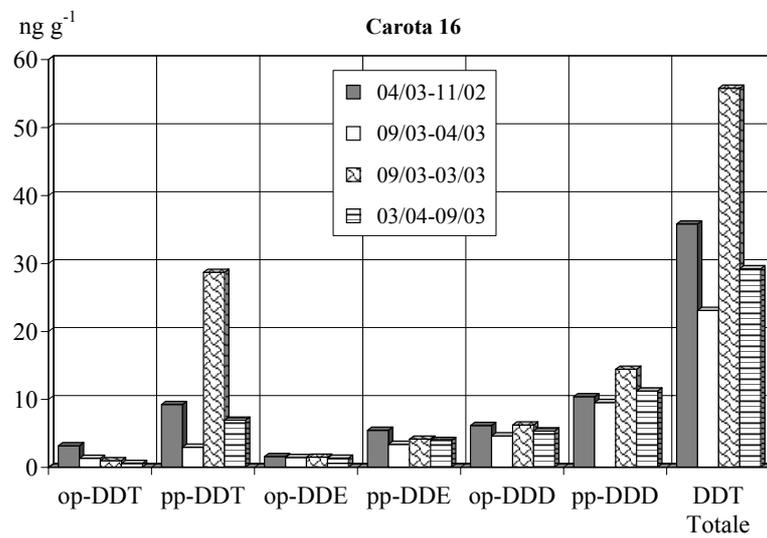
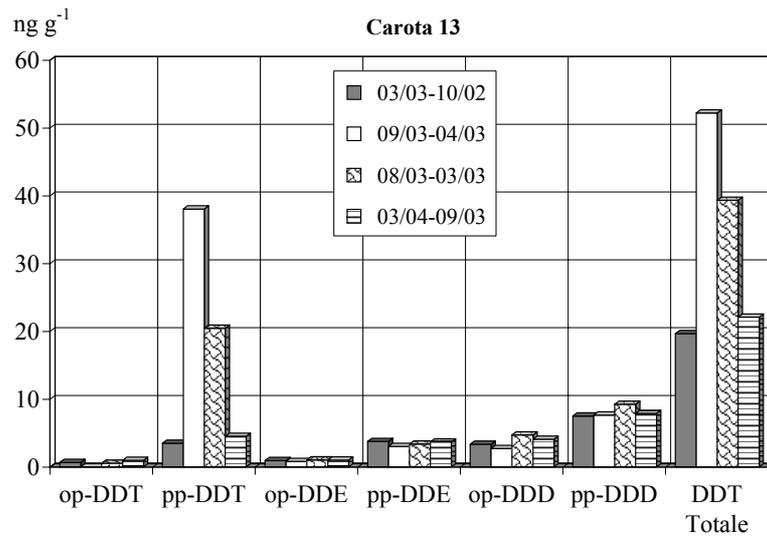


Fig. 3.2.1. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni del bacino di Pallanza.

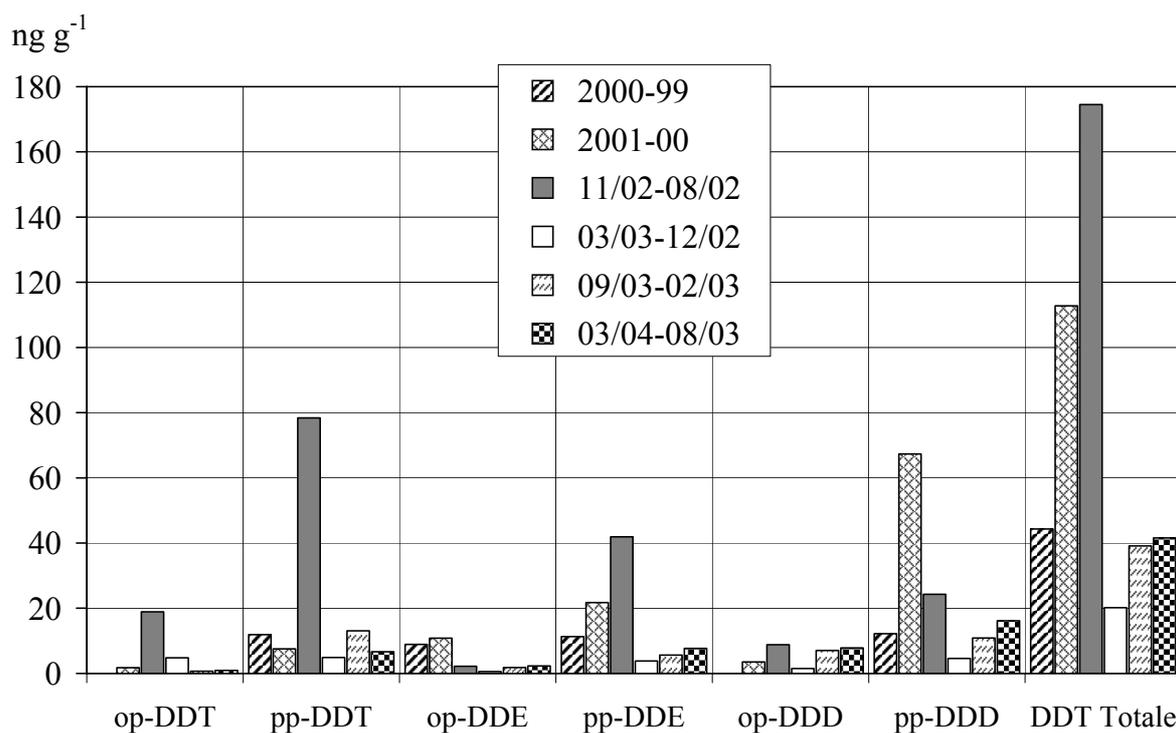


Fig.3.2.2. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni della carota 17 (periodo aprile 2001-marzo 2003)

### 3.2.2. Metalli nella Baia di Pallanza

Per il trattamento dei campioni e l'analisi dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) si sono utilizzate le stesse procedure e gli stessi metodi analitici riportati nel rapporto precedente (CIP AIS, 2002). Ulteriori dettagli sulle procedure utilizzate sono riportati in Camusso et al. (2002).

Per il controllo di qualità dei dati analitici, insieme ai campioni di sedimento sono stati mineralizzati ed analizzati alcuni campioni in triplicato, bianchi di procedura e materiali certificati di sedimento del BCR (CRM 280 e S7). L'accuratezza percentuale è stata del 94 – 107% per tutti gli elementi e la ripetibilità (come deviazione standard relativa) è stata del 2–6% a seconda degli elementi.

Sono stati analizzati gli elementi As, Cd, Cu e Hg in 20 campioni sui 9 previsti, per un totale di 71 analisi su 36. Non è stato possibile analizzare la sezione superficiale della carota 16 del campionamento di settembre 2003, in quanto il campione è andato perso durante il trasporto tramite corriere.

Le concentrazioni dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) misurate nelle sezioni delle carote prelevate nelle tre stazioni (13, 16 e 17) del Bacino di Pallanza nel primo (settembre 2003) e secondo campionamento (marzo 2004) sono riportate nella Tabella 3.2.2. Nella tabella sono riportati oltre alla sezioni (in cm) di carota di sedimento, anche i periodi corrispondenti in base ai tassi di sedimentazione (cf. cap. 3.1)

Le concentrazioni di arsenico nei sedimenti superficiali del 2004 presentano un andamento decrescente andando dalla carota 13 (Baveno) alle carote 16 e 17 (Suna, di fronte a Baveno) (76,8 , 48,0 e 28,3 mg kg<sup>-1</sup> rispettivamente). Cadmio e rame mostrano un andamento opposto con le concentrazioni più alte e simili nelle carote 16 e 17, e più basse nella carota 13, ma le differenze tra i valori sono più contenute. Le concentrazioni di mercurio sono più alte nello strato superficiale della carota 17 (0,392 mg kg<sup>-1</sup>) rispetto alle altre due

(0,247 e 0,301 mg kg<sup>-1</sup> rispettivamente nella 16 e nella 13). Anche nel semestre precedente (settembre 2003) le concentrazioni più alte di tutti gli elementi sono state misurate nella carota 13 (As=118; Cd=0,404; Cu=76,2; Hg=0,361 mg kg<sup>-1</sup>) rispetto alle carote 17 e 16, che presentano valori simili tra loro e più bassi di circa il 20–30% per rame, cadmio e mercurio a un massimo del 75% per l'arsenico. Tutti i metalli mostrano un andamento analogo con concentrazioni più basse nel marzo 2004 rispetto al settembre 2003 nelle carote 13 e 17; mentre nella carota 16 i valori del marzo 2004 sono più alti per arsenico e cadmio, uguali per rame e mercurio.

In generale si osserva che nei sedimenti superficiali della Baia di Pallanza le concentrazioni di arsenico sono variabili a seconda del periodo e della stazione andando da un minimo di 28,3 mg kg<sup>-1</sup> nella stazione centrale (carota 16) a un massimo di 118 mg kg<sup>-1</sup> nella carota 13 a Baveno, stazione litorale vicino alle isole (Fig. 3.2.3).

Andamento costante si osserva invece per il rame con valori omogenei nei sedimenti di tutte le stazioni. Lo stesso si evidenzia per il cadmio, che è relativamente costante nei due periodi in tutte le stazioni con minimo di 0,285 mg kg<sup>-1</sup> nella carota 16 e massimo di 0,404 mg kg<sup>-1</sup> nella carota 13 (Fig. 3.2.4). Per il cadmio il massimo assoluto di 0,548 mg kg<sup>-1</sup> misurato nella carota 17 è relativo a un periodo che comprende la piena del 2002. Analogamente anche per il mercurio le concentrazioni più alte sono in corrispondenza a periodi di piena 2002 nei sedimenti della stazione 17, mentre variazioni e valori più contenuti si osservano in tutte le stazioni per i periodi più recenti.

L'andamento evolutivo delle concentrazioni di mercurio nei sedimenti del Bacino di Pallanza nel periodo di indagine (giugno 2001-marzo 2004) viene illustrato dal profilo della carota 17 (Fig. 3.2.5). Sono evidenti i picchi di concentrazione in corrispondenza delle piene (2000 e 2002) con valori molto alti e superiori a quello di probabile effetto (PEC) di 1,09 mg kg<sup>-1</sup>. Nei semestri successivi si osserva un andamento decrescente, pur attestandosi su valori ancora superiori di circa il doppio dei valori soglia (TEC= 0,18 mg kg<sup>-1</sup>). Si evidenzia dall'analisi di questi dati la criticità dell'andamento idrologico sugli apporti dai tributari e di conseguenza sulla distribuzione delle concentrazioni di mercurio nei sedimenti del lago.

Tabella 3.2.2 Concentrazioni dei metalli in mg kg<sup>-1</sup> nei campioni del Bacino di Pallanza.

Campionamento	Carota N°	Sezione (cm)	Periodo	As mg kg <sup>-1</sup>	Cd mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Hg mg kg <sup>-1</sup>
marzo 2004	13	0-0,2	3/04-10/03	76,8	0,309	54,8	0,301
		0,2-0,4	9/03-4/03	28,3	0,288	48,1	0,252
settembre 2003	13	0-0,2	9/03-4/03	118	0,404	76,2	0,361
		0,2-0,4	3/03-10/02	73,5	0,450	76,0	0,360
marzo 2004	16	0-0,35	3/04-4/03	48,0	0,348	63,4	0,247
		0,35-0,70	3/03-4/02	24,1	0,285	60,9	0,244
settembre 2003	16	0-0,3	9/03-4/03	nd	nd	nd	nd
		0,3-0,6	4/03-11/02	26,2	0,318	62,1	0,301
marzo 2004	17	0-0,4	3/04-7/03	28,3	0,349	63,3	0,392
		0,4-0,8	7/03-11/02	82,0	0,548	72,4	2,503
settembre 2003	17	0-0,5	9/03-2/03	30,6	0,363	72,9	0,280
		0,5-1,0	2/03-7/02	41,5	0,406	72,1	1,063

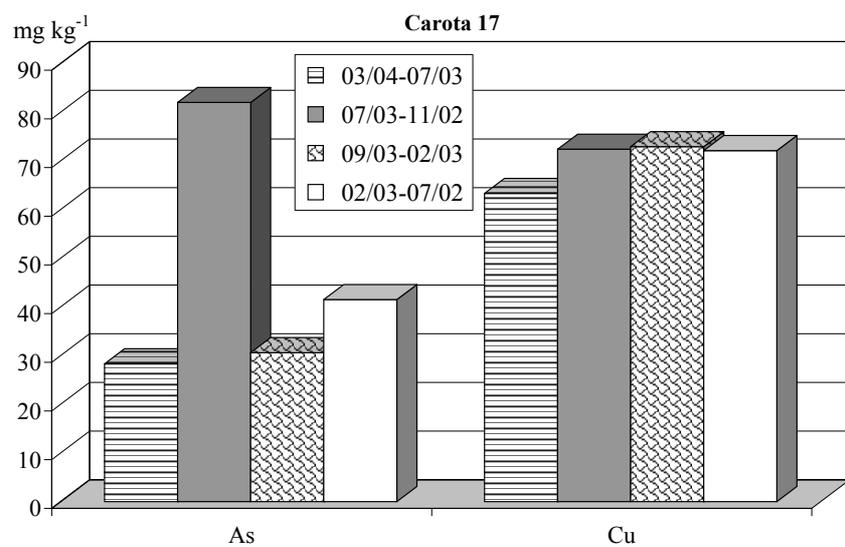
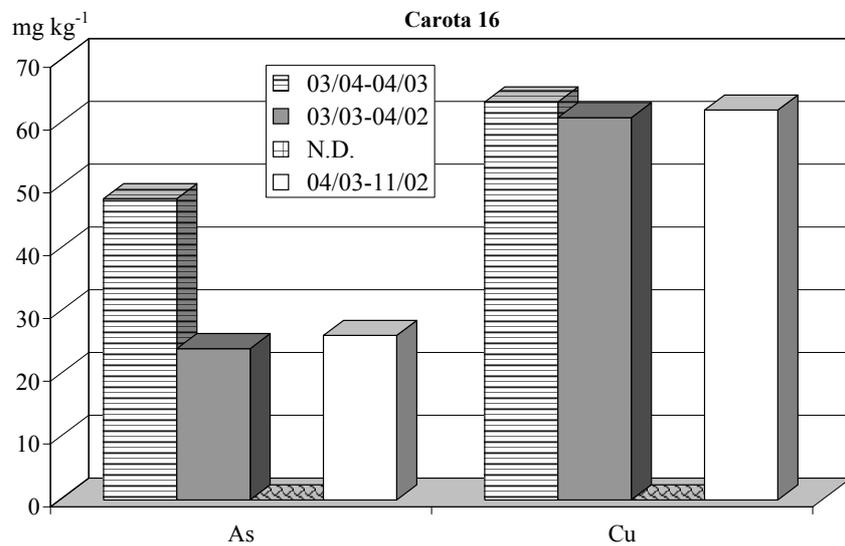
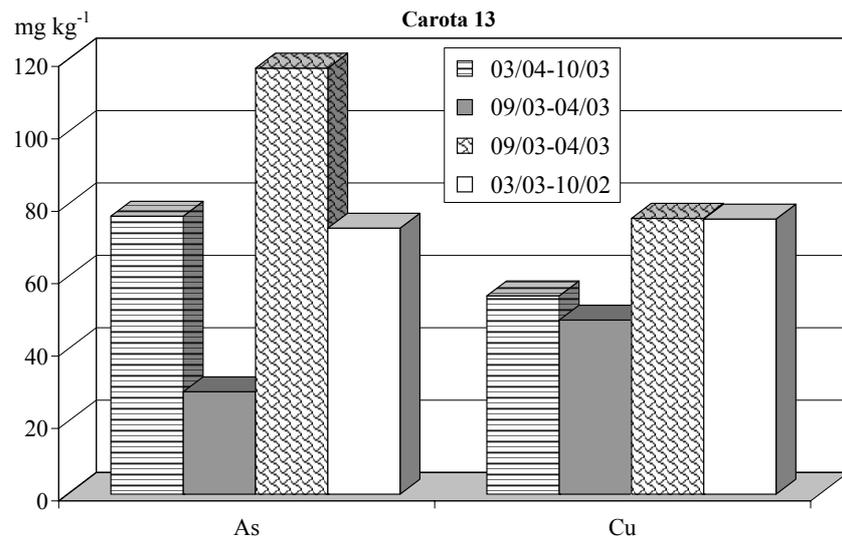


Fig. 3.2.3. Concentrazioni di arsenico e rame nel bacino di Pallanza.

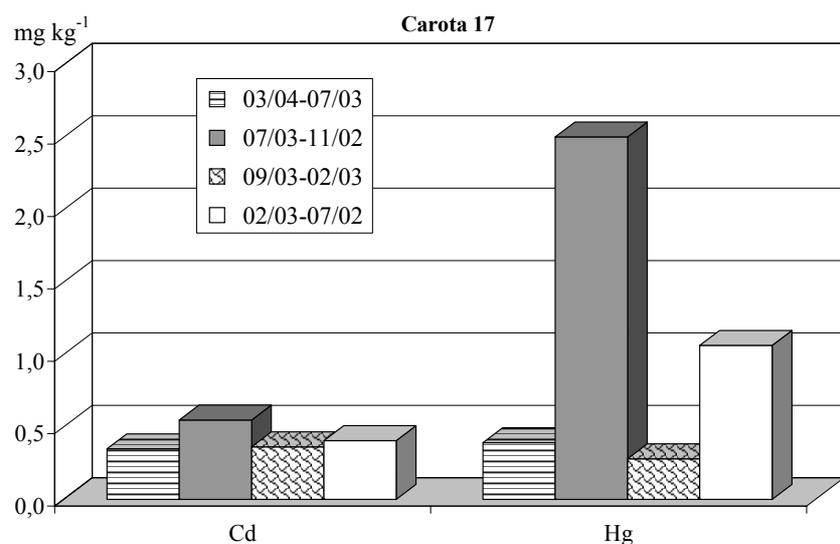
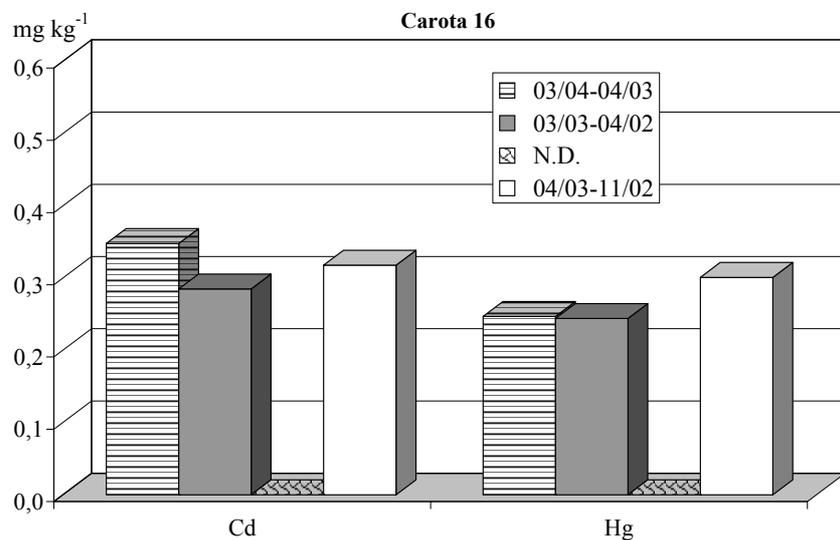
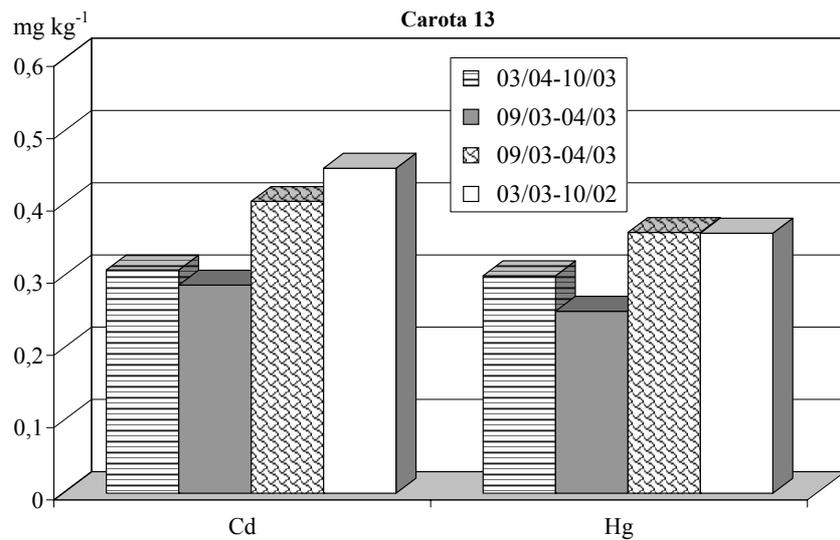


Fig. 3.2.4. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel bacino di Pallanza.

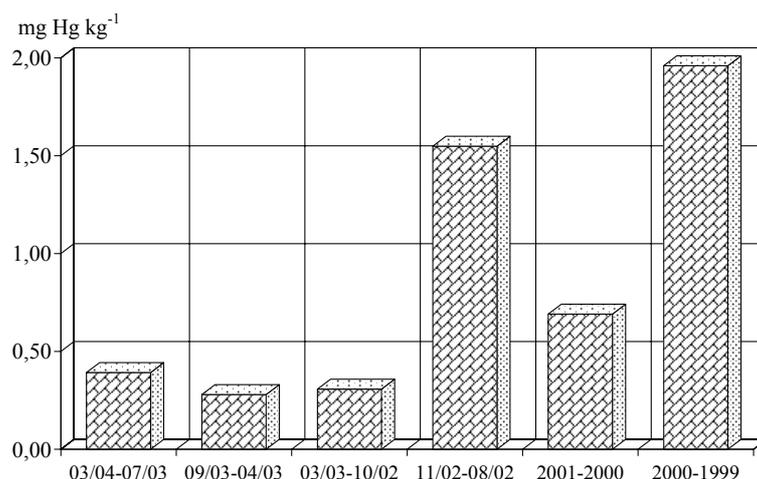


Fig. 3.2.5. Evoluzione dal giugno 2001 al marzo 2004 delle concentrazioni di mercurio nella carota 17.

### 3.2.3. Composti organoclorurati nel lago (asse N-S)

I dati relativi alle tre carote analizzate lungo l'asse principale del lago sono riportati nella Tabella 3.2.3 e in Fig. 3.2.6. Da Nord a Sud le stazioni campionate sono: Brissago (30b), Ghiffa (32b) e Ispra (27).

La carota 30b, campionata nel bacino nord del Lago Maggiore, è caratterizzata da una contaminazione simile a quella riscontrata nella sezione più recente della carota campionata nella parte sud del lago, evidenziando un aumento del DDT totale negli anni più recenti. Tale andamento è in accordo con quanto rilevato nelle carote campionate nel 2001 e 2002 (CIPAIS, 2002 e 2003) e sottolinea come la contaminazione della Baia di Pallanza abbia raggiunto per effetto delle correnti o per trasporto atmosferico anche il bacino nord del lago attraverso la deposizione di particolato fine inquinato (Fig 3.2.7). Tale ipotesi sarebbe corroborata anche dal fatto che in queste carote sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT, come già precedentemente evidenziato (CIPAIS, 2002 e 2003). Tale considerazione porta a concludere che non vi siano fonti locali di contaminazione, ma che si tratta del trasporto di particolato inquinato di origine non recente, probabilmente già parzialmente sottoposto a fenomeni di degradazione. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile, mentre si osservano valori non trascurabili di PCB totali soprattutto nella sezione depositatati recentemente (circa 10 ng g<sup>-1</sup>).

Per la carota 32b, campionata nel bacino centrale, le due sezioni di sedimento analizzato evidenziano una contaminazione da DDT simile che si attesta sui 40 ng g<sup>-1</sup> con livelli pari a quelli della carota 17 campionata nella Baia di Pallanza. La contaminazione negli ultimi anni (2003-2004) risulta stabile (Fig. 3.2.7). La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile e quella da PCB si attesta sui 6 ng g<sup>-1</sup>.

Per la carota 27 che appartiene al bacino sud del Lago Maggiore, la contaminazione risulta essere inferiore al passato nella sezione recente, evidenziando l'assenza di fenomeni di piena che trasportino nella parte sud del lago particolato contaminato (Fig. 3.2.7). In un ideale asse nord-sud l'andamento delle concentrazioni totali di DDT è il seguente: 25 ng g<sup>-1</sup> (30b) → 41 ng g<sup>-1</sup> (32b) → 24 ng g<sup>-1</sup> (27), con un arricchimento pari a 1,70 nella parte centrale del lago.

Tabella 3.2.3. Concentrazioni (ng g<sup>-1</sup>) dei composti organoclorurati nei campioni lungo l'asse del lago N-S.

Campionamento	Carota 30b		Carota 32b		Carota 27	
	0,25-0,5	0-0,25	0,5-1	0-0,5	0,2-0,4	0-0,2
	Sezione (cm) Periodo	09/02-10/01	09/03-10/02	04/03-11/02	09/03-04/03	03/03-09/02
op'DDT	1,64	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,34
pp'DDT	3,15	5,75	<0,02	4,08	1,61	<0,02
op'DDE	1,71	1,28	3,42	2,26	1,46	1,30
pp'DDE	7,31	5,14	12,84	9,21	3,95	5,53
op'DDD	6,41	3,49	9,94	7,96	6,62	5,89
pp'DDD	14,06	8,03	18,05	17,94	11,28	12,89
<b>DDT Tot.</b>	<b>34,28</b>	<b>23,71</b>	<b>44,24</b>	<b>41,45</b>	<b>24,93</b>	<b>25,95</b>
Alfa-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Beta-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gamma-HCH	<0,05	0,14	0,37	0,98	0,44	1,45
Delta-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>HCH Tot.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,14</b>	<b>0,37</b>	<b>0,98</b>	<b>0,44</b>	<b>1,45</b>
HCB	0,13	0,43	<0,05	0,26	0,17	0,05
t-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
dieldrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Totale</b>	<b>0,13</b>	<b>0,43</b>	<b>0,00</b>	<b>0,26</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
PCB 18	0,07	0,29	0,13	0,30	0,35	0,30
PCB 28	0,25	0,32	0,19	0,44	0,20	0,39
PCB 31	0,25	0,32	0,19	0,44	0,21	0,39
PCB 44	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,44	<0,05
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,25	<0,05
PCB 101	0,84	0,38	1,07	1,17	1,66	0,71
PCB 149	0,17	<0,05	0,79	0,56	1,03	0,51
PCB 118	0,44	<0,05	0,60	0,51	0,74	<0,05
PCB 153	0,86	0,44	1,58	1,43	1,66	1,10
PCB 138	0,90	0,24	1,75	1,30	1,72	1,26
PCB 180	<0,05	<0,05	0,16	<0,05	0,41	0,08
PCB 170	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,75	0,43
PCB 194	0,06	<0,05	0,08	0,05	<0,05	0,09
<b>PCB Tot.</b>	<b>3,84</b>	<b>1,98</b>	<b>6,56</b>	<b>6,20</b>	<b>9,41</b>	<b>5,25</b>

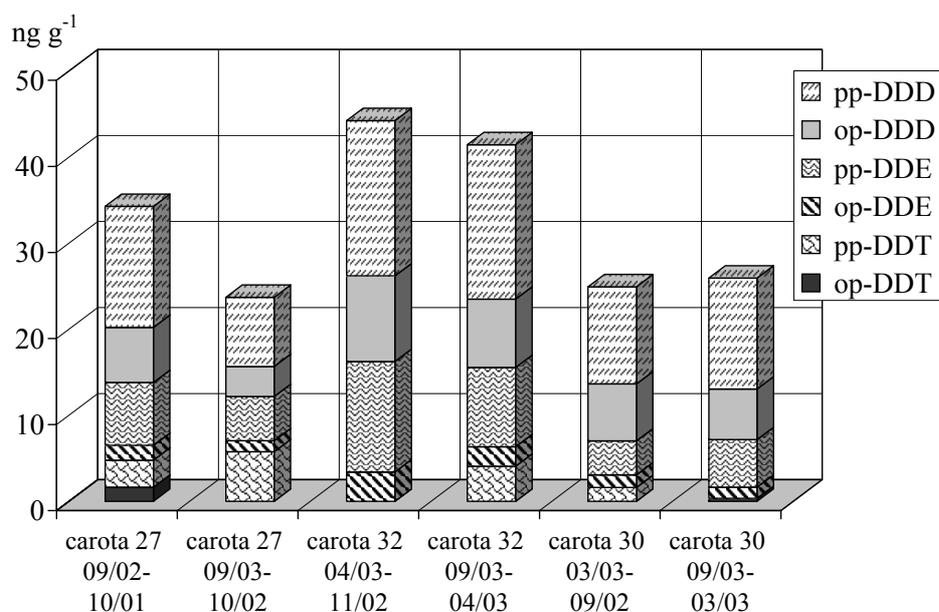


Fig. 3.2.6. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni dell'asse N-S.

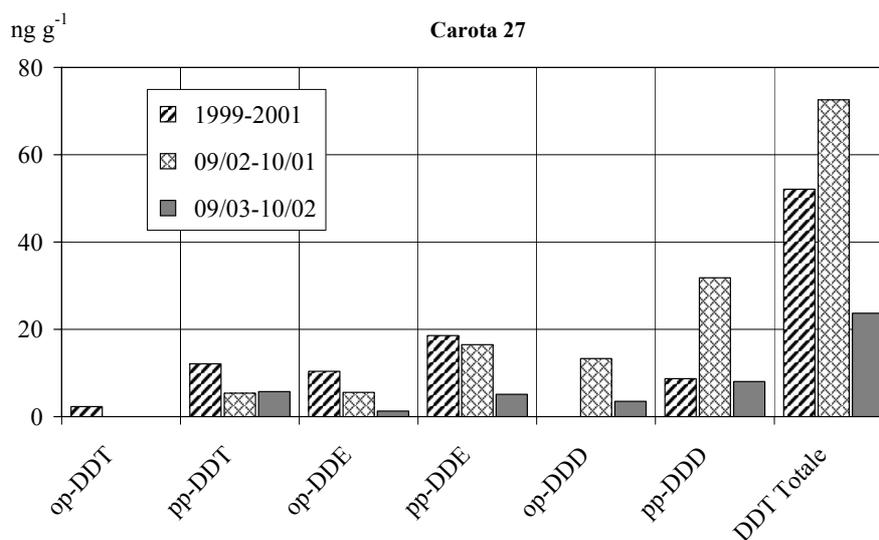
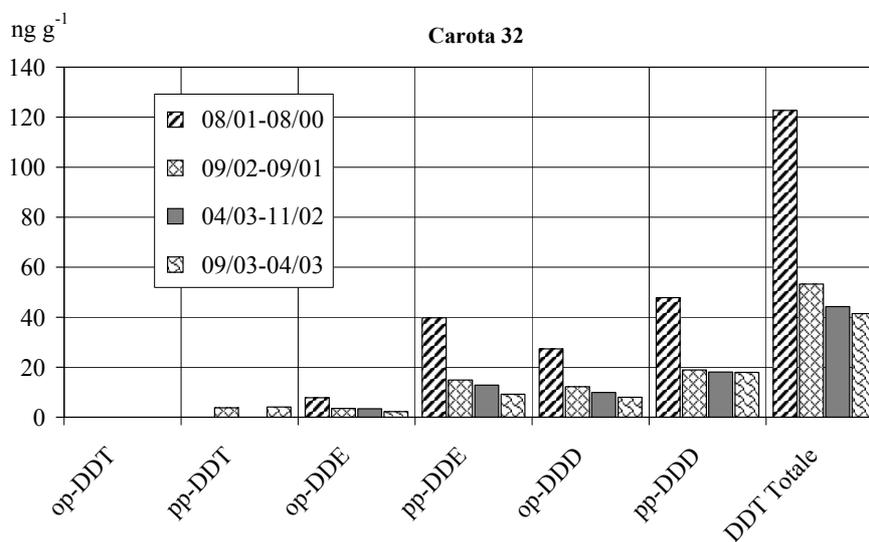
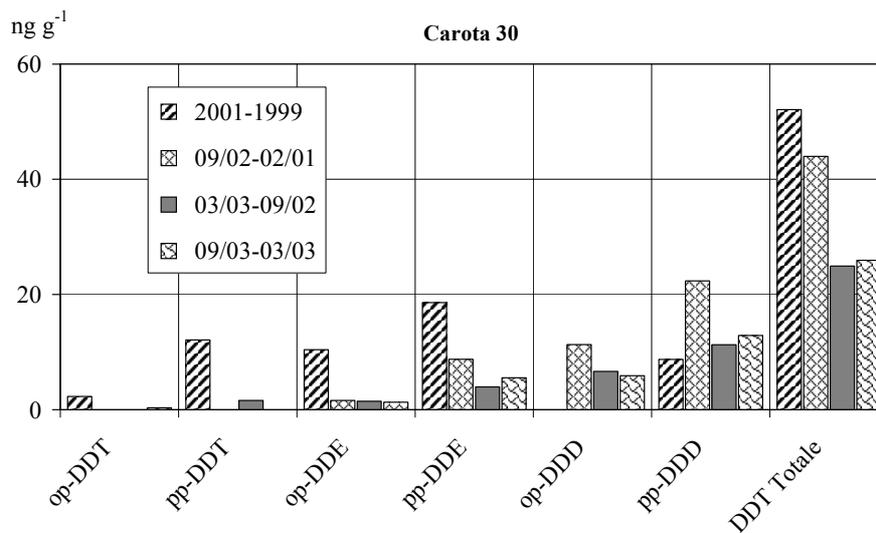


Fig. 3.2.7. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni lungo l'asse N-S del lago (periodo aprile 2001-marzo 2003).

### 3.2.4. Metalli nel lago (asse N-S)

Le concentrazioni di arsenico, cadmio, rame e mercurio determinate nelle sezioni superficiali delle carote raccolte lungo l'asse Nord-Sud sono riportate nella Tabella 3.2.4, insieme ai livelli degli stessi metalli analizzati nelle sezioni corrispondenti a periodi precedenti. In generale si osserva che per arsenico e mercurio le concentrazioni relative all'ultimo anno (ottobre 2002-settembre 2003) vanno da valori più bassi nel bacino settentrionale (As= 30,0 mg kg<sup>-1</sup> e Hg =0,104 mg kg<sup>-1</sup>) a valori leggermente più alti o più alti nel bacino centrale (As= 31,3 mg kg<sup>-1</sup> e Hg= 0,267 mg kg<sup>-1</sup>) e a valori molto alti per arsenico (As=158mg kg<sup>-1</sup>) e un po più alti per mercurio (Hg= 0,330 mg kg<sup>-1</sup>) nel bacino meridionale. Mentre per cadmio e rame gli andamenti sono diversi: le concentrazioni di cadmio sono decrescenti da Nord a Sud (0,904, 0,793 e 0,718 mg kg<sup>-1</sup> rispettivamente); mentre le concentrazioni di rame sono molto simili in tutte e tre le stazioni.

Da un confronto con gli strati più profondi (Tabella 3.2.4 e Fig. 3.2.8 e 3.2.9) , si osserva che nel bacino settentrionale, alla stazione di Brissago (carota 30B), le concentrazioni di tutte e quattro gli elementi mostrano un andamento in crescita, soprattutto per arsenico, rame e cadmio. Nel bacino centrale (Stazione di Ghiffa, carota 32B), le concentrazioni di tutti gli elementi sono invariati (As e Cu) o molto più bassi (Cd e Hg) rispetto al periodo precedente. I valori misurati nel bacino meridionale (Stazione di Ispra, carota 27) sono più elevati per tutti i metalli, ad esclusione del rame che presenta un valore invariato, rispetto al periodo precedente, confermando il trasporto in atto dei contaminanti dal bacino di Pallanza a quello Sud.

Gli andamenti delle concentrazioni di mercurio nelle carote 27, 32B e 30B illustrano l'evoluzione temporale nei sottobacini meridionale, centrale e settentrionale del lago (Fig. 3.2.10) Anche lungo il transetto S-N si osservano i massimi di concentrazione in corrispondenza degli eventi di piena, soprattutto quella del 2000; mentre la piena del 2002 viene evidenziata solo nel bacino centrale, con un aumento di concentrazione nel 2002 del 50% rispetto al 2001. I livelli di mercurio nei periodi successivi sono molto più bassi sia nel bacino meridionale che in quello centrale. Nel bacino settentrionale le variazioni sono molto contenute e si osservano bassi valori pressoché costanti per tutto il periodo.

Tabella 3.2.4. Concentrazioni dei metalli in mg kg<sup>-1</sup> nei sedimenti del lago (N-S).

Campionamento	Carota N°	Sezione (cm)	Periodo	As mg kg <sup>-1</sup>	Cd mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Hg mg kg <sup>-1</sup>
Settembre 2003	30B	0-0,2	9/03-3/03	30,0	0,904	83,3	0,104
		0,2-0,4	3/03-9/02	22,3	0,707	70,7	0,097
Settembre 2003	32B	0-0,5	9/03-4/03	31,3	0,793	81,2	0,267
		0,5-1,0	4/03-11/02	33,9	0,856	88,5	0,438
Settembre 2003	27	0-0,25	9/03-10/02	158	0,718	77,8	0,330
		0,25-0,50	9/02-10/01	58,2	0,653	79,2	0,293

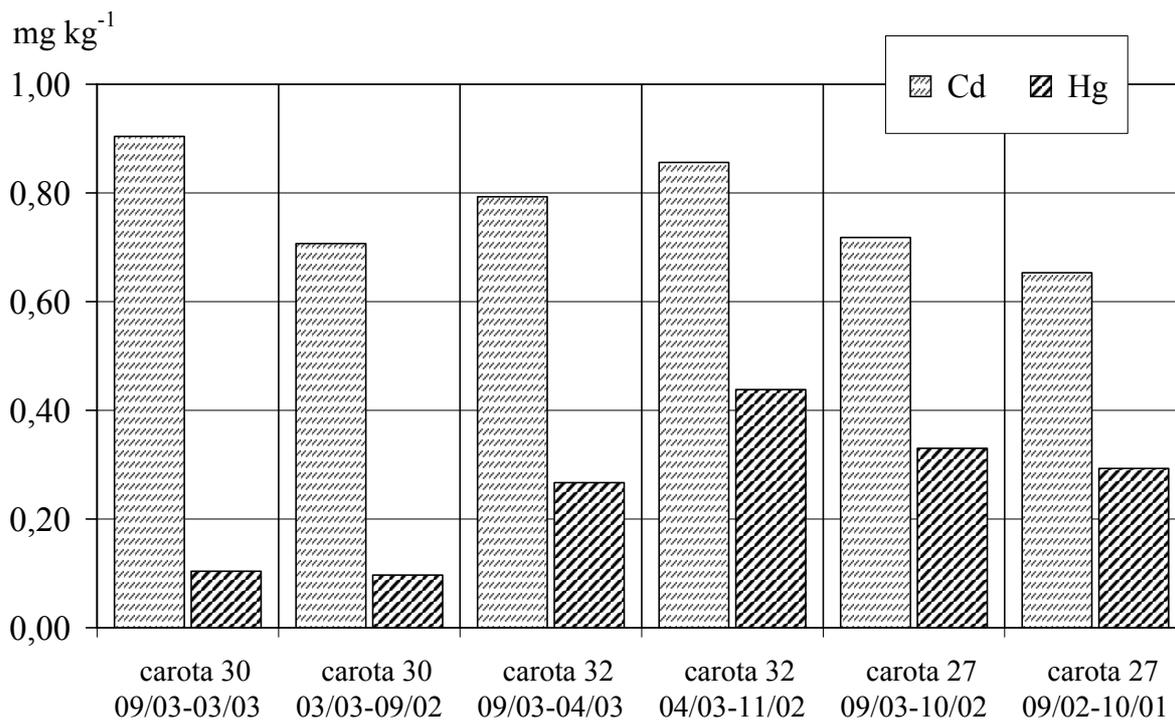


Fig. 3.2.8. Concentrazioni di cadmio e mercurio lungo l'asse Sud-Nord.

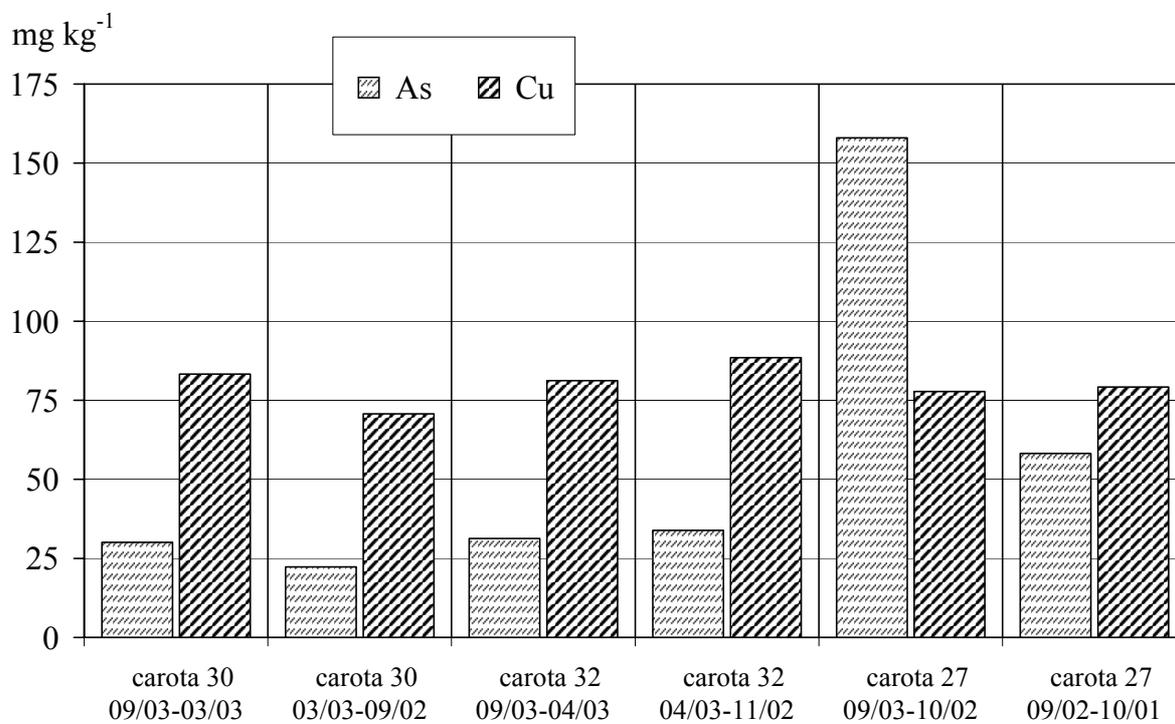


Fig. 3.2.9. Concentrazioni di rame e arsenico lungo l'asse Sud-Nord.

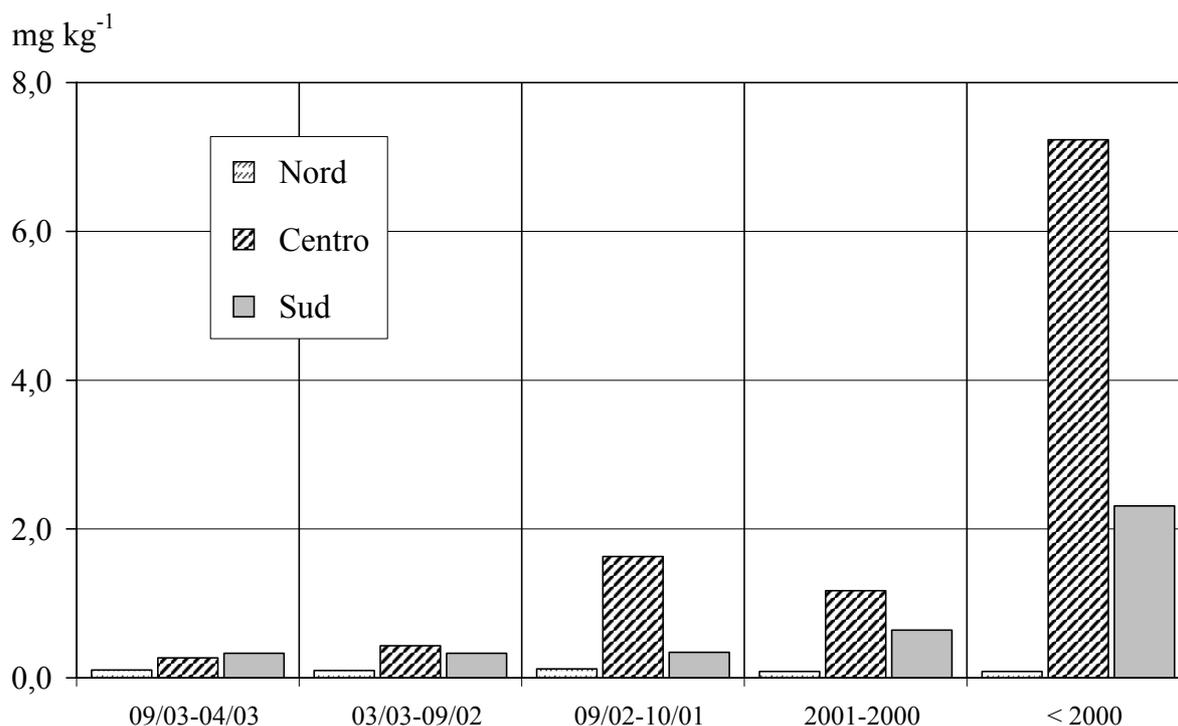


Fig. 3.2.10. Evoluzione temporale delle concentrazioni di mercurio nei sedimenti lungo l'asse Sud-Nord.

### 3.2.5. Bibliografia

- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore*. Rapporto finale sui risultati delle indagini, 81 pp.
- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore*. Rapporto Annuale Aprile 2001- Marzo 2002, 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore*. Rapporto Annuale Aprile 2002- Marzo 2003. 68 pp.
- Camusso M., S. Galassi & D. Vignati. 2002. Assessment of River Po sediment quality by micropollutant analysis. *Water Research*, 36: 2491-2504.

#### 4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI

Sono stati condotti i quattro campionamenti previsti per i tributari nei mesi di aprile, luglio, ottobre 2003 e gennaio 2004 rispettando la scadenza trimestrale. Sono stati, inoltre, campionati i fiumi Boesio e Bardello, nell'ambito del contratto CIP AIS *Monitoraggio DDT e PCB nei sedimenti fluviali* dei fiumi Boesio e Bardello attivo a partire dal febbraio 2003. Inoltre il 23 e il 25 maggio 2003, durante le operazioni di spurgo del bacino artificiale del Palagnedra, sono stati condotti prelievi del materiale in sospensione sia sul Torrente Melezza, a valle della diga in località Corcapolo e Golino, che sul Maggia, a valle dell'immissione del Melezza in località Solduno.

Nel periodo compreso tra aprile 2003 e ottobre 2003 i fiumi Toce, Tresa, Margorabbia, Maggia e Ticino emissario sono risultati in regime per lo più di magra (Tabella 4.1), evidenziando il verificarsi di un lungo periodo di siccità che ha caratterizzato soprattutto il campionamento autunnale (ottobre 2003). Il Verzasca risulta sempre in fase di morbida in quanto il suo regime idrologico è regolato dalla diga della Verzasca SA. Nel campionamento del gennaio 2004 i fiumi sono risultati, invece, in generale in regime di morbida, avendo perciò recuperato la normale condizione di flusso dell'acqua a causa delle piogge verificatesi nel periodo invernale. Unici eventi di piena sono stati osservati sul Boesio a luglio 2003 e sul Bardello nel gennaio 2004 a causa di eventi locali di tipo temporalesco.

Tabella 4.1. Regimi dei fiumi al momento del campionamento e percentuale di carbonio organico nella frazione granulometrica del sedimento <0,05 mm.

<i>Fiumi</i>	<i>Aprile/Maggio 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
Toce	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida/Magra</i>
Tresa	<i>Magra</i>	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida/Magra</i>
Ticino emissario	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida</i>
Margorabbia	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>
Maggia	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida</i>
Verzasca	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>
Boesio	<i>Magra</i>	<i>Piena</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida</i>
Bardello	<i>Magra</i>	<i>Morbida</i>	<i>Magra</i>	<i>Piena/Morbida</i>
Toce	0,8	0,7	0,6	0,5
Tresa	1,7	2,1	5,5	1,6
Ticino emissario	5,9	2,0	4,6	5,8
Margorabbia	3,6	4,0	4,3	1,4
Maggia	0,4	0,2	2,2	0,4
Verzasca	4,5	6,0	8,1	5,8
Boesio	7,0	5,0	2,4	5,2
Bardello	3,2	2,3	3,0	2,2
Melezza Palagnedra	1,2	-	-	-
Melezza Corcapolo	1,5	-	-	-
Melezza Golino	1,5	-	-	-
Maggia Solduno	1,7	-	-	-

I campioni di sedimento sono stati raccolti nelle stazioni relative alla foce dei fiumi Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Boesio, Bardello, Toce e nel Ticino emissario in uscita dal Lago Maggiore. I campioni sono stati liofilizzati e la frazione fine del sedimento (<0,05 mm) è stata analizzata per il contenuto in carbonio organico e la presenza di composti organoclorurati. I campioni relativi allo spurgo del bacino Palagnedra sono stati raccolti come campioni d'acqua con contenitori in plastica lungo il filo principale della corrente del fiume e il materiale particolato è stato raccolto per sedimentazione in un imbuto di vetro. I campioni di materiale in sospensione sono stati trattati nelle stesse condizioni dei sedimenti raccolti dal letto dei fiumi. Per quanto riguarda la percentuale di carbonio organico nella frazione fine di sedimento (Tabella 4.1), il Toce e il Maggia sono i fiumi caratterizzati dai valori più contenuti ( $0,65 \pm 0,13\%$  e  $0,80 \pm 0,94\%$  rispettivamente), mentre la Verzasca, il Boesio e il Ticino emissario presentano i valori più elevati ( $6,10 \pm 1,49$ ;  $4,90 \pm 1,89$  e  $4,58 \pm 1,82\%$  rispettivamente). Esistono evidenti variazioni del contenuto di carbonio organico tra i vari campionamenti, ma non è riconoscibile un andamento comune tra i differenti fiumi.

L'analisi dei principali composti organoclorurati (OC) è riportata nelle Tabelle 4.2–4.10. Il Maggia (Tabella 4.2) è senz'altro da considerare come il meno contaminato, con valori di fondo sia per DDT, HCH, HCB che per PCB, ad esclusione del campione relativo al mese di Ottobre 2003 che risulta significativamente più elevato di tutti i campioni precedentemente considerati. Questo campione è inoltre caratterizzato anche da una percentuale di sostanza organica elevata (2,2%) rispetto a quella normalmente presente (0,2-0,4%). Esprimendo il risultato normalizzando rispetto al contenuto in carbonio organico, le concentrazioni di DDT e HCH sono pari ai valori di fondo:  $< 0,05 \text{ ng mg}^{-1}$  e quelle di HCB e PCB sono  $< 1 \text{ ng mg}^{-1}$  anche considerando il campione di ottobre 2003.

I risultati ottenuti dai campioni di particolato sospeso raccolti nel Torrente Melezza e dopo la sua confluenza con il Maggia (Tabella 4.3) confermano la bassissima contaminazione da composti organoclorurati di questo sottobacino del Lago Maggiore. Una possibile spiegazione a tale fenomeno potrebbe essere ricercata nella direzione principale dei venti per cui, avendo la valle una disposizione angolata rispetto all'asse nord-sud del lago, non viene interessata dai venti che spingono le masse d'aria contaminate dalla parte sud del lago verso il bacino nord.

Per quanto riguarda la Verzasca (Tabella 4.4) i quattro campionamenti eseguiti evidenziano una maggiore contaminazione da DDT, PCB e HCB rispetto a quelli del Maggia. La prevalenza di pp'DDT rispetto agli altri metaboliti, sottolinea l'origine recente del fenomeno di contaminazione da DDT, che è probabilmente da imputare al trasporto atmosferico di questo composto attraverso i venti che principalmente hanno direzione sud-nord. Esprimendo i risultati rispetto al carbonio organico, i valori di DDT totale si attestano tra 0,1 e  $0,2 \text{ ng mg}^{-1}$ , più elevati di quelli misurati per il Maggia.

Per quanto concerne il Margorabbia (Tabella 4.5) si osserva una modesta contaminazione da composti organoclorurati con qualche eccezione per il campionamento di aprile 2003 che risulta essere arricchito in pp'DDT e pp'DDD. Tale contaminazione da DDT non diminuisce neppure normalizzando rispetto al carbonio organico contenuto (valore pari a  $0,33 \text{ ng mg}^{-1}$ ). La contaminazione da PCB risulta invece trascurabile.

Per il Tresa (Tabella 4.6) la contaminazione da DDT e da PCB risulta invece modesta. Differente è la situazione del Toce (Tabella 4.7) in cui è prevalente la contaminazione da DDT, in particolare modo da pp'DDT con un intervallo di valori compreso tra 6 e  $30 \text{ ng g}^{-1}$ , mentre la contaminazione degli altri composti organoclorurati è invece molto modesta. Anche normalizzando rispetto al carbonio organico le concentrazioni di DDT osservate sono elevate e comprese tra 1 e  $5 \text{ ng mg}^{-1}$ .

Tabella 4.2. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Maggia.

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001
pp-DDT	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
op-DDE	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
pp-DDE	0,06	0,03	0,33	0,20	0,015	0,015	0,015	0,050
op-DDD	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001
pp-DDD	<0,02	<0,02	0,17	<0,02	< 0,001	< 0,001	0,008	< 0,001
<b>DDT totale</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>	<b>0,58</b>	<b>0,20</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,026</b>	<b>0,050</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	< 0,001	< 0,001	0,012	< 0,001
γ-HCH	0,06	0,05	0,05	0,25	0,015	0,025	0,002	0,063
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>HCH totale</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,11</b>	<b>0,25</b>	<b>0,015</b>	<b>0,025</b>	<b>0,005</b>	<b>0,063</b>
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	0,87	0,70	<0,05	<0,05	0,218	0,350	< 0,001	< 0,001
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>totale</b>	<b>0,87</b>	<b>0,70</b>	-	-	<b>0,218</b>	<b>0,350</b>	-	-
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,017
PCB 28	<0,05	<0,05	0,12	0,07	< 0,001	< 0,001	0,006	0,018
PCB 31	<0,05	<0,05	0,12	0,07	< 0,001	< 0,001	0,006	0,018
PCB 52	<0,05	<0,05	0,09	0,08	< 0,001	< 0,001	0,004	0,020
PCB 44	<0,05	0,12	<0,05	0,09	< 0,001	0,060	< 0,001	0,023
PCB 101	<0,05	0,12	0,75	0,25	< 0,001	0,060	0,034	0,063
PCB 149	<0,05	0,12	1,17	0,26	< 0,001	0,060	0,053	0,065
PCB 118	<0,05	0,06	0,30	0,12	< 0,001	0,030	0,014	0,030
PCB 153	<0,05	0,18	1,70	0,43	< 0,001	0,090	0,077	0,108
PCB 138	<0,05	0,19	1,93	0,59	< 0,001	0,095	0,088	0,148
PCB 180	<0,05	0,11	1,00	0,23	< 0,001	0,055	0,045	0,058
PCB 170	<0,05	0,07	1,49	0,43	< 0,001	0,035	0,068	0,108
PCB 194	<0,05	<0,05	0,20	0,09	< 0,001	< 0,001	0,009	0,023
<b>PCB totale</b>	-	<b>0,97</b>	<b>8,87</b>	<b>2,84</b>	-	<b>0,485</b>	<b>0,403</b>	<b>0,695</b>

Tabella 4.3. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Melezza/Maggia Solduno.

	<i>Melezza Palagnedra</i>	<i>Melezza Corcapolo</i>	<i>Melezza Golino</i>	<i>Maggia Solduno</i>	<i>Melezza Palagnedra</i>	<i>Melezza Corcapolo</i>	<i>Melezza Golino</i>	<i>Maggia Solduno</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
pp-DDT	0,24	0,16	0,31	0,41	0,020	0,011	0,021	0,024
op-DDE	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDE	0,14	0,18	0,26	0,41	0,012	0,012	0,017	0,024
op-DDD	< 0,02	< 0,02	0,02	0,08	<0,001	<0,001	0,002	0,005
pp-DDD	0,13	0,11	0,28	0,41	0,011	0,008	0,018	0,024
<b>DDT totale</b>	<b>0,51</b>	<b>0,45</b>	<b>0,87</b>	<b>1,34</b>	<b>0,043</b>	<b>0,030</b>	<b>0,058</b>	<b>0,079</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
β-HCH	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
δ-HCH	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>HCH totale</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
T-eptacloro	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	< 0,05	< 0,05	0,15	< 0,05	<0,001	<0,001	0,010	<0,001
Metoxyclor	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>totale</b>	-	-	<b>0,15</b>	-	-	-	<b>0,010</b>	<b>0,003</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 28	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	0,003	<0,001
PCB 31	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	0,004	<0,001
PCB 52	< 0,05	0,14	0,12	0,12	<0,001	0,010	0,008	0,007
PCB 44	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 101	0,72	1,66	1,01	1,09	0,060	0,110	0,067	0,064
PCB 149	1,20	2,20	1,20	1,49	0,100	0,146	0,080	0,088
PCB 118	0,23	0,44	0,39	0,40	0,020	0,030	0,026	0,023
PCB 153	1,35	3,01	1,50	1,93	0,113	0,200	0,100	0,113
PCB 138	1,86	3,89	1,91	2,33	0,155	0,259	0,127	0,137
PCB 180	0,93	1,61	0,72	0,92	0,078	0,107	0,048	0,054
PCB 170	1,37	2,57	1,14	1,54	0,114	0,171	0,076	0,090
PCB 194	0,12	0,21	0,09	0,14	0,010	0,014	0,006	0,008
<b>PCB totale</b>	<b>7,78</b>	<b>15,72</b>	<b>8,19</b>	<b>9,94</b>	<b>0,649</b>	<b>1,048</b>	<b>0,546</b>	<b>0,585</b>

Tabella 4.4. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Verzasca.

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	0,35	0,75	0,58	0,72	0,008	0,013	0,007	0,012
pp-DDT	3,2	9,32	4,80	5,68	0,071	0,155	0,059	0,098
op-DDE	<0,02	<0,02	0,03	0,07	< 0,001	< 0,001	0,000	0,001
pp-DDE	1,4	0,7	4,12	2,46	0,031	0,012	0,051	0,042
op-DDD	<0,02	0,07	0,12	0,19	< 0,001	0,012	0,015	0,033
pp-DDD	0,15	0,44	0,63	0,84	0,003	0,007	0,008	0,014
<b>DDT totale</b>	<b>5,1</b>	<b>11,28</b>	<b>10,28</b>	<b>9,96</b>	<b>0,113</b>	<b>0,188</b>	<b>0,127</b>	<b>0,172</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
γ-HCH	0,17	0,05	0,06	0,17	0,004	0,001	0,001	0,003
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>HCH totale</b>	<b>0,17</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,17</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	2,9	0,06	0,05	0,12	0,064	0,001	0,001	0,002
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>totale</b>	<b>2,9</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,12</b>	<b>0,064</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	<0,05	0,08	0,07	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
PCB 28	<0,05	<0,05	0,10	0,06	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
PCB 31	<0,05	<0,05	0,10	0,06	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
PCB 52	<0,05	<0,05	0,26	0,12	< 0,001	< 0,001	0,003	0,002
PCB 44	<0,05	<0,05	0,05	0,12	< 0,001	< 0,001	0,001	0,002
PCB 101	<0,05	1,25	1,18	0,62	< 0,001	0,021	0,015	0,011
PCB 149	<0,05	2,16	1,28	0,61	< 0,001	0,036	0,016	0,011
PCB 118	<0,05	0,73	1,35	0,19	< 0,001	0,012	0,017	0,003
PCB 153	<0,05	1,45	2,19	1,33	< 0,001	0,024	0,027	0,023
PCB 138	<0,05	4,32	2,85	1,59	< 0,001	0,072	0,035	0,027
PCB 180	<0,05	1,84	0,76	0,81	< 0,001	0,031	0,009	0,014
PCB 170	<0,05	1,79	1,29	1,18	< 0,001	0,030	0,016	0,020
PCB 194	<0,05	<0,05	0,15	0,22	< 0,01	< 0,001	0,002	0,004
<b>PCB totale</b>	<b>-</b>	<b>13,63</b>	<b>11,65</b>	<b>6,98</b>	<b>-</b>	<b>0,227</b>	<b>0,144</b>	<b>0,120</b>

Tabella 4.5. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Margorabbia

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	1,20	<0,02	<0,02	0,09	0,033	<0,001	<0,001	0,006
pp-DDT	4,30	1,74	1,62	0,57	0,119	0,044	<0,001	<0,001
op-DDE	0,07	0,06	<0,02	<0,02	0,002	0,002	<0,001	<0,001
pp-DDE	1,40	0,24	0,67	0,29	0,039	0,006	0,016	0,021
op-DDD	0,20	0,09	0,16	<0,02	0,006	0,002	0,004	<0,001
pp-DDD	4,90	0,14	0,48	<0,02	0,136	0,004	0,011	<0,001
<b>DDT totale</b>	<b>12,07</b>	<b>2,27</b>	<b>2,93</b>	<b>0,95</b>	<b>0,335</b>	<b>0,057</b>	<b>0,068</b>	<b>0,068</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	0,07	0,05	<0,001	<0,001	0,002	0,004
γ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	<0,001	<0,001	<0,001	0,009
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>HCH totale</b>	-	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,18</b>	-	-	<b>0,002</b>	<b>0,013</b>
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	0,18	0,17	<0,05	0,08	0,005	0,004	<0,001	0,006
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>totale</b>	<b>0,18</b>	<b>0,17</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>0,08</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	-	<b>0,006</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 52	<0,05	<0,05	0,06	0,06	<0,001	<0,001	0,001	0,004
PCB 44	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
PCB 101	<0,05	0,24	0,39	0,26	<0,001	0,006	0,009	0,019
PCB 149	<0,05	0,21	0,27	0,14	<0,001	0,005	0,006	0,010
PCB 118	<0,05	0,14	0,27	0,19	<0,001	0,004	0,006	0,014
PCB 153	<0,05	0,30	0,42	0,22	<0,001	0,008	0,010	0,016
PCB 138	<0,05	0,33	0,52	0,32	<0,001	0,008	0,012	0,023
PCB 180	<0,05	0,34	0,14	0,09	<0,001	0,009	0,003	0,006
PCB 170	<0,05	0,14	0,39	0,16	<0,001	0,004	0,009	0,011
PCB 194	<0,05	<0,05	0,06	0,06	<0,01	<0,001	0,001	0,004
<b>PCB totale</b>	-	<b>1,70</b>	<b>2,53</b>	<b>1,56</b>	-	<b>0,043</b>	<b>1,086</b>	<b>0,111</b>

Tabella 4.6. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Tresa.

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	<0,02	<0,02	<0,02	0,23	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,014
pp-DDT	<0,02	<0,02	0,52	0,69	< 0,001	< 0,001	0,009	0,043
op-DDE	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004
pp-DDE	0,16	0,30	0,39	0,70	0,009	0,014	0,007	0,044
op-DDD	<0,02	<0,02	0,05	0,13	< 0,001	< 0,001	0,001	0,008
pp-DDD	0,04	0,07	0,22	0,38	0,002	0,003	0,004	0,024
<b>DDT totale</b>	<b>0,20</b>	<b>0,37</b>	<b>1,18</b>	<b>2,19</b>	<b>0,012</b>	<b>0,018</b>	<b>0,021</b>	<b>0,137</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
γ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,008
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
<b>HCH totale</b>	-	-	-	<b>0,14</b>	-	-	-	<b>0,009</b>
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	0,04	0,06	0,26	0,16	0,002	0,003	0,005	0,010
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>totale</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>0,26</b>	<b>0,16</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,005</b>	<b>0,010</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,006
PCB 28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005
PCB 44	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005
PCB 101	<0,05	0,11	0,33	0,26	< 0,001	0,005	0,006	0,016
PCB 149	<0,05	0,09	0,65	0,29	< 0,001	0,004	0,012	0,018
PCB 118	<0,05	0,07	<0,05	0,16	< 0,001	0,003	< 0,001	0,010
PCB 153	<0,05	0,23	0,58	0,27	< 0,001	0,011	0,011	0,017
PCB 138	<0,05	0,22	0,56	0,44	< 0,001	0,010	0,010	0,028
PCB 180	<0,05	0,16	0,52	0,15	< 0,001	0,008	0,009	0,009
PCB 170	<0,05	0,13	1,01	0,28	< 0,001	0,006	0,018	0,018
PCB 194	<0,05	<0,05	0,19	0,10	< 0,001	< 0,01	0,003	0,006
<b>PCB totale</b>	-	<b>1,01</b>	<b>3,83</b>	<b>2,20</b>	-	<b>0,048</b>	<b>0,070</b>	<b>0,138</b>

Tabella 4.7. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Toce.

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	0,70	0,50	0,27	0,22	0,088	0,071	0,045	0,044
pp-DDT	14,50	5,38	22,43	2,00	1,813	0,769	3,738	0,400
op-DDE	0,14	0,32	0,32	0,29	0,018	0,046	0,053	0,058
pp-DDE	0,60	0,80	1,57	1,12	0,075	0,114	0,262	0,224
op-DDD	1,10	1,14	1,20	0,90	0,138	0,163	0,200	0,180
pp-DDD	3,90	1,60	4,12	1,69	0,488	0,229	0,686	0,338
<b>DDT totale</b>	<b>20,94</b>	<b>9,74</b>	<b>29,90</b>	<b>6,22</b>	<b>2,618</b>	<b>1,391</b>	<b>4,984</b>	<b>1,244</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	< 0,001	< 0,001	0,009	< 0,001
γ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>HCH totale</b>	-	-	<b>0,06</b>	-	-	-	<b>0,009</b>	-
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	0,08	0,17	0,17	0,23	0,010	0,024	0,028	0,046
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>totale</b>	<b>0,08</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,23</b>	<b>0,010</b>	<b>0,024</b>	<b>0,028</b>	<b>0,046</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	0,10	<0,05	<0,05	< 0,001	0,014	< 0,001	< 0,001
PCB 28	<0,05	0,14	<0,05	0,05	< 0,001	0,020	< 0,001	0,010
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,010
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,014
PCB 44	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,012
PCB 101	<0,05	0,14	0,12	0,28	< 0,001	0,020	0,019	0,056
PCB 149	<0,05	0,10	0,11	0,15	< 0,001	0,014	0,018	0,030
PCB 118	<0,05	0,12	0,17	0,18	< 0,001	0,017	0,029	0,036
PCB 153	<0,05	0,12	0,20	0,24	< 0,001	0,017	0,033	0,048
PCB 138	<0,05	0,07	0,24	0,26	< 0,001	0,010	0,040	0,052
PCB 180	<0,05	0,13	<0,05	0,08	< 0,001	0,186	< 0,001	0,016
PCB 170	<0,05	<0,05	0,10	0,16	< 0,001	< 0,001	0,016	0,032
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>PCB totale</b>	-	<b>0,92</b>	<b>0,94</b>	<b>1,58</b>	-	<b>0,131</b>	<b>0,156</b>	<b>0,316</b>

I campioni di sedimento del Ticino emissario (Tabella 4.8) evidenziano come il DDT accumulato nel Lago Maggiore venga trasportato dal lago nell'emissario e sia quindi disponibile per un ulteriore trasporto da qui al Fiume Po. In particolar modo risultano molto contaminati i sedimenti raccolti in luglio ed ottobre 2003. Anche normalizzandoli rispetto al carbonio organico i valori di DDT totale sono compresi tra 0,1 e 100 ng mg<sup>-1</sup>, ben superiori a valori di fondo osservati per gli altri fiumi ed anche rispetto a quelli del Toce. Per quanto concerne i PCB, i livelli sono piuttosto elevati, variano da 11 a 254 ng g<sup>-1</sup>, le differenze rimangono tali anche normalizzando per la frazione organica. La contaminazione da PCB non è tuttavia da imputare al Toce e va ricercata in altri fonti di contaminazione come: presenza di sorgenti locali quali immissioni dirette nelle acque del lago da aree industriali o impianti di depurazione; contributi di altri immissari del Lago Maggiore, quali il Bardello e il Boesio; fenomeni di trasporto ed erosione di particolato contaminato accumulatosi nella parte sud del lago e che confluiscono verso l'emissario. Quest'ultima ipotesi sarebbe confermata anche dai risultati delle analisi condotte sulla carota 28 raccolta nella zona più meridionale del lago nel giugno 2001 (CIPAIS, 2002).

I risultati delle analisi dei campioni di Boesio e Bardello (Tabelle 4.9 e 4.10) evidenziano una contaminazione da PCB superiore a quella di fondo per entrambi e tali livelli rimangono superiori a quelli dei fiumi non contaminati anche se si normalizza per il carbonio organico. La contaminazione da DDT ed altri insetticidi organoclorurati è invece più contenuta in questi due fiumi.

Altri insetticidi organoclorurati (trans-eptacloroepossido, dieldrin, endrin, mirex e metoxyclor) sono risultati per lo più assenti (< 0,1 ng g<sup>-1</sup>), mentre la contaminazione da HCB è trascurabile.

Per confrontare i risultati ottenuti in questa indagine con quelli di precedenti campagne (CIPAIS, 2002; 2003), i valori medi annuali di DDT totale di quattro campionamenti sono stati rappresentati insieme alla loro deviazione standard in Fig. 4.1. La figura evidenzia in generale nel periodo considerato (aprile 2001 – gennaio 2004) la scarsa contaminazione del Maggia, una progressiva riduzione del valore medio della contaminazione del Toce di circa 5 volte in tre anni e un aumento della contaminazione del Ticino emissario soprattutto nell'ultimo anno.

In conclusione si può affermare che per Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Bardello e Boesio la contaminazione da DDT è contenuta ed è proporzionale all'arricchimento in carbonio organico del sedimento. Al contrario per il Toce e il Ticino emissario si è assistito ad un arricchimento del sedimento in livelli di DDT rispetto al carbonio organico: per il Toce, probabilmente a causa dell'apporto dovuto al dilavamento del terreno contaminato presente presso l'insediamento produttivo di Pieve Vergonte; per il Ticino emissario, a causa degli apporti derivanti dal Toce a lago.

Per i PCB i livelli osservati nel Ticino emissario potrebbero essere in parte imputabili agli apporti di Boesio e Bardello, alla presenza di altri fonti locali di contaminazione o soprattutto all'erosione di particolato contaminato dalla parte più a sud del lago.

Tabella 4.8. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Ticino emissario.

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	0,30	3,67	202,97	1,21	0,005	0,184	4,412	0,021
pp-DDT	1,30	435,20	4294,71	5,24	0,022	21,760	93,363	0,090
op-DDE	0,12	0,10	10,85	0,12	0,002	0,005	0,236	0,002
pp-DDE	1,30	9,15	78,25	2,66	0,022	0,458	1,701	0,046
op-DDD	1,00	3,92	49,16	0,23	0,017	0,196	1,069	0,004
pp-DDD	2,30	39,60	150,40	0,29	0,039	1,980	3,270	0,005
<b>DDT totale</b>	<b>6,32</b>	<b>491,64</b>	<b>4786,34</b>	<b>9,75</b>	<b>0,107</b>	<b>24,582</b>	<b>104,051</b>	<b>0,168</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	<0,001	<0,001	0,002	<0,001
γ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>HCH totale</b>	-	-	<b>0,16</b>	-	-	-	<b>0,003</b>	-
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	0,53	0,21	0,95	0,27	0,009	0,011	0,021	0,005
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	1,19	<0,05	<0,001	<0,001	0,026	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>totale</b>	<b>0,53</b>	<b>0,21</b>	<b>2,14</b>	<b>0,27</b>	<b>0,009</b>	<b>0,011</b>	<b>0,047</b>	<b>0,005</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	0,14	0,33	<0,05	<0,001	0,007	0,013	<0,001
PCB 28	<0,05	0,74	0,60	<0,05	<0,001	0,037	0,021	<0,001
PCB 31	<0,05	<0,05	0,61	<0,05	<0,001	<0,001	0,021	<0,001
PCB 52	6,40	0,29	6,03	0,11	0,108	0,015	0,207	0,004
PCB 44	1,40	<0,05	1,71	0,06	0,024	<0,01	0,060	0,002
PCB 101	66,00	1,98	7,99	1,06	1,119	0,099	0,228	0,024
PCB 149	5,60	<0,05	3,30	0,83	0,095	<0,001	0,315	0,031
PCB 118	122,00	3,27	14,13	0,97	2,068	0,164	0,315	0,045
PCB 153	19,00	3,56	15,41	2,30	0,322	0,178	0,587	0,114
PCB 138	26,00	1,12	9,65	2,87	0,441	0,056	0,387	0,096
PCB 180	2,40	<0,05	<0,05	0,75	0,041	<0,001	<0,001	0,057
PCB 170	4,20	<0,05	0,16	1,48	0,071	<0,001	0,080	0,020
PCB 194	0,66	<0,05	<0,05	0,40	0,011	<0,001	<0,001	<0,001
<b>PCB totale</b>	<b>253,66</b>	<b>11,10</b>	<b>59,92</b>	<b>10,83</b>	<b>4,299</b>	<b>0,555</b>	<b>2,508</b>	<b>0,395</b>

Tabella 4.9. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Boesio.

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	<0,02	<0,02	0,60	<0,02	<0,001	<0,001	0,025	<0,001
pp-DDT	0,36	5,13	2,73	1,66	0,005	0,103	0,114	0,032
op-DDE	<0,02	<0,02	0,06	0,30	<0,001	<0,001	0,002	0,006
pp-DDE	0,25	0,54	2,25	1,60	0,004	0,011	0,094	0,031
op-DDD	<0,02	<0,02	0,36	0,59	<0,001	<0,001	0,015	0,011
pp-DDD	0,21	0,33	0,82	0,94	0,003	0,007	0,034	0,018
<b>DDT totale</b>	<b>0,82</b>	<b>6,00</b>	<b>6,81</b>	<b>5,09</b>	<b>0,012</b>	<b>0,120</b>	<b>0,284</b>	<b>0,098</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
β-HCH	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,001	<0,001	0,005	<0,001
γ-HCH	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	<0,001	<0,001	0,004	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
<b>HCH totale</b>	-	-	<b>0,23</b>	<b>0,11</b>	-	-	<b>0,009</b>	<b>0,002</b>
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	<0,05	0,07	0,29	0,29	<0,001	0,001	0,012	0,006
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>totale</b>	-	<b>0,07</b>	<b>0,29</b>	<b>0,29</b>	-	<b>0,001</b>	<b>0,012</b>	<b>0,006</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	<0,05	0,28	0,38	<0,001	<0,001	0,011	0,007
PCB 28	<0,05	0,13	0,43	0,34	<0,001	0,003	0,018	0,007
PCB 31	<0,05	<0,05	0,43	0,34	<0,001	<0,001	0,018	0,007
PCB 52	<0,05	<0,05	0,97	0,83	<0,001	<0,001	0,041	0,016
PCB 44	<0,05	<0,05	0,51	0,47	<0,001	<0,001	0,021	0,009
PCB 101	<0,05	0,53	1,90	1,52	<0,001	0,011	0,079	0,029
PCB 149	<0,05	0,59	1,19	1,14	<0,001	0,012	0,050	0,022
PCB 118	<0,05	0,81	2,27	1,97	<0,001	0,016	0,095	0,038
PCB 153	<0,05	1,09	2,14	1,84	<0,001	0,022	0,089	0,035
PCB 138	<0,05	1,66	3,08	2,38	<0,001	0,033	0,128	0,046
PCB 180	<0,05	1,10	0,82	0,69	<0,001	0,022	0,034	0,013
PCB 170	<0,05	0,32	1,59	1,37	<0,001	0,006	0,066	0,026
PCB 194	<0,05	<0,05	0,35	0,41	<0,001	<0,001	0,015	0,008
<b>PCB totale</b>	-	<b>6,23</b>	<b>15,97</b>	<b>13,68</b>	-	<b>0,125</b>	<b>0,665</b>	<b>0,263</b>

Tabella 4.10. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Bardello.

	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>	<i>Aprile 2003</i>	<i>Luglio 2003</i>	<i>Ottobre 2003</i>	<i>Gennaio 2004</i>
<b>DDT isomeri e metaboliti</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
op-DDT	<0,02	<0,02	0,86	0,05	< 0,001	< 0,001	0,258	0,011
pp-DDT	0,22	0,15	7,09	0,16	0,007	0,007	0,236	0,007
op-DDE	<0,05	<0,05	0,63	0,05	< 0,001	< 0,001	0,189	0,011
pp-DDE	0,07	0,08	3,18	0,62	0,002	0,003	0,106	0,028
op-DDD	<0,02	<0,02	<0,02	0,16	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,035
pp-DDD	<0,02	<0,02	8,00	0,36	< 0,001	< 0,001	2,400	0,079
<b>DDT totale</b>	<b>0,29</b>	<b>0,23</b>	<b>19,76</b>	<b>1,40</b>	<b>0,009</b>	<b>0,010</b>	<b>0,659</b>	<b>0,064</b>
<b>Lindano ed isomeri</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,015
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
γ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>HCH totale</b>	-	-	-	<b>0,07</b>	-	-	-	<b>0,015</b>
<b>HCB e pesticidi organoclorurati</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
HCB	0,17	0,10	0,12	0,21	0,005	0,004	0,004	0,010
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>totale</b>	<b>0,17</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,21</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,010</b>
<b>PCB</b>	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g <sup>-1</sup> )				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg <sup>-1</sup> )			
PCB 18	<0,05	<0,05	0,09	0,08	< 0,001	< 0,001	0,003	0,004
PCB 28	<0,05	0,15	0,09	0,09	< 0,001	0,007	0,003	0,004
PCB 31	<0,05	<0,05	0,09	0,09	< 0,001	< 0,001	0,003	0,004
PCB 52	<0,05	<0,05	0,29	0,17	< 0,001	< 0,001	0,010	0,008
PCB 44	<0,05	<0,05	0,19	0,11	< 0,001	< 0,001	0,006	0,005
PCB 101	<0,05	<0,05	0,73	0,35	< 0,001	< 0,001	0,024	0,016
PCB 149	<0,05	0,15	0,90	1,46	< 0,001	0,007	0,030	0,066
PCB 118	<0,05	0,13	0,98	0,88	< 0,001	0,006	0,033	0,040
PCB 153	<0,05	0,21	1,92	2,07	< 0,001	0,009	0,064	0,094
PCB 138	<0,05	0,29	1,74	1,93	< 0,001	0,013	0,058	0,088
PCB 180	<0,05	0,19	1,74	2,12	< 0,001	0,008	< 0,001	0,096
PCB 170	<0,05	0,10	0,57	0,87	< 0,001	0,004	< 0,001	0,040
PCB 194	<0,05	<0,05	0,17	0,50	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,023
<b>PCB totale</b>	-	<b>1,22</b>	<b>9,50</b>	<b>10,72</b>	-	<b>0,053</b>	<b>0,317</b>	<b>0,487</b>

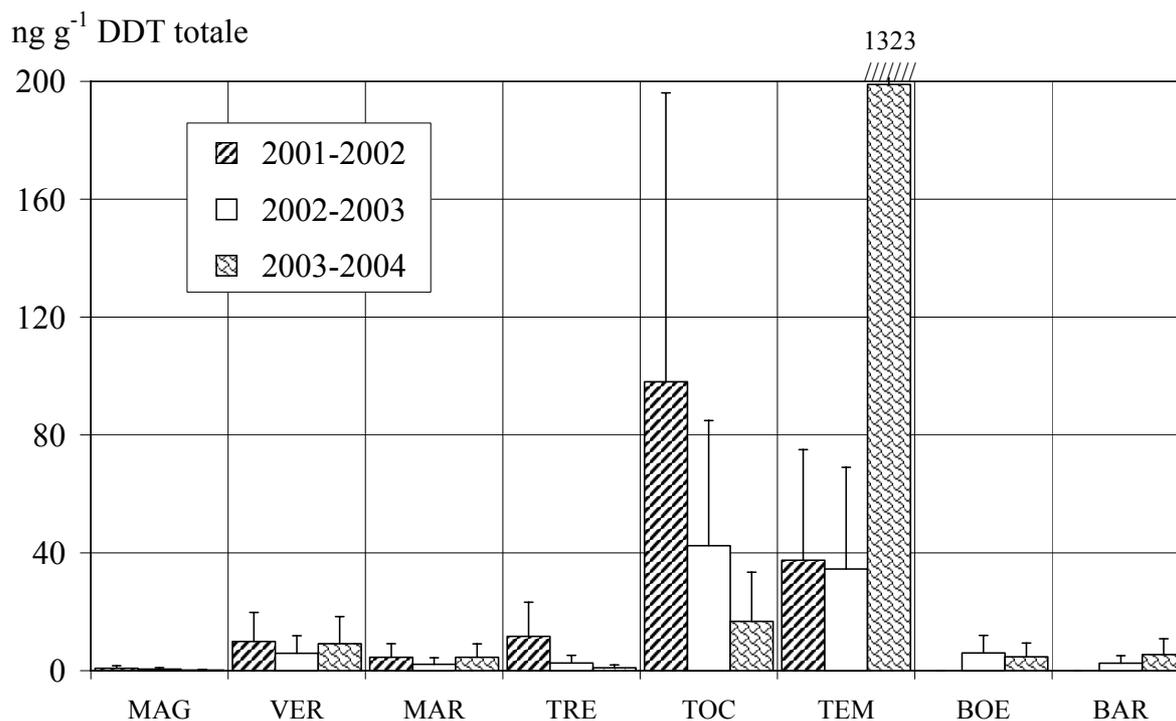


Fig. 4.1. Andamento della contaminazione media annuale dei sedimenti dei tributari e del Ticino emissario nel periodo aprile 2001 – gennaio 2004 (Sigle: MAG=Maggia; VER=Verzasca; MAR=Margorabbia; TRE=Tresa; TOC=Toce; TEM=Ticino emissario; BOE=Boesio; BAR=Bardello).

### **Bibliografia**

- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini.* 81 pp.
- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2001- Marzo 2002.* 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2002- Marzo 2003.* 68 pp.

## 5. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE

Al fine di stimare il contributo degli apporti atmosferici alla contaminazione da composti organoclorurati nel bacino del Lago Maggiore, è proseguita l'attività di campionamento delle deposizioni *bulk* in quattro aree significative: due in Italia, più vicine alla fonte di contaminazione di Pieve Vergonte e due in Svizzera in aree prevalentemente non inquinate, posizionando le stazioni a due differenti quote, una bassa (< 300 m) ed una ad alta quota (> 1500 m). Le località di campionamento selezionate sulla base della disponibilità di stazioni esistenti sono state: in Italia, Pallanza (200 m) e Alpe Devero (1600 m); in Svizzera, Locarno (300 m) e Robiei (2000 m).

Per ciascuna stazione sono stati preparati i campioni medi ponderati mensili relativi al periodo da maggio 2003 ad aprile 2004. Nel periodo in studio sono stati raccolti 12 campioni di precipitazioni per le stazioni svizzere e 11 campioni per quelle italiane, in quanto due campioni, quelli di novembre 2003, sono stati persi dal corriere durante il trasporto a Brugherio. La raccolta e la preparazione dei campioni medi ponderati è stata condotta dal CNR-ISE per le stazioni italiane e dal UPDA-SPAAS per quelle svizzere.

La concentrazione e l'analisi dei campioni (volume massimo pari ad 1 litro in accordo con la quantità campionata) è stata condotta dal CNR-IRSA di Brugherio. Si è proceduto con una unica tecnica di concentrazione, filtrando il campione attraverso un supporto di Bakerbond Speedisk C18 XF 50 mm, seguendo la metodica EPA n.608/8080 per i pesticidi organoclorurati (OC) e i PCB. Tale metodica consente di estrarre e quantificare dal campione acquoso sia gli OC associati al particolato che quelli disciolti nella matrice acquosa. Il risultato è espresso come somma delle due componenti. L'analisi è stata condotta in GC-ECD (GC8000 della Thermo Quest) e confermata in GC-MS/MS (Trace 2000 - PolarisQ della ThermoFinnigan). Le differenze nei limiti di rilevabilità sono da imputare a volumi differenti di campione concentrato in funzione della differente piovosità.

I risultati delle analisi sono stati riportati nelle Tabelle 5.1.–5.4 come concentrazioni assolute misurate ( $\text{ng l}^{-1}$ ), nonché nelle Tabelle 5.5–5.8 come carico mensile ( $\text{ng cm}^{-2}$ ) calcolato sulla base del volume d'acqua raccolto e della superficie del campionatore.

Per quanto concerne la stazione di Pallanza (Tabelle 5.1 e 5.5) le concentrazioni più elevate e il carico maggiore di composti organoclorurati riguardano il campione raccolto nel dicembre 2003, in una stagione di intense piogge. In merito al DDT totale, il carico annuale misurato a Pallanza è di  $0,08 \text{ ng cm}^{-2}$  ed è pari al 50% di quello determinato nell'annualità precedente e pari al 25% rispetto a quello misurato nel 2001-02. Il carico di DDT totale risulta essere determinato principalmente dai metaboliti del pp'DDT. Tra gli isomeri del HCH è prevalente la presenza del gamma isomero, il lindano, considerato il più volatile tra i composti dell'HCH analizzati. Il carico annuale nella stazione di Pallanza per questi inquinanti (pari a  $0,25 \text{ ng cm}^{-2}$ ) è simile a quello della stazione di Locarno Monti, mentre è molto più contenuto rispetto a quello delle stazioni di alta quota. L'HCB è l'unico altro insetticida organoclorurato frequentemente presente (carico  $0,04 \text{ ng cm}^{-2}$ ) con concentrazioni simili a quelle degli anni precedenti. Per i PCB il carico calcolato per Pallanza ( $0,07 \text{ ng cm}^{-2}$ ) è in linea con quello misurato per le altre stazioni considerate e risulta anch'esso dimezzato rispetto a quello calcolato l'anno precedente.

Per quanto concerne la stazione di Alpe Devero (Tabelle 5.2 e 5.6), i risultati rivelano che uno dei campioni raccolti, quello di ottobre 2003, risulta essere pesantemente contaminato da DDT e in particolare da pp'DDT, evidenziando per questa stazione una fonte locale di contaminazione presente nel sub-bacino. La contaminazione di questo campione contribuisce grandemente al carico totale annuale che è pari a  $0,52 \text{ ng cm}^{-2}$ , il più elevato tra le quattro

stazioni considerate. Per gli altri composti OCs la contaminazione da HCH è doppia rispetto a quella di Pallanza ed è prevalente la presenza di Lindano.

Tabella 5.1. Concentrazione (ng l<sup>-1</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza (ND – Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,73	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	0,20	0,08	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,40	0,20	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	ND	0,59	0,55	0,07	0,03	0,21
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,03	ND	0,57	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,63	0,65	<0,05	<0,05	<0,05
<b>DDT totale</b>	<b>0,20</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	-	-	<b>0,06</b>	-	<b>2,92</b>	<b>1,40</b>	<b>0,14</b>	<b>0,03</b>	<b>0,21</b>

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	1,16	0,36	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	ND	0,90	0,95	0,13	0,20	0,21
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,52	1,27	0,40	<0,05	<0,05
γ-HCH	2,85	2,10	0,74	0,54	2,11	2,30	ND	2,49	7,38	0,88	1,22	1,78
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>HCH totale</b>	<b>4,01</b>	<b>2,46</b>	<b>0,74</b>	<b>0,54</b>	<b>2,29</b>	<b>2,30</b>	-	<b>4,09</b>	<b>9,60</b>	<b>1,41</b>	<b>1,42</b>	<b>1,99</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	1,13	0,36	0,27	<0,05	0,07	0,19	ND	0,73	0,36	0,21	0,06	0,32
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	0,29	<0,05
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>totale</b>	<b>1,13</b>	<b>0,36</b>	<b>0,27</b>	-	<b>0,07</b>	<b>0,19</b>	-	<b>0,73</b>	<b>0,36</b>	<b>0,21</b>	<b>0,35</b>	<b>0,32</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,32	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	0,29	ND	0,10	0,23	0,39	0,09	<0,05
PCB 28	0,26	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	ND	0,07	0,17	0,10	<0,05	<0,05
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	ND	0,07	0,17	0,10	<0,05	<0,05
PCB 52	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	ND	0,08	0,17	0,10	<0,05	0,28
PCB 44	<0,05	<0,05	0,07	0,06	<0,05	0,06	ND	0,07	0,12	0,07	<0,05	<0,05
PCB 101	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	ND	0,14	0,39	0,15	<0,05	<0,05
PCB 149	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,06	0,18	0,05	<0,05	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,06	<0,05	0,10	<0,05	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,09	<0,05	ND	0,08	0,19	0,07	<0,05	<0,05
PCB 138	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,09	0,24	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 180	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,07	0,15	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 170	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,07	0,17	<0,05	<0,05	0,15
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,10	0,22	<0,05	<0,05	<0,05
<b>PCBs totali</b>	<b>0,75</b>	<b>0,46</b>	<b>0,20</b>	<b>0,06</b>	<b>0,20</b>	<b>0,72</b>	-	<b>1,06</b>	<b>2,40</b>	<b>1,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,43</b>

Tabella 5.2. Concentrazione (ng l<sup>-1</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero (ND - Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,49	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	ND	0,04	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	ND	<0,03	<0,05	0,04	0,03	<b>0,06</b>
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,03	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	7,50	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>DDT totale</b>	-	-	-	-	-	<b>11,19</b>	-	<b>0,04</b>	-	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,38	0,56	<0,05	<0,05	0,18	0,20	ND	0,49	0,3	<0,04	0,23	<0,05
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	ND	6,1	0,87	0,03	0,19	<0,05
γ-HCH	4,00	2,99	0,80	0,85	3,42	2,34	ND	5,46	12,87	0,44	3,73	1,12
δ-HCH	0,84	2,40	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>HCH totale</b>	<b>5,22</b>	<b>5,95</b>	<b>0,80</b>	<b>0,85</b>	<b>3,60</b>	<b>2,67</b>	-	<b>12,05</b>	<b>14,04</b>	<b>0,47</b>	<b>4,15</b>	<b>1,12</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,86	0,35	0,23	<0,05	0,05	<0,05	ND	0,22	0,28	0,12	0,06	0,30
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,13	ND	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,13	ND	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,05
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,13	ND	<0,13	<0,13	0,35	<0,13	<0,05
<b>totale</b>	<b>0,86</b>	<b>0,35</b>	<b>0,23</b>	-	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	-	<b>0,22</b>	<b>0,28</b>	<b>0,47</b>	<b>0,06</b>	<b>0,30</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,18	0,14	<0,05	0,07	<0,05	0,07	ND	0,10	0,18	0,16	0,18	<0,05
PCB 28	0,14	0,14	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	ND	0,07	0,05	0,05	0,08	<0,05
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,07	0,05	0,05	0,08	<0,05
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	<0,05	ND	0,07	0,07	0,10	0,07	<0,05
PCB 44	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	<0,05	ND	0,06	0,05	0,05	0,05	<0,05
PCB 101	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	ND	<0,05	<0,05	0,08	0,11	0,41
PCB 149	<0,05	<0,05	0,12	0,17	<0,05	<0,05	ND	0,07	<0,05	<0,05	0,09	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	0,07	0,11	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	0,08	0,07	0,08	<0,05	ND	0,08	<0,05	<0,05	0,12	<0,05
PCB 138	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,23
PCB 180	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 170	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>PCBs totali</b>	<b>0,32</b>	<b>0,28</b>	<b>0,40</b>	<b>0,70</b>	<b>0,16</b>	<b>0,07</b>	-	<b>0,61</b>	<b>0,41</b>	<b>0,55</b>	<b>0,78</b>	<b>0,64</b>

Tabella 5.3. Concentrazione (ng l<sup>-1</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	<0,05	<0,05	0,04
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,08
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,36	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>DDT totale</b>	-	-	-	-	-	<b>0,42</b>	-	-	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>	-	<b>0,12</b>

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,30	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	0,10	0,30	0,37	0,11	0,08	<0,04	<0,05
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	<0,05	0,28	<0,05
γ-HCH	3,22	0,31	0,90	0,60	0,79	1,95	1,88	2,76	2,41	0,85	0,51	0,81
δ-HCH	1,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
<b>HCH totale</b>	<b>4,61</b>	<b>0,31</b>	<b>0,90</b>	<b>0,60</b>	<b>0,91</b>	<b>2,05</b>	<b>2,18</b>	<b>3,13</b>	<b>2,73</b>	<b>0,93</b>	<b>0,79</b>	<b>0,81</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	<0,13	0,13	0,09	0,18	0,07	0,03	0,08
T–eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoxycloclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>totale</b>	-	-	-	-	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,18</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	0,06	0,08	0,11	0,34	0,13	0,07	<0,05
PCB 28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	0,05	0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	<0,05	0,06	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 44	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 101	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	0,98	0,51	0,14	0,05	<0,05	0,12
PCB 149	<0,05	0,07	<0,05	0,06	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 138	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 180	<0,05	0,07	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 170	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>PCBs totali</b>	-	<b>0,14</b>	<b>0,20</b>	<b>0,07</b>	<b>0,82</b>	<b>0,06</b>	<b>1,28</b>	<b>0,83</b>	<b>0,94</b>	<b>0,18</b>	<b>0,07</b>	<b>0,12</b>

Tabella 5.4. Concentrazione (ng l<sup>-1</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,34	<0,05
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,03	<0,05	0,10	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>DDT totale</b>	-	-	-	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,23</b>	-	-	-	-	<b>0,44</b>	-

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,15	0,16	<0,05
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,58	<0,05	0,04	0,07	<0,05	<0,05
γ-HCH	1,12	0,80	0,32	0,47	2,00	1,95	4,46	3,44	0,72	1,76	0,91	2,10
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
<b>HCH totale</b>	<b>1,12</b>	<b>0,80</b>	<b>0,32</b>	<b>0,47</b>	<b>2,13</b>	<b>1,95</b>	<b>5,04</b>	<b>3,44</b>	<b>0,93</b>	<b>1,98</b>	<b>1,07</b>	<b>2,10</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,90	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	0,25	0,09	0,09	0,11
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoxychlor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>totale</b>	<b>0,90</b>	-	-	-	-	-	-	<b>0,16</b>	<b>0,25</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,11	0,10	<0,05	<0,05	0,11	0,09	0,07	0,08	0,25	0,11	0,22	<0,05
PCB 28	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,15	<0,05
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,15	<0,05
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	<0,05	0,05	0,08	<0,05	0,19	<0,05
PCB 44	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,13	<0,05
PCB 101	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	0,05	0,10	<0,05	0,08	<0,05	0,24	<0,05
PCB 149	<0,05	<0,05	0,06	0,06	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,25	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,32	<0,05
PCB 138	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,07	<0,05	<0,05	0,16	0,25
PCB 180	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05
PCB 170	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>PCBs totali</b>	<b>0,29</b>	<b>0,10</b>	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>	<b>0,62</b>	<b>0,14</b>	<b>0,33</b>	<b>0,26</b>	<b>0,56</b>	<b>0,11</b>	<b>2,19</b>	<b>0,25</b>

Tabella 5.5. Carico (ng cm<sup>-2</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,018	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,00
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,010	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	ND	0,015	0,000	0,001	0,000	0,004	0,02
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,014	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,016	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02
<b>DDT totale</b>	-	-	-	-	-	<b>0,001</b>	<b>ND</b>	<b>0,073</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	<b>0,004</b>	<b>0,08</b>

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,005	0,002	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	ND	0,023	0,001	0,002	0,001	0,004	0,04
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,013	0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,02
γ-HCH	0,012	0,010	0,001	0,001	0,002	0,041	ND	0,062	0,006	0,011	0,006	0,032	0,18
δ-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
<b>HCH totale</b>	<b>0,017</b>	<b>0,012</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,041</b>	<b>ND</b>	<b>0,102</b>	<b>0,008</b>	<b>0,017</b>	<b>0,007</b>	<b>0,036</b>	<b>0,25</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,005	0,001	0,001	<0,001	0,001	0,003	ND	0,018	0,000	0,003	0,000	0,006	0,04
T-eptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,00
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
<b>totale</b>	<b>0,005</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	-	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>		<b>0,018</b>	<b>0,000</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,006</b>	<b>0,04</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	ND	0,003	0,000	0,005	0,000	<0,001	0,01
PCB 28	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	ND	0,002	0,000	0,001	<0,001	<0,001	0,01
PCB 31	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	ND	0,002	0,000	0,001	<0,001	<0,001	0,01
PCB 52	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	ND	0,002	0,000	0,001	<0,001	0,005	0,01
PCB 44	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001	ND	0,002	0,000	0,001	<0,001	<0,001	0,01
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	ND	0,004	0,000	0,002	<0,001	<0,001	0,01
PCB 149	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,002	0,000	0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,002	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 153	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	ND	0,002	0,000	0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 138	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,002	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,002	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,002	0,000	<0,001	<0,001	0,003	0,00
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,003	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
<b>PCBs totali</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,013</b>	<b>ND</b>	<b>0,027</b>	<b>0,002</b>	<b>0,014</b>	<b>0,000</b>	<b>0,008</b>	<b>0,07</b>

Tabella 5.6. Carico (ng cm<sup>-2</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,16	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,16
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00	ND	0,00	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00	ND	<0,001	<0,001	0,00	0,00	0,00	0,00
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,34	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,34
<b>DDT totale</b>	-	-	-	-	-	<b>0,51</b>	<b>ND</b>	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,52</b>

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,001	0,01	ND	0,01	0,00	<0,001	0,00	<0,001	0,03
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	ND	0,10	0,01	0,00	0,00	<0,001	0,12
γ-HCH	0,015	0,011	0,001	0,001	0,003	0,11	ND	0,09	0,10	0,00	0,02	0,04	0,40
δ-HCH	0,003	0,009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
<b>HCH totale</b>	<b>0,019</b>	<b>0,022</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,12</b>	<b>ND</b>	<b>0,20</b>	<b>0,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,55</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,003	0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
T-εptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,004	0,00	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,00	<0,001	<0,001	0,00
<b>totale</b>	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>	-	-	<b>0,001</b>	<b>0,00</b>	<b>ND</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,00	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,001	0,01
PCB 28	0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,001	0,01
PCB 31	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,001	0,00
PCB 52	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,001	0,00
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,001	0,00
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,00	0,00	0,01	0,02
PCB 149	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	ND	0,00	<0,001	<0,001	0,00	<0,001	0,00
PCB 118	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,00	<0,001	<0,001	0,00
PCB 153	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	<0,001	ND	0,00	<0,001	<0,001	0,00	<0,001	0,01
PCB 138	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,00	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,01
PCB 180	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
<b>PCBs totali</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,005</b>	<b>0,007</b>	<b>0,002</b>	<b>0,00</b>	<b>ND</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,06</b>

Tabella 5.7. Carico (ng cm<sup>-2</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0007	<0,001	<0,001	0,00
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0004	<0,001	<0,001	0,0008	0,00
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0010	<0,001	<0,001	0,0007	<0,001	<0,001	0,0015	0,00
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0007	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0055	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
<b>DDT totale</b>	-	-	-	-	-	<b>0,0064</b>	-		<b>0,0017</b>	<b>0,0007</b>	-	<b>0,0023</b>	<b>0,01</b>

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,0015	0,0054	0,0052	0,0014	0,0008	<0,001	<0,001	0,02
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0018	<0,001	0,0010	<0,001	0,00
γ-HCH	0,020	0,002	0,001	0,010	0,005	0,0300	0,0338	0,0386	0,0313	0,0085	0,0019	0,0154	0,20
δ-HCH	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0009	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
<b>HCH totale</b>	<b>0,028</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,010</b>	<b>0,006</b>	<b>0,0315</b>	<b>0,0392</b>	<b>0,0438</b>	<b>0,0355</b>	<b>0,0093</b>	<b>0,0029</b>	<b>0,0154</b>	<b>0,22</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,0023	0,0013	0,0023	0,0007	0,0001	0,0015	0,01
T-εptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
<b>totale</b>	-	-	-	-	<b>0,001</b>	<b>0,0017</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0013</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0015</b>	<b>0,01</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,0009	0,0014	0,0015	0,0044	0,0013	0,0003	<0,001	0,01
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,0009	0,0007	0,0009	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 31	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0009	0,0007	0,0009	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 52	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,0011	<0,001	0,0014	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0007	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,0176	0,0071	0,0018	0,0005	<0,001	0,0023	0,03
PCB 149	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0010	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0011	0,0007	0,0010	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 138	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 180	<0,001	0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
PCB 170	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00
<b>PCBs totali</b>	-	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,006</b>	<b>0,0009</b>	<b>0,0230</b>	<b>0,0116</b>	<b>0,0122</b>	<b>0,0018</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,07</b>

Tabella 5.8. Carico (ng cm<sup>-2</sup>) dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2003								Anno 2004				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	0,001
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
<b>DDT totale</b>	-	-	-	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	-	-	-	-	<b>0,001</b>	-	<b>0,004</b>

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	0,003	0,000	<0,001	0,006
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,028	<0,001	0,000	0,001	<0,001	<0,001	0,030
γ-HCH	0,008	0,006	0,005	0,007	0,035	0,009	0,219	0,110	0,002	0,035	0,002	0,074	0,511
δ-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
<b>HCH totale</b>	<b>0,008</b>	<b>0,006</b>	<b>0,005</b>	<b>0,007</b>	<b>0,037</b>	<b>0,009</b>	<b>0,247</b>	<b>0,110</b>	<b>0,002</b>	<b>0,040</b>	<b>0,002</b>	<b>0,074</b>	<b>0,546</b>

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,001	0,002	0,000	0,004	0,017
T-eptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
<b>totale</b>	<b>0,006</b>	-	-	-	-	-	-	<b>0,005</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	<b>0,004</b>	<b>0,017</b>

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,000	0,003	0,003	0,001	0,002	0,000	<0,001	0,014
PCB 28	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	0,000	<0,001	0,002
PCB 31	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	0,000	<0,001	0,000
PCB 52	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,002	0,000	<0,001	0,000	<0,001	0,004
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,000	<0,001	0,000	<0,001	0,004
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,000	0,005	<0,001	0,000	<0,001	0,000	<0,001	0,009
PCB 149	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	0,004
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	0,000
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,005
PCB 138	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,002	<0,001	<0,001	0,000	0,009	0,014
PCB 180	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	0,001
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	0,000
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
<b>PCBs totali</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,010</b>	<b>0,001</b>	<b>0,016</b>	<b>0,008</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>	<b>0,009</b>	<b>0,058</b>

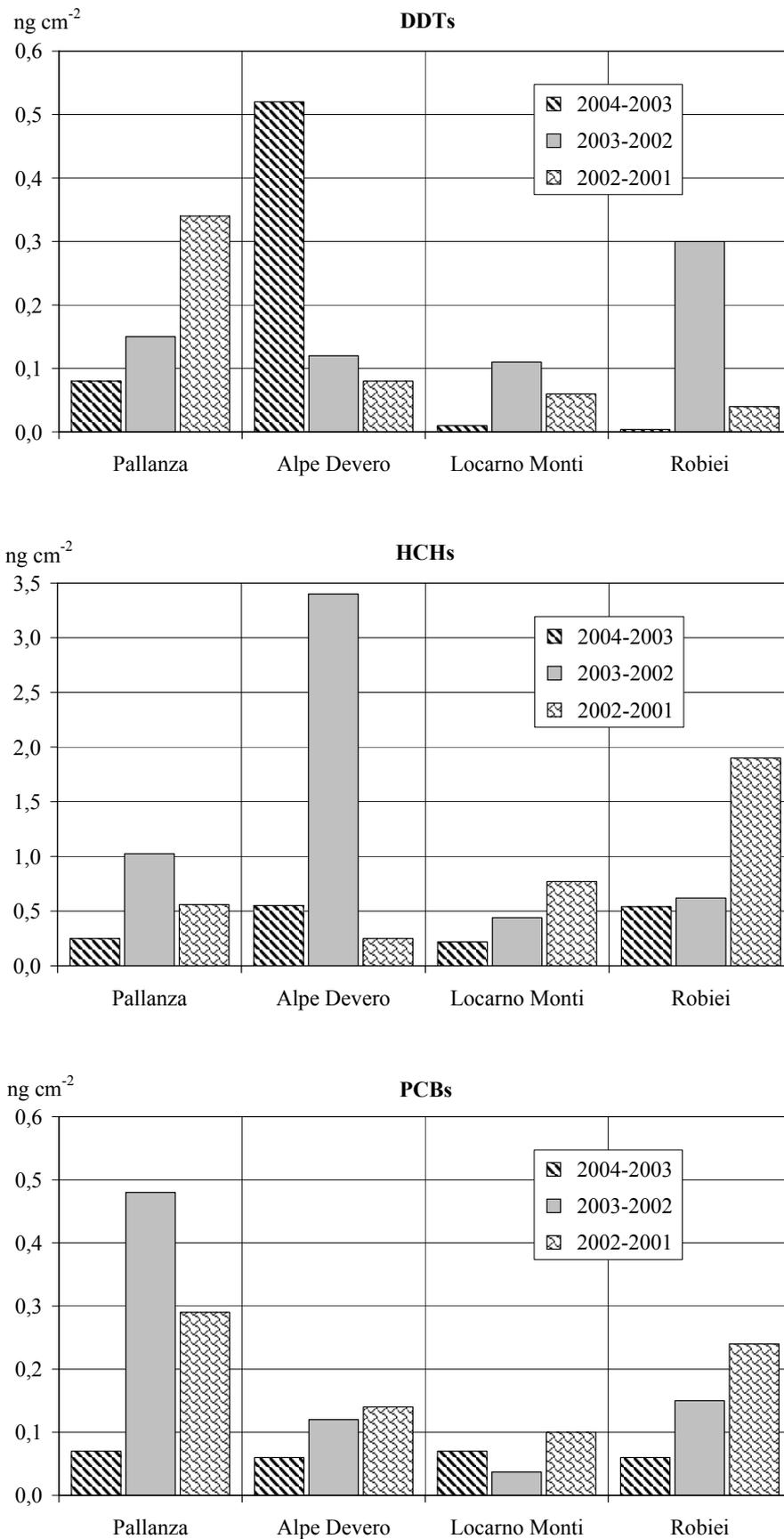


Fig.5.1 – Andamento dei carichi di OCs nell'ultimo triennio nelle quattro stazioni.

L'altitudine sembra quindi avere un effetto di focalizzazione dei composti organoclorurati più volatili come il Lindano nelle aree più fredde delle Alpi, fenomeno che era già stato osservato negli anni precedenti. Per quanto concerne il DDT, la stazione svizzera di valle, quella di Locarno, (Tabelle 5.3 e 5.7) risulta meno contaminata rispetto alle altre considerate con valori molto simili a quelli di fondo (0,01 ng cm<sup>-2</sup>). Per gli HCH il carico è simile a quello dell'altra stazione di bassa quota, cioè di Pallanza, mentre per i PCB i livelli sono simili a quelle delle altre stazioni.

La stazione di Robiei (Tabelle 5.4 e 5.8) in alta quota è caratterizzata da un carico di DDT simile a quello di Locarno Monti. Per quanto concerne l'HCH essa è caratterizzata da un carico 2 volte maggiore di quello di Locarno Monti e Pallanza, riaffermando il fenomeno osservato per Alpe Devero. Tale fenomeno era ancora più evidente nel periodo 2001-02 in cui il carico di lindano, risultava tre volte superiore rispetto alla stazione di Locarno. Ciò potrebbe essere spiegato con l'arricchimento causato dalla ricondensa dei composti organoclorurati che è dimostrato possa verificarsi a quote elevate.

Confrontando l'andamento dei carichi negli ultimi tre anni (Fig. 5.1) (CIP AIS, 2002 e 2003), è evidente come l'anno 2003-2004 sia in generale caratterizzato da una minor contaminazione da OCs (DDT, PCB e HCH). Per quanto riguarda, in particolare, il DDT la stazione di Pallanza riconferma come osservato per i sedimenti una tendenza al calo nei livelli di contaminazione, mentre fa eccezione la stazione di Alpe Devero che dimostra un isolato picco nel carico di DDT negli anni più recenti.

## **5.2 Bibliografia**

- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2001- Marzo 2002.* 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2002- Marzo 2003.* 68 pp.

## 6. MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DA DDT NEL LAGO MAGGIORE MEDIANTE L'ANALISI DI ORGANISMI INDICATORI

### 6.1. Biomonitoraggio con molluschi

Nel corso del periodo 1 aprile 2003 – 30 marzo 2004 sono state prelevate alcune centinaia d'individui del bivalve *Dreissena polymorpha* in 14 punti di campionamento lungo il perimetro del bacino lacustre. La loro scelta si è basata su diversi fattori basati innanzitutto sulla necessità di coprire in modo omogeneo l'intero lago, per poter valutare le concentrazioni di DDT e relativi composti omologhi raggiunti nei primi livelli della rete trofica. Si è cercato, inoltre, di prelevare i molluschi in zone che potrebbero rappresentare area a forte rischio ambientale (siti ad alto interesse naturalistico) o eventuali sorgenti di contaminazione (città, foci di fiumi). Al termine di questa fase di "screening" si è deciso di campionare in 6 punti di prelievo posti sulla sponda piemontese (Cannobio, Intra, Pallanza-Villa Taranto, Baveno, Stresa, Arona) ed altrettanti su quella lombarda (Giona, Luino, Caldè, Baveno, Brebbia, Ranco), oltre ai 2 punti di Brissago (sponda occidentale) e Magadino (sponda orientale), posti in territorio svizzero (Fig. 6.1.1).

Il campionamento è stato effettuato da 2 subacquei nell'arco di 3 giorni alla fine di maggio 2003, per evitare qualunque differenza di concentrazione legata solo ed esclusivamente al differente periodo di prelievo. Gli organismi sono stati prelevati ad una profondità compresa tra i 4 e 6 metri, misurando la temperatura dell'acqua ad ogni stazione di campionamento e trasportando i campioni in laboratorio in borse refrigerate per le analisi successive. Le metodologie di estrazione, purificazione e analisi gas-cromatografiche sono state quelle già utilizzate nel corso degli anni precedenti (Binelli e Provini, 2003) e verificate all'interno di ring-test eseguiti nel corso del Progetto CIP AIS 1997-1998. Alcuni campioni, oltre all'analisi in GC-ECD, sono stati anche testati mediante GC-MS/MS per verificare quali-quantitativamente i composti rilevati nella matrice biologica analizzata.

In Fig. 6.1.2 sono riportati i valori della somma dei 6 diversi omologhi ( $\text{ng g}^{-1}$  lipidi) per tutte le stazioni di campionamento, da quella più settentrionale (Magadino) a quella più meridionale (Arona). Si può evidenziare come la contaminazione maggiore sia stata rilevata nei 2 punti di prelievo posti all'interno della Baia di Pallanza (Baveno e Stresa), dove vengono raggiunti livelli pari a circa  $1400 \text{ ng g}^{-1}$  lipidi, contro i circa  $400 \text{ ng g}^{-1}$  lipidi misurati a Brissago e Cannobio, posti nella zona più settentrionale del lago. Il fatto che la concentrazione di DDT totali a Magadino sia tendenzialmente il doppio rispetto a questi due ultimi punti potrebbe indicare un blando rilascio di tale insetticida dal Fiume Ticino, che sbocca a lago proprio di fronte a tale stazione di campionamento, ipotesi confermata anche dai dati ottenuti per le analisi delle acque dei diversi tributari svolte nel 2001-2002 (CIP AIS, 2002). Anche i valori espressi in termini di peso secco confermano i dati ottenuti normalizzando sui lipidi dei bivalvi.

Entrando nel dettaglio della possibile diversa "impronta" di contaminazione nei 14 diversi punti di campionamento, la Fig. 6.1.3 evidenzia la percentuale relativa dei 6 diversi composti omologhi rispetto alla somma dei DDT. La contaminazione osservata in *D. polymorpha* nel 2003 è di tipo pregresso, in quanto il pp'DDT risulta essere compreso solamente tra il 4,5% a Giona e il 16,7% a Ranco, indicando la mancanza di un evidente apporto a lago del composto parentale, al contrario di quanto osservato nel 2001 e nel 2002 (CIP AIS, 2003). Tale situazione è confermata anche dal basso rapporto pp'DDT/pp'DDE misurato in tutte le stazioni (0,17-0,59) che risulta ben al di sotto dell'unità, valore-soglia che normalmente indica un inquinamento recente.



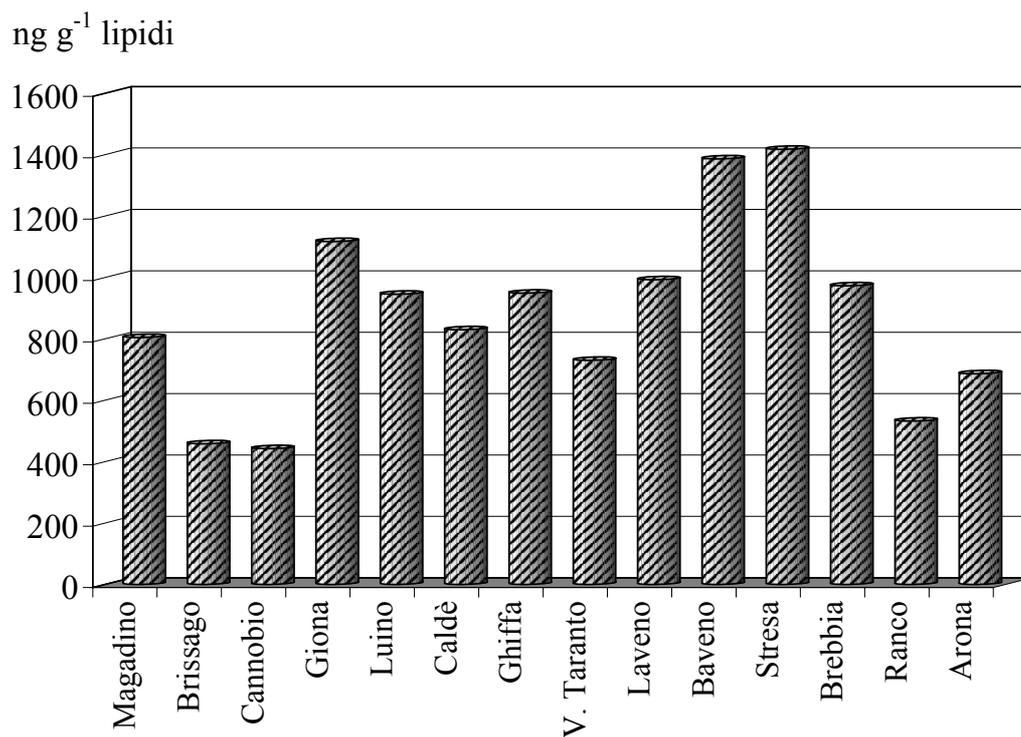


Fig. 6.1.2. Concentrazioni dei DDT totali per i 14 punti di prelievo del bivalve *D. polymorpha*.

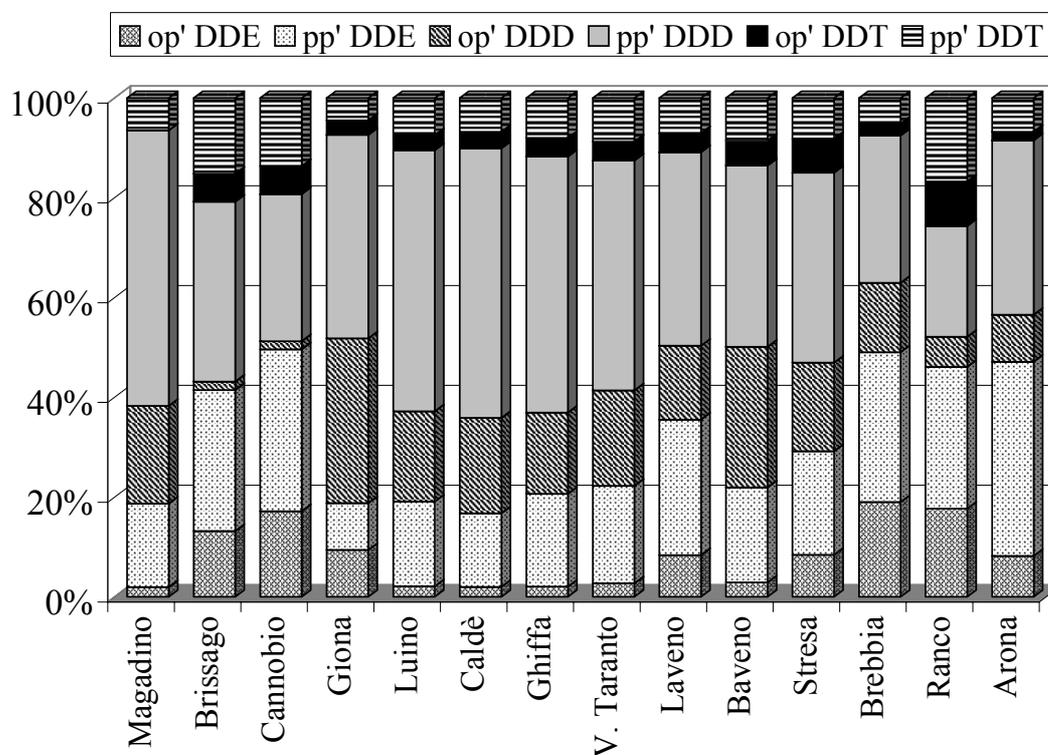


Fig. 6.1.3. Percentuali relative dei diversi composti omologhi rispetto ai DDT totali.

Il composto maggiormente rilevato nei tessuti molli dell'animale è stato il pp'DDD (Fig. 6.1.3), come già osservato nei 2 anni precedenti e successivi all'alluvione dell'ottobre 2000. La sua percentuale relativa varia da poco più del 22% a Ranco fino ad oltre il 55% a Magadino, valori decisamente superiori a quelli riscontrati prima del 2000, quando tale omologo risultava praticamente trascurabile rispetto al composto parentale e al metabolita finale pp'DDE. Valutando, però, i risultati ottenuti in termini di concentrazione, la Baia di Pallanza sembra ancora sottoposta ad un ingresso di nuovo pp'DDT dal fiume Toce, in quanto le due stazioni di Baveno e Stresa presentano valori mediamente più alti di quasi il 50% rispetto agli altri punti, ad eccezione di Ranco che presenta una differenza di solo il 25% (Tab. 6.1.1). L'influenza del Bacino Borromeo nella diffusione della contaminazione da DDT all'interno del lago appare chiara se prendiamo in considerazione le 4 diverse zone in cui il bacino può essere idealmente diviso in base alle concentrazioni di DDT totali misurate (Tab. 6.1.1): il bacino più settentrionale (Magadino, Brissago e Cannobio) ha un valore medio inferiore di circa 2,5 volte il livello della Baia di Pallanza, mentre la zona più a sud e quella centrale presentano concentrazioni intermedie, dovute al trasporto degli inquinanti sia verso nord che verso l'emissario dalla zona più contaminata.

Dal 1996 il nostro gruppo di ricerca ha campionato annualmente *D. polymorpha*, tra fine maggio e metà giugno, nelle stazioni di Baveno e Pallanza-Villa Taranto, rendendo possibile un confronto pluriennale dalla segnalazione della contaminazione da DDT nel Lago Maggiore fino al 2003 (Fig. 6.1.4). Si può osservare come, dopo un iniziale calo della concentrazione nel 1997 in entrambi i punti di prelievo, conseguente alla fine della produzione dell'insetticida da parte dell'insediamento industriale di Pieve Vergonte, nel 2001 e 2002 si sono misurati valori superiori di circa 1,5 volte a Baveno e addirittura doppi a Pallanza-Villa Taranto rispetto ai dati del 1996. Questo nuovo apporto è dovuto al pesante evento alluvionale avvenuto nell'ottobre 2000 che ha raggiunto il livello di piena massimo di tutto il XX secolo e che ha determinato anche un aumento di tale insetticida nelle acque e nei sedimenti del Fiume Toce a valle dell'impianto chimico (CIP AIS, 2002).

I livelli di DDT totali misurati nel 2002 sono perfettamente sovrapponibili a quelli dell'anno precedente, in quanto a maggio e giugno 2002 si sono verificate altre due alluvioni, inferiori alla precedente, che hanno probabilmente determinato un nuovo rilascio di tali composti dal bacino del Toce. Anche l'analisi dei singoli composti ha confermato il ruolo giocato da tali eventi meteorologici, in quanto l'omologo maggiormente rilevato nel biennio 2001-2002 è stato il pp'DDD (CIP AIS, 2003), che si forma in condizioni riducenti, tipiche di eventi alluvionali (ATSDR, 2000). Interessante è anche osservare come è variato l'apporto di pp'DDT nel corso degli anni, soprattutto in funzione degli eventi alluvionali (Fig. 6.1.5 e 6.1.6): all'interno della baia nel 2001 c'è stato un evidente apporto del composto parentale dal bacino del Toce, con valori più che doppi rispetto ai dati del 1996, mentre a Pallanza-Villa Taranto sembra esserci stato un trasporto di pp'DDT dalla baia un anno dopo il maggior evento alluvionale, in quanto nel 2002 i valori dell'insetticida sono paragonabili a prima dell'arresto della sua produzione.

I valori del 2003 sono, al contrario, decisamente inferiori sia per quanto riguarda i DDT totali (Fig. 6.1.4) che per il pp'DDT (Fig. 6.1.5 e 6.1.6), raggiungendo concentrazioni paragonabili a quelle rilevate negli anni precedenti all'alluvione, anche se il regime secco che ha caratterizzato le precipitazioni del primo semestre del 2003 può avere diminuito l'apporto a lago dell'insetticida. Per confermare o smentire tale diminuzione dell'inquinamento da DDT nel Lago Maggiore risultano, quindi, indispensabili i risultati che otterremo nello stesso periodo del 2004, anno caratterizzato da un "normale" andamento stagionale delle precipitazioni.

Tab. 6.1.1. Concentrazioni (ng g<sup>-1</sup> lipidi) dei diversi composti omologhi del pp'DDT per le 14 stazioni di campionamento. (n.d.= non determinato per problemi analitici)

	op' DDE	pp' DDE	op' DDD	pp' DDD	op' DDT	pp' DDT	somma DDT	Conc. media
Magadino	15,9	134,5	157,6	444,5	n.d.	52,0	804,5	
Brissago	60,3	129,5	7,7	165,1	25,7	69,5	457,9	568,2
Cannobio	75,9	143,4	7,3	130,3	24,7	60,5	442,1	
Giona	105,1	104,8	368,9	455,5	32,6	50,0	1116,8	
Luino	20,1	160,5	171,0	494,9	28,8	70,0	945,3	
Caldè	16,7	122,2	158,7	448,1	27,5	56,3	829,4	927,1
Intra	19,4	176,4	154,6	487,1	35,3	76,0	948,7	
V. Taranto	19,9	142,6	139,7	336,2	27,7	63,9	729,9	
Laveno	83,0	269,8	146,8	385,0	37,7	70,1	992,5	
Baveno	40,1	264,2	390,5	503,7	69,3	118,4	1386,2	1401,7
Stresa	119,4	294,6	251,4	539,8	96,0	116,0	1417,3	
Brescia	184,8	292,3	135,2	287,1	23,4	49,8	972,8	
Ranco	94,0	151,1	32,1	118,3	47,5	88,9	532,0	730,8
Arona	56,2	267,2	64,7	239,9	11,7	46,6	686,3	

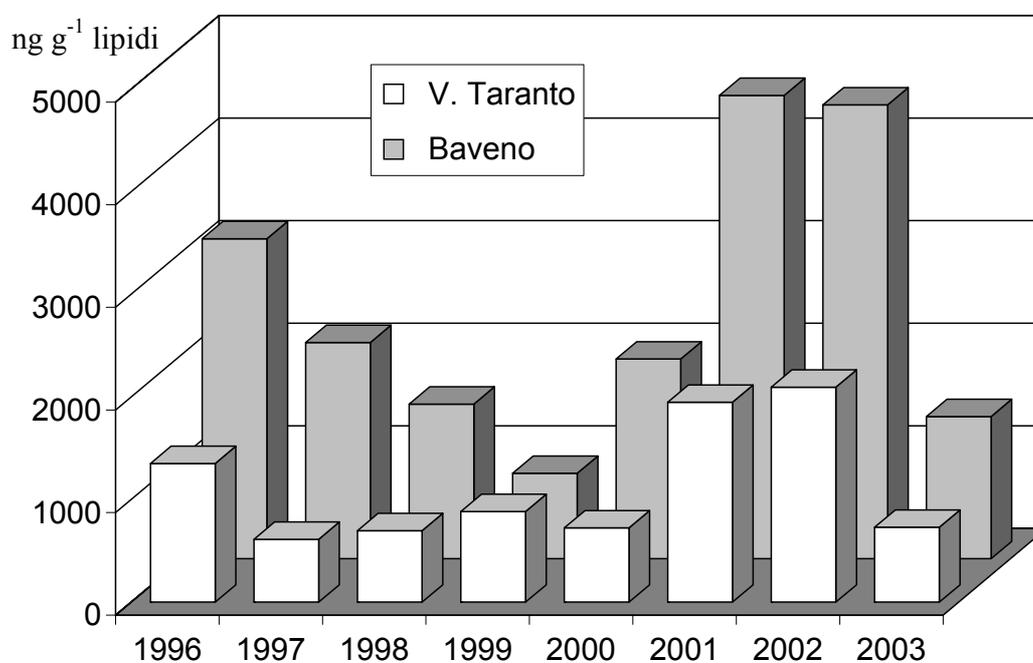


Fig. 6.1.4. Andamento pluriennale delle concentrazioni (ng g<sup>-1</sup> lipidi) dei DDT totali nelle due stazioni di Baveno e Pallanza-Villa Taranto.

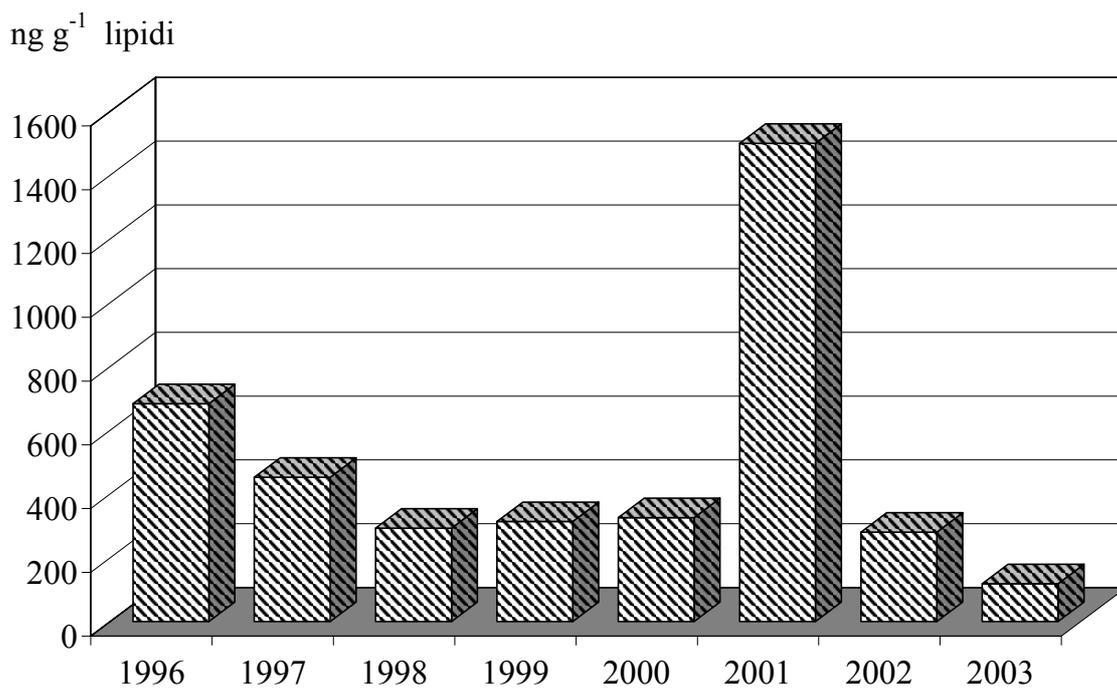


Fig. 6.1.5. Andamento pluriennale della concentrazione di pp'DDT a Baveno.

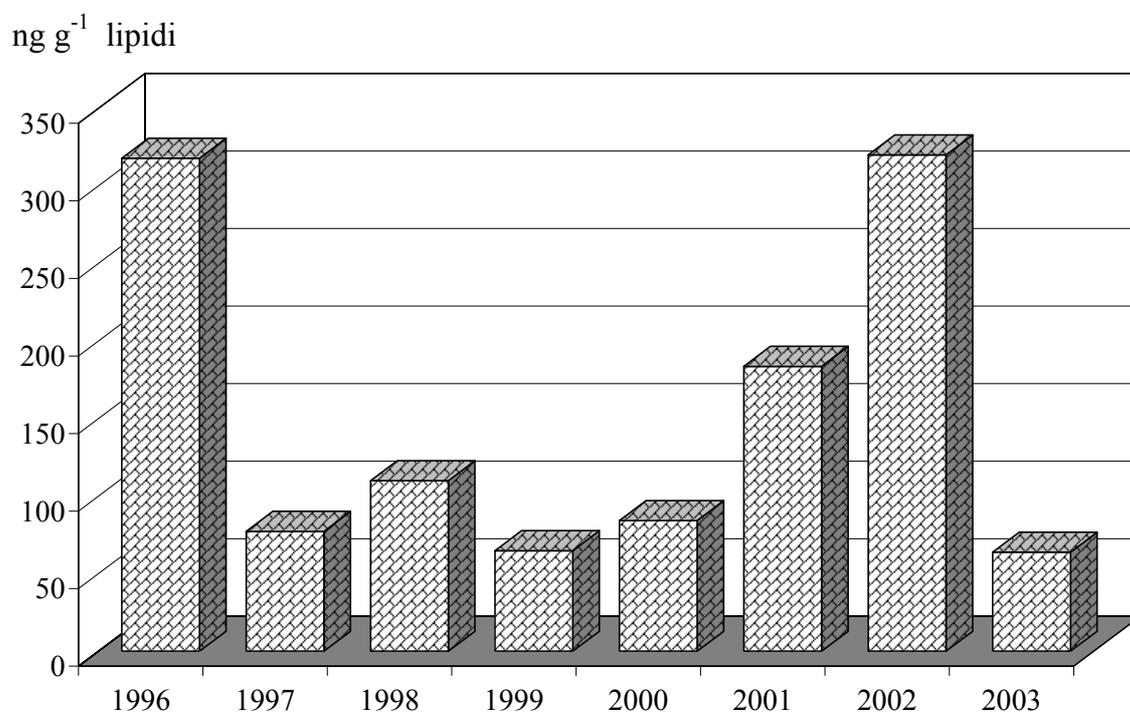


Fig. 6.1.6. Andamento pluriennale della concentrazione di pp'DDT a Pallanza - Villa Taranto.

### ***Bibliografia***

- ATSDR., 2000. *Toxicological profile for DDT, DDE and DDD*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Syracuse. pp. 393.
- Binelli A., A. Provini. 2003. DDT is still a problem in developed Countries: the heavy pollution of Lake Maggiore. *Chemosphere*, 52/4, 717-723.
- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2001-marzo 2002*. CNR-ISE, Pallanza, pp. 89.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2002-marzo 2003*. CNR-ISE, Pallanza, pp. 68.

## 6.2. Biomonitoraggio con uova di svasso maggiore

Pur avendo eseguito molti sopralluoghi in località Fondo Toce, non è stato possibile osservare un numero di nidi di svasso tale da consentire il prelievo delle uova. Probabilmente le condizioni di caldo eccezionale della primavera 2003 hanno determinato un'anticipazione del periodo riproduttivo o anomalie nella nidificazione.

Sulle uova prelevate nelle annate precedenti è stato determinato il livello di PCB e sono in corso misure per la determinazione dello spessore del guscio in quanto questi composti potrebbero contribuire ad un eventuale fenomeno di assottigliamento del guscio stesso.

Anche nel caso dei PCB, come per i DDT, le uova degli svassi del Lago Maggiore sembrano essere più contaminate di quelle del Lago di Garda (Tabella 6.2.1). Il numero di campioni, tuttavia, è troppo scarso per procedere a valutazioni statistiche.

Tabella 6.2.1. Concentrazioni medie di PCB totali ( $\text{ng kg}^{-1}$  p.s.) e deviazione standard in uova di svasso raccolte sulle rive del Lago Maggiore nel biennio 2001 e 2002, nonché del Lago di Garda nel 2002.

<i>Località e anno</i>	<i>Risultati analitici</i>						<i>media <math>\pm</math> d.s.</i>
Fondo Toce (2001)	6444	6111	4154	14918	9558	–	8237 $\pm$ 4207
Fondo Toce (2002)	3231	5171	6278	5306	1967	–	4390 $\pm$ 1748
Angera (2002)	37179	24656	8456	4338	7457	2799	14147 $\pm$ 13734
Bolle Magadino (2002)	3677	5058	–	–	–	–	–
Lago di Garda (2002)	2822	1710	1589	–	–	–	2040 $\pm$ 680

## 7. INDAGINI SUL COMPARTO ITTICO

I campionamenti delle specie ittiche sono stati eseguiti con frequenza stagionale tramite pescatori professionisti e hanno riguardato la zona pelagica (lavarello, *Coregonus* sp.; bondella, *Coregonus macrophthalmus*; agone, *Alosa fallax lacustris*) e litorale (tinca, *Tinca tinca*; scardola, *Scardinius erythrophthalmus*; cavedano, *Leuciscus cephalus*; pesce persico, *Perca fluviatilis*) del Lago Maggiore, sia nella porzione lombarda che in quella piemontese. Le pesche sono state realizzate in luglio, settembre, dicembre 2003 e in aprile 2004 avendo cura di catturare un numero di pesci sufficiente a costituire *pools* di 10 individui per ogni specie ittica in esame, in modo da poter predisporre campioni di parte edibile opportunamente omogeneizzati. Quando questo non è stato possibile le analisi sono state eseguite su *pools* numericamente ridotti o su singoli campioni. Le specifiche dei campioni utilizzati sono riportate in Tabella 7.1 dove sono registrati anche i valori medi di lunghezza e peso delle specie peschate nel secondo anno di indagini. Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi di contenuto lipidico, DDTs, PCBs, esaclorobenzene (HCB) e Hg. La quantità di materia grassa è stata misurata mediante estrazione di 10 g di sostanza in soxlet con etere etilico per 8 ore. L'analisi dei contaminanti organici è stata eseguita in GC/ECD e in GC/MS dopo estrazione del grasso, contenente i p.a. da determinare, e purificazione mediante passaggio su colonna contenente estrelut – acido solforico (1:1)e/o Gel-Permeation (RAPPORTI ISTISAN 96/34 – ISS-XEN 99-4 LINEE GUIDA). Il limite di rilevabilità (*Low Concentration Limit*, LCL) per gli isomeri e metaboliti del DDT, così come per i policlorobifenili (PCBs), è di 0,003 mg kg<sup>-1</sup> di grasso al quale corrisponde una concentrazione limite riferita alla parte edibile di circa 0,001 mg kg<sup>-1</sup>. Il mercurio è stato determinato mediante AA-FIAS idruri volatili, previa digestione con miscela solfonitrica. Nelle Tabelle 7.2 – 7.5 sono riportati i risultati analitici sulle concentrazioni di DDT (metaboliti ed isomeri), dei diversi PCBs, dell'esaclorobenzene HCB e del mercurio riferite alla parte edibile delle specie ittiche campionate. Infine, vengono mostrati gli andamenti, a partire dal luglio 2001 e fino all'aprile 2004, delle concentrazioni di DDT totale (Figg. 7.1–7.7), Hg (Figg. 7.8–7.14) e PCB totali (Figg. 7.15–7.21) nella parte edibile di ciascuna delle specie ittiche campionate nelle acque piemontesi e lombarde, anche in riferimento alla “media lago”, vale a dire al valore medio assunto come rappresentativo della concentrazione media del contaminante in quel determinato popolamento ittico lacustre.

Tabella 7.1. Specifiche delle specie ittiche campionate nel terzo anno di indagini nelle acque piemontesi (P) e lombarde (L) del Lago Maggiore: numero di individui e sesso, lunghezza e peso medio.

		luglio 2003			settembre 2003			dicembre 2003			aprile 2004		
		N° e sesso	Lung. cm	Peso g	N° e sesso	Lung. cm	Peso g	N° e sesso	Lung. cm	Peso g	N° e sesso	Lung. cm	Peso g
Tinca	P	1m+5f	47	1666	4f	32	967	4f	39	1980	2f	41	1418
	L	2f	44	1605	2f+2nd	28	1334	9nd	19	178	9f	17	128
Scardola	P	8f+2nd	43	139	2m+7f	24	175	3m+5f	23	234	5m+5f	15	64
	L	9m+1f	21	119	9f	20	187	2m+8f	18	117	1m+8f	23	319
Cavedano	P	2f	48	1205	7f+1nd	27	502	4f	30	602			
	L	4m+2f	37	624	7f	25	440	3m+7f	23	196	3m+4f	25	357
Pesce persico	P	10nd	18	59	4m+6f	20	77	1m+9f	16	64	2m+8f	15	99
	L	9m+1f	17	58	10f	16	75	10m	15	60	5m+3f+2i	14	45
Lavarello	P	4m+6f	32	312	10f	24	212	6m+4f	32	451	4f	42	527
	L	4m+6f	29	216	4m+6f	25	217	7m+3f	24	183	10m	18	150
Bondella	P	5m+5f	27	178	5m+5f	31	297	5m+5f	21	127	9m+1f	21	107
	L	5m+5f	26	174	4m+6f	23	175	5m+5f	23	236	9m+1f	21	126
Agone	P	10f	27	164	10f	27	157	10f	23	169	10f	25	169
	L	3m+7f	20	95	10f	21	97	10f	22	165	10f	17	73

Tabella 7.2. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel luglio 2003: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg<sup>-1</sup>), PCBs (mg kg<sup>-1</sup>), esaclorobenzene HCB (mg kg<sup>-1</sup>) e mercurio (mg Hg kg<sup>-1</sup>).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
<b>grassi %</b>	<b>2,4</b>	<b>2,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>1,9</b>	<b>1,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>4,5</b>	<b>1,5</b>	<b>4,7</b>	<b>2,3</b>	<b>7,2</b>	<b>9,1</b>
op-DDD	0,026	0,016	0,012	0,004	0,025	0,022	0,007	0,006	0,026	0,008	0,027	0,012	0,074	0,094
pp-DDD	0,034	0,012	0,003	0,003	0,024	0,021	0,007	0,009	0,061	0,027	0,100	0,016	0,159	0,202
op-DDE	0,013	0,001	0,001	<0,001	0,004	0,001	<0,001	0,001	0,005	0,003	0,007	0,003	0,010	0,018
pp-DDE	0,084	0,022	0,007	0,006	0,088	0,034	0,011	0,010	0,072	0,016	0,045	0,015	0,084	0,104
op-DDT	0,001	0,001	0,002	<0,001	0,006	0,007	0,001	0,001	0,011	0,004	0,011	0,005	0,033	0,040
pp-DDT	0,011	0,007	<0,001	<0,001	0,008	0,010	0,003	0,002	0,017	0,007	0,028	0,006	0,057	0,065
<b>DDT totale</b>	<b>0,169</b>	<b>0,059</b>	<b>0,025</b>	<b>0,013</b>	<b>0,155</b>	<b>0,095</b>	<b>0,029</b>	<b>0,029</b>	<b>0,192</b>	<b>0,065</b>	<b>0,218</b>	<b>0,057</b>	<b>0,417</b>	<b>0,523</b>
PCB28	<0,001	0,001	0,008	0,001	<0,001	0,006	0,002	0,008	<0,001	0,003	0,002	0,001	0,006	0,001
PCB52	<0,001	0,002	0,007	<0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	<0,001	0,003	0,005	0,003	0,012	0,020
PCB101	0,005	0,006	0,007	<0,001	0,006	0,006	0,002	0,003	0,005	0,003	0,006	0,004	0,016	0,016
PCB118	0,008	0,009	0,008	0,001	0,007	0,008	0,004	0,002	0,006	0,003	0,007	0,004	0,013	0,012
PCB138	0,010	0,011	0,008	0,001	0,014	0,012	0,005	0,004	0,010	0,005	0,011	0,006	0,015	0,022
PCB153	0,012	0,016	0,008	0,001	0,014	0,014	0,005	0,004	0,014	0,005	0,012	0,006	0,016	0,023
PCB180	0,003	0,005	0,002	0,001	0,005	0,004	0,002	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,007	0,008
<b>PCB totale</b>	<b>0,038</b>	<b>0,050</b>	<b>0,048</b>	<b>0,005</b>	<b>0,047</b>	<b>0,052</b>	<b>0,022</b>	<b>0,024</b>	<b>0,039</b>	<b>0,024</b>	<b>0,047</b>	<b>0,026</b>	<b>0,085</b>	<b>0,102</b>
<b>HCB</b>	<b>0,007</b>	<b>0,001</b>	<b>0,007</b>	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,008</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>	<b>0,006</b>	<b>0,002</b>	<b>0,009</b>	<b>0,005</b>
<b>Hg</b>	<b>0,107</b>	<b>0,165</b>	<b>0,344</b>	<b>0,072</b>	<b>0,333</b>	<b>0,076</b>	<b>0,161</b>	<b>0,094</b>	<b>0,108</b>	<b>0,101</b>	<b>0,135</b>	<b>0,086</b>	<b>0,194</b>	<b>0,201</b>

Tabella 7.3. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel settembre 2003: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg<sup>-1</sup>), PCBs (mg kg<sup>-1</sup>), esaclorobenzene HCB (mg kg<sup>-1</sup>) e mercurio (mg Hg kg<sup>-1</sup>).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
<b>grassi %</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	<b>1,3</b>	<b>2,4</b>	<b>3,5</b>	<b>2,5</b>	<b>3,2</b>	<b>11,8</b>	<b>5,7</b>
op-DDD	0,004	0,009	0,005	0,003	0,050	0,008	0,005	0,006	0,012	0,018	0,010	0,012	0,097	0,065
pp-DDD	0,007	0,008	0,004	0,001	0,025	0,004	0,006	0,011	0,026	0,054	0,040	0,051	0,259	0,168
op-DDE	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,003	0,005	0,004	0,004	0,018	0,014
pp-DDE	0,022	0,022	0,006	0,001	0,304	0,019	0,014	0,009	0,008	0,024	0,025	0,030	0,126	0,088
op-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	0,001	<0,001	0,002	0,004	0,009	0,004	0,007	0,055	0,024
pp-DDT	0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,002	0,004	0,013	0,007	0,007	0,071	0,050
<b>DDT totale</b>	<b>0,036</b>	<b>0,043</b>	<b>0,015</b>	<b>0,005</b>	<b>0,392</b>	<b>0,033</b>	<b>0,028</b>	<b>0,031</b>	<b>0,057</b>	<b>0,123</b>	<b>0,090</b>	<b>0,111</b>	<b>0,626</b>	<b>0,409</b>
PCB28	0,001	0,002	<0,001	0,001	0,015	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	<0,001	0,001
PCB52	0,001	0,003	<0,001	0,001	0,004	0,002	0,002	0,002	0,005	0,004	0,003	0,003	0,007	0,005
PCB101	0,002	0,005	<0,001	0,001	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,012	0,008
PCB118	0,005	0,018	0,002	0,003	0,012	0,004	0,003	0,005	0,006	0,008	0,007	0,007	0,055	0,024
PCB138	0,004	0,004	0,001	0,001	0,010	0,006	0,004	0,004	0,004	0,006	0,005	0,006	0,018	0,014
PCB153	0,001	0,002	0,001	0,001	<0,001	0,005	0,005	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,014	0,010
PCB180	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,002	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	0,005	0,004
<b>PCB totale</b>	<b>0,015</b>	<b>0,035</b>	<b>0,004</b>	<b>0,008</b>	<b>0,050</b>	<b>0,022</b>	<b>0,017</b>	<b>0,020</b>	<b>0,023</b>	<b>0,029</b>	<b>0,025</b>	<b>0,030</b>	<b>0,111</b>	<b>0,066</b>
<b>HCB</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,007</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,007</b>	<b>0,002</b>
<b>Hg</b>	<b>0,320</b>	<b>0,200</b>	<b>0,130</b>	<b>0,050</b>	<b>0,500</b>	<b>0,110</b>	<b>0,140</b>	<b>0,088</b>	<b>0,078</b>	<b>0,100</b>	<b>0,095</b>	<b>0,095</b>	<b>0,180</b>	<b>0,210</b>

Tabella 7.4. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel dicembre 2003: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg<sup>-1</sup>), PCBs (mg kg<sup>-1</sup>), esaclorobenzene HCB (mg kg<sup>-1</sup>) e mercurio (mg Hg kg<sup>-1</sup>).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
<b>grassi %</b>	<b>3,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,9</b>	<b>1,2</b>	<b>1,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,5</b>	<b>2,2</b>	<b>2,6</b>	<b>10,7</b>	<b>7,3</b>
op-DDD	0,089	0,005	0,012	0,003	0,015	0,004	0,012	0,004	0,007	0,007	0,011	0,014	0,076	0,064
pp-DDD	0,068	<0,001	0,007	<0,001	0,009	0,001	0,009	0,002	0,021	0,016	0,034	0,022	0,181	0,205
op-DDE	0,016	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,002	0,001	0,003	0,003	0,016	0,010
pp-DDE	0,264	0,004	0,022	0,004	0,153	0,013	0,021	0,007	0,019	0,015	0,030	0,026	0,125	0,095
op-DDT	0,008	<0,001	0,002	<0,001	0,002	<0,001	0,002	<0,001	0,004	0,003	0,004	0,004	0,037	0,027
pp-DDT	0,017	<0,001	0,002	<0,001	0,002	<0,001	0,004	0,001	0,006	0,004	0,007	0,007	0,062	0,051
<b>DDT totale</b>	<b>0,462</b>	<b>0,009</b>	<b>0,045</b>	<b>0,007</b>	<b>0,182</b>	<b>0,018</b>	<b>0,050</b>	<b>0,014</b>	<b>0,059</b>	<b>0,046</b>	<b>0,089</b>	<b>0,076</b>	<b>0,497</b>	<b>0,452</b>
PCB28	0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	<0,001	<0,001
PCB52	0,018	0,001	0,004	<0,001	0,005	<0,001	0,009	<0,001	0,003	<0,001	0,004	0,004	0,005	0,004
PCB101	0,046	0,003	0,008	0,002	0,014	0,004	0,010	0,002	0,006	0,003	0,006	0,008	0,020	0,014
PCB118	0,065	0,004	0,009	0,002	0,018	0,005	0,006	0,003	0,004	0,004	0,006	0,008	0,024	0,018
PCB138	0,034	0,004	0,006	0,002	0,021	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,005	0,008	0,024	0,018
PCB153	0,054	0,004	0,009	0,002	0,020	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	0,006	0,008	0,026	0,020
PCB180	0,006	<0,001	0,002	<0,001	0,006	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,005	0,004
<b>PCB totale</b>	<b>0,224</b>	<b>0,017</b>	<b>0,038</b>	<b>0,009</b>	<b>0,084</b>	<b>0,021</b>	<b>0,034</b>	<b>0,012</b>	<b>0,019</b>	<b>0,016</b>	<b>0,030</b>	<b>0,039</b>	<b>0,104</b>	<b>0,078</b>
<b>HCB</b>	<b>0,003</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>
<b>Hg</b>	<b>0,350</b>	<b>0,018</b>	<b>0,088</b>	<b>0,059</b>	<b>0,242</b>	<b>0,086</b>	<b>0,164</b>	<b>0,094</b>	<b>0,105</b>	<b>0,070</b>	<b>0,107</b>	<b>0,083</b>	<b>0,181</b>	<b>0,170</b>

Tabella 7.5. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nell'aprile 2004: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg<sup>-1</sup>), PCBs (mg kg<sup>-1</sup>), esaclorobenzene HCB (mg kg<sup>-1</sup>) e mercurio (mg Hg kg<sup>-1</sup>).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
<b>grassi %</b>	<b>1,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>4,1</b>	<b>4,4</b>
op-DDD	0,009	0,004	0,006	0,007	0,006	0,006	0,010	0,008	0,008	0,007	0,015	0,010	0,090	0,049
pp-DDD	0,012	<0,001	0,006	0,004	0,002	0,002	0,008	0,006	0,026	0,010	0,062	0,021	0,212	0,125
op-DDE	0,002	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,015	0,002	0,002	0,004	0,002	0,011	0,011
pp-DDE	0,020	0,002	0,016	0,011	0,015	0,015	0,020	0,018	0,018	0,017	0,055	0,022	0,135	0,109
op-DDT	0,003	0,001	0,002	<0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	0,007	0,003	0,027	0,022
pp-DDT	0,004	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,003	0,007	0,003	0,009	0,005	0,050	0,036
<b>DDT totale</b>	<b>0,050</b>	<b>0,009</b>	<b>0,031</b>	<b>0,023</b>	<b>0,027</b>	<b>0,027</b>	<b>0,043</b>	<b>0,051</b>	<b>0,064</b>	<b>0,041</b>	<b>0,152</b>	<b>0,063</b>	<b>0,525</b>	<b>0,352</b>
PCB28	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,001	0,002	0,001	<0,001
PCB52	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,004	0,003	0,005	0,004
PCB101	0,003	<0,001	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,014	0,012
PCB118	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,006	0,003	0,003	0,002	0,004	0,003	0,012	0,010
PCB138	0,004	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,006	0,005	0,004	0,004	0,007	0,005	0,020	0,016
PCB153	0,004	<0,001	0,002	0,004	0,004	0,004	0,007	0,006	0,004	0,004	0,006	0,005	0,020	0,017
PCB180	0,002	<0,001	0,001	0,002	0,003	0,003	0,005	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,008	0,007
<b>PCB totale</b>	<b>0,016</b>	<b>0,004</b>	<b>0,013</b>	<b>0,018</b>	<b>0,022</b>	<b>0,022</b>	<b>0,030</b>	<b>0,022</b>	<b>0,023</b>	<b>0,018</b>	<b>0,031</b>	<b>0,024</b>	<b>0,080</b>	<b>0,066</b>
<b>HCB</b>	<b>0,002</b>	<b>0,009</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
<b>Hg</b>	<b>0,376</b>	<b>0,015</b>	<b>0,054</b>	<b>0,075</b>	<b>0,062</b>	<b>0,062</b>	<b>0,125</b>	<b>0,082</b>	<b>0,130</b>	<b>0,079</b>	<b>0,111</b>	<b>0,079</b>	<b>0,192</b>	<b>0,109</b>

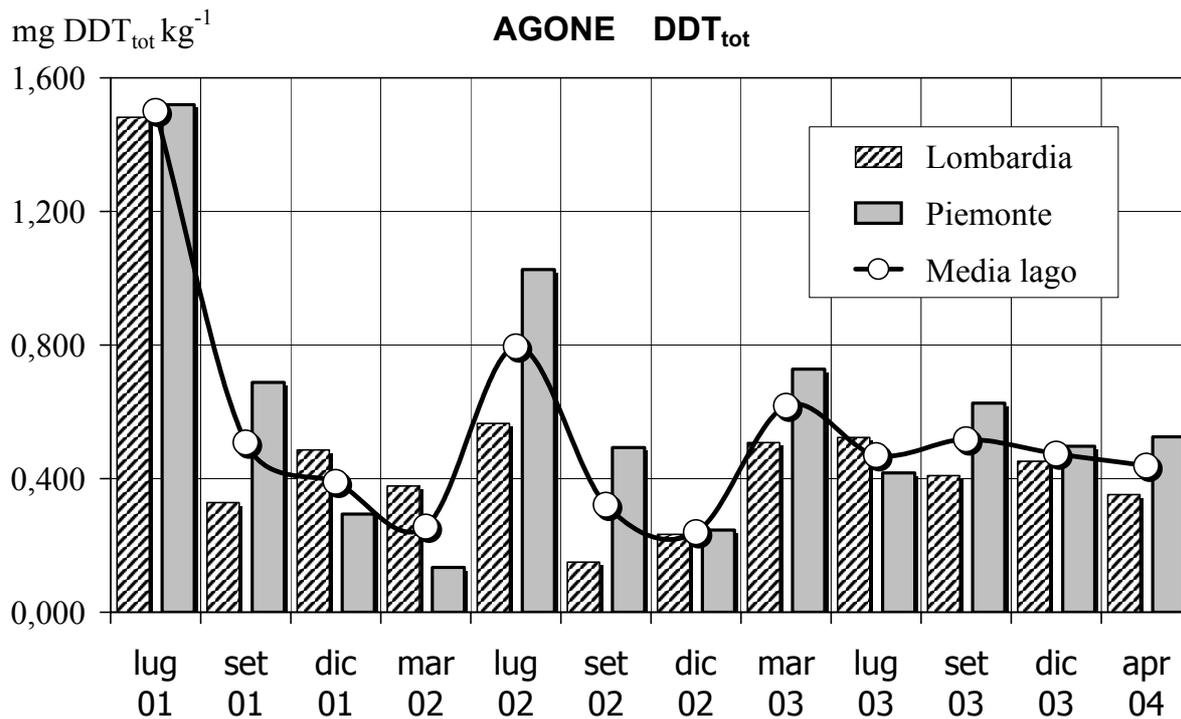


Fig. 7.1. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

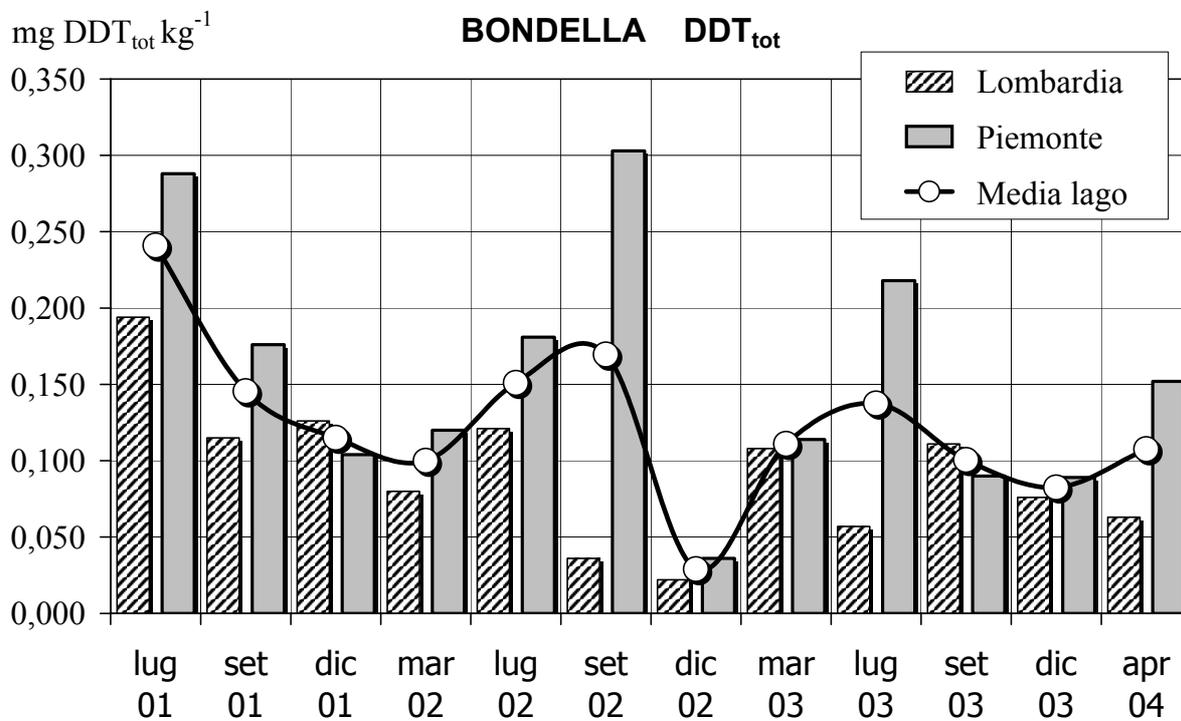


Fig. 7.2. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

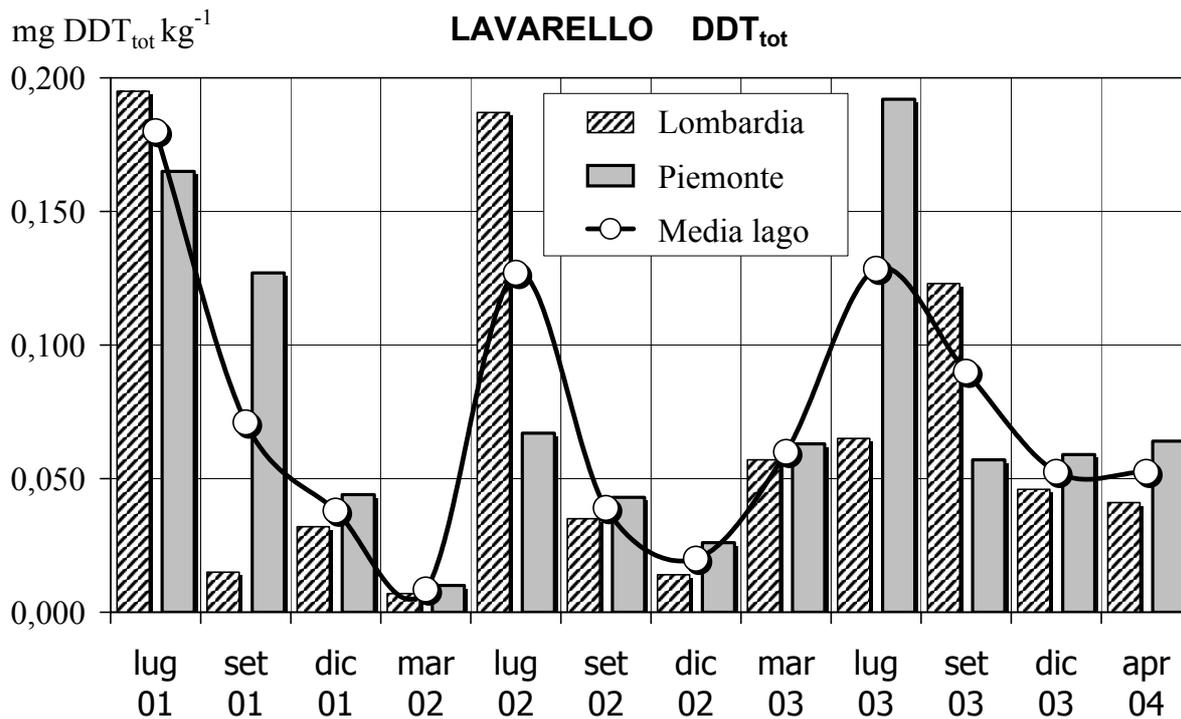


Fig. 7.3. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

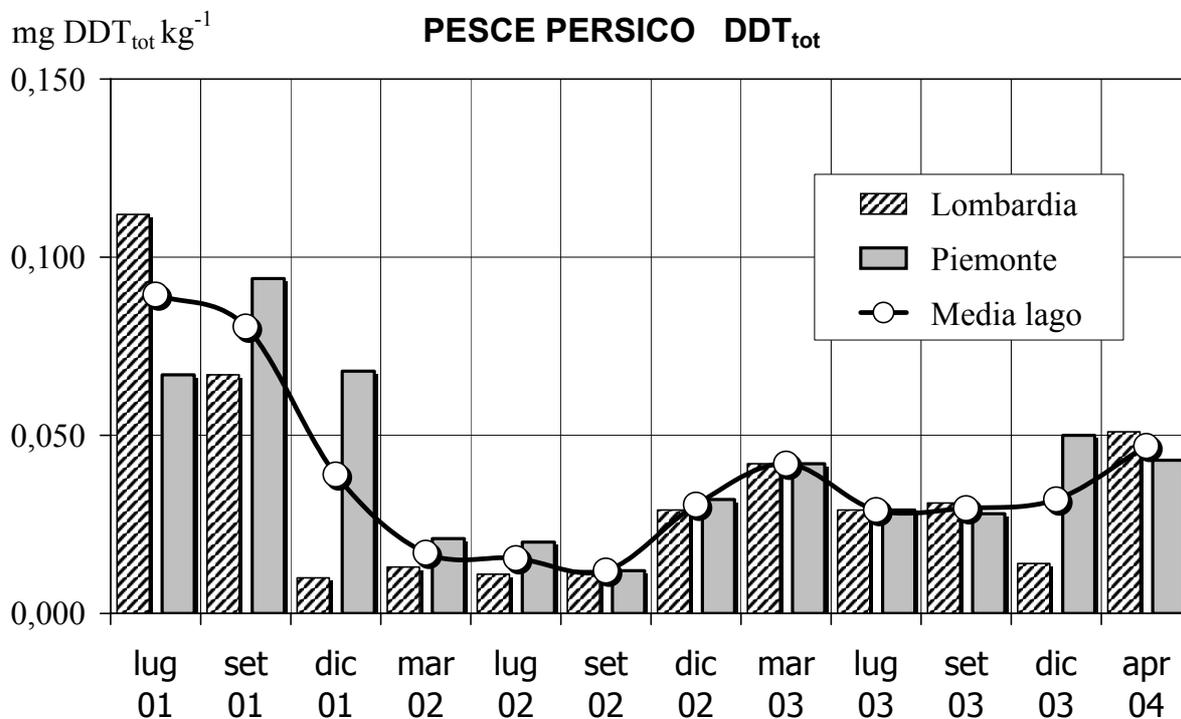


Fig. 7.4. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

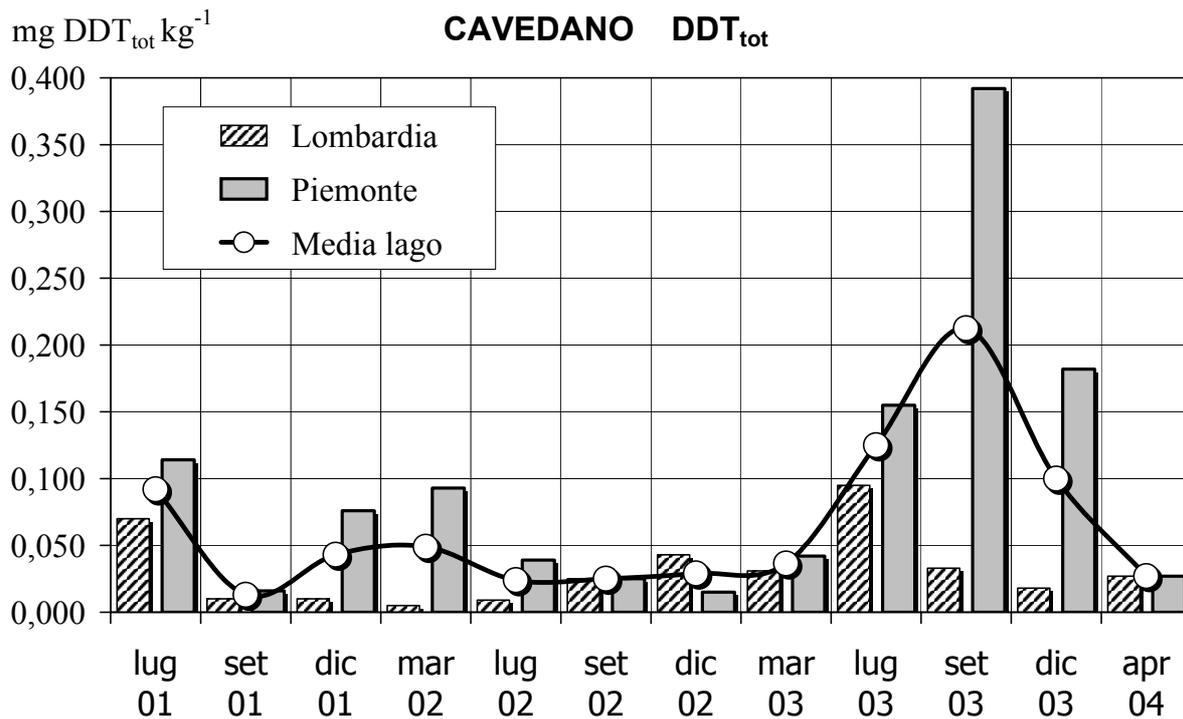


Fig. 7.5. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

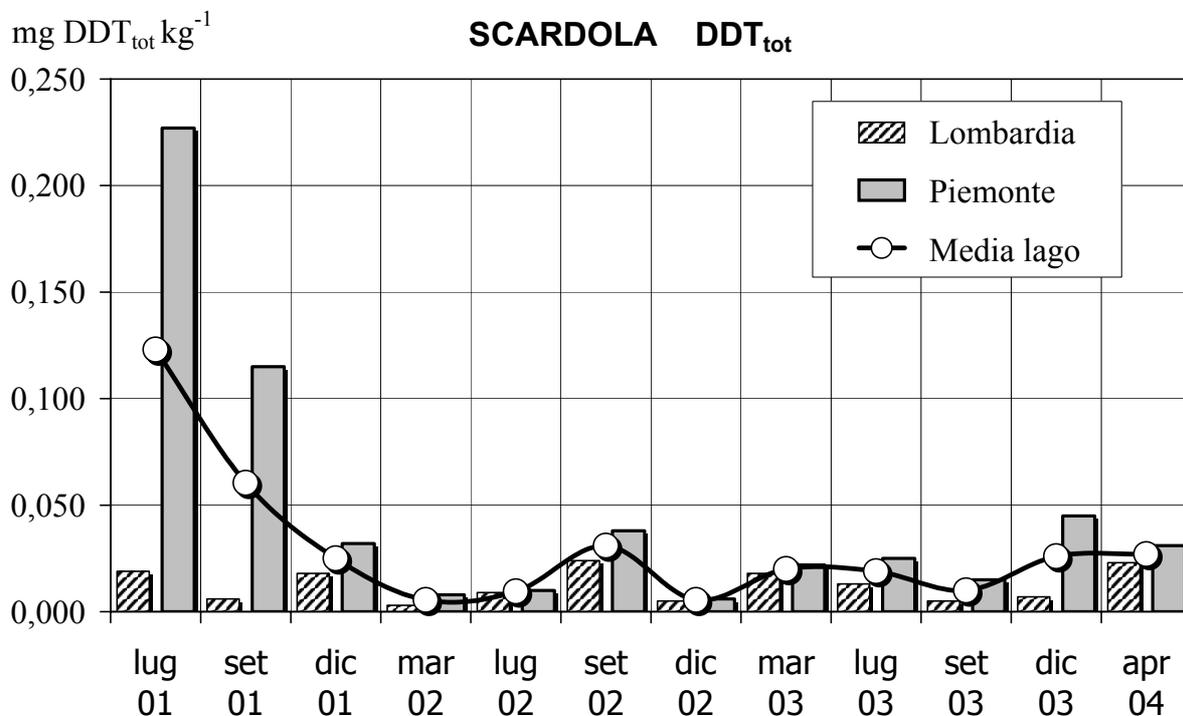


Fig. 7.6. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

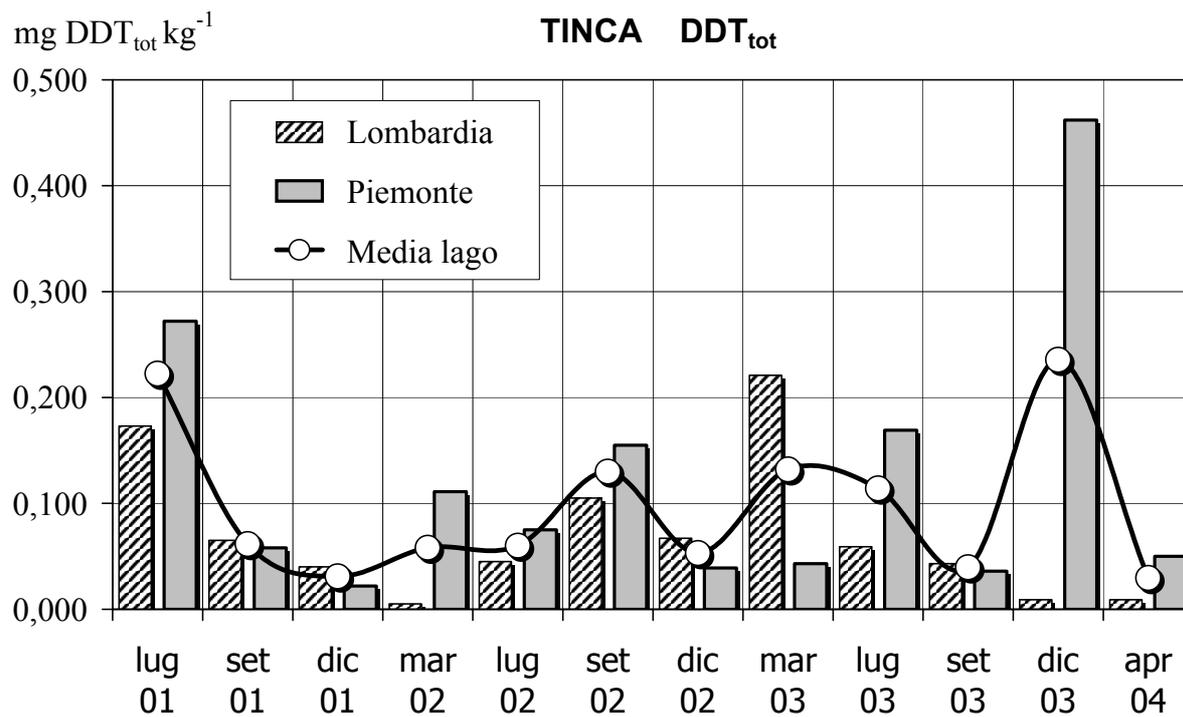


Fig. 7.7. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

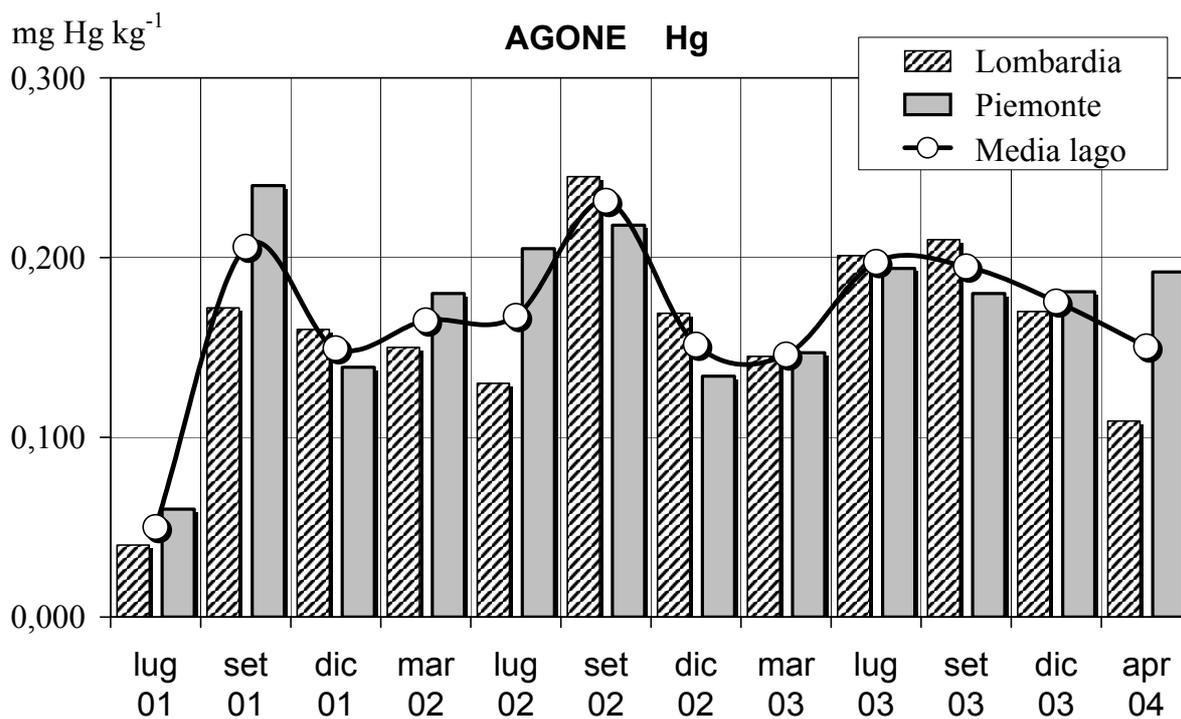


Fig. 7.8. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

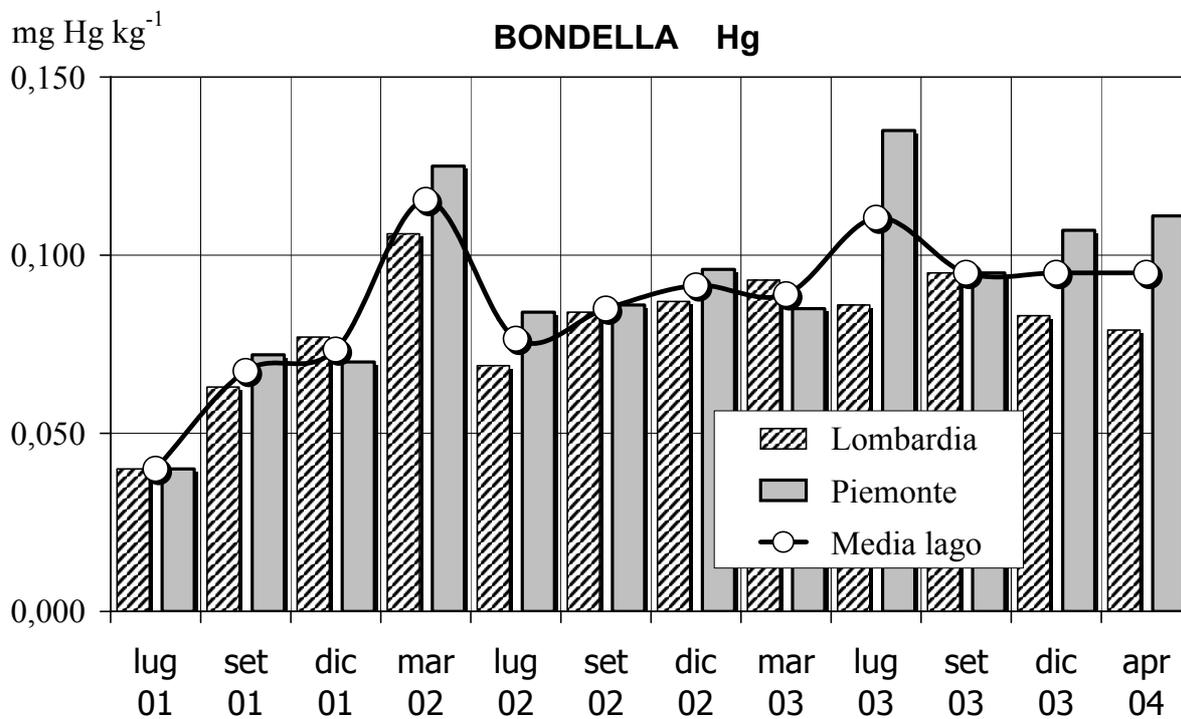


Fig. 7.9. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

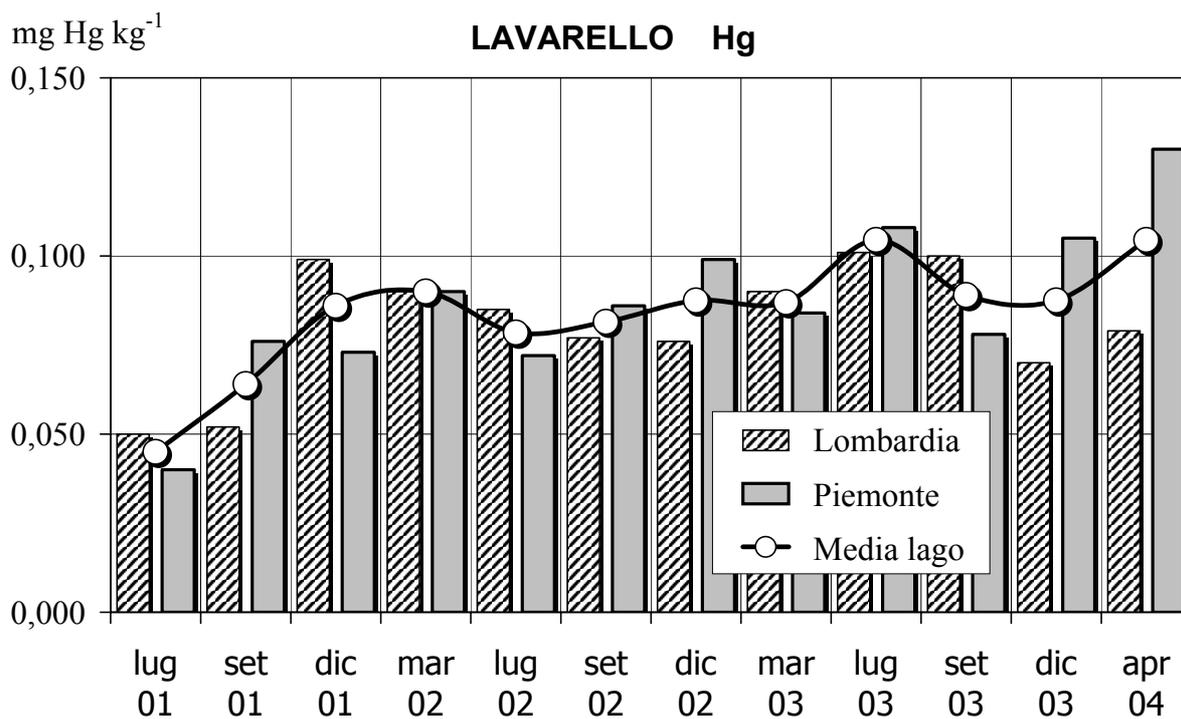


Fig. 7.10. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

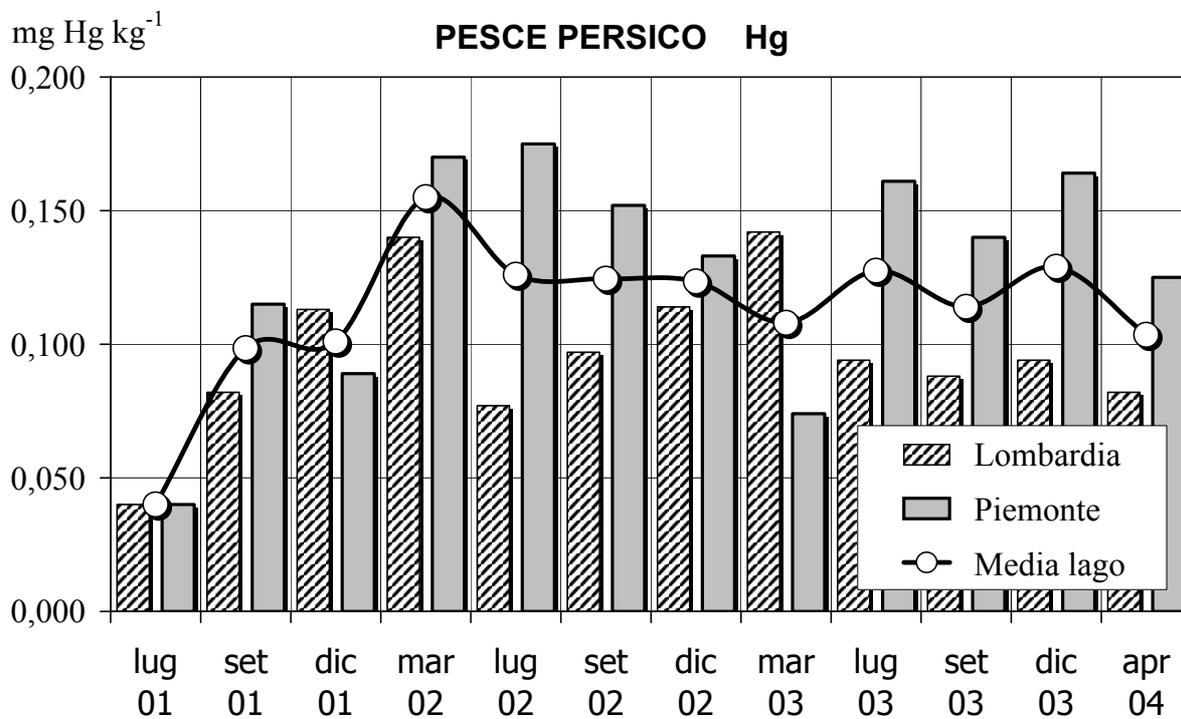


Fig. 7.11. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

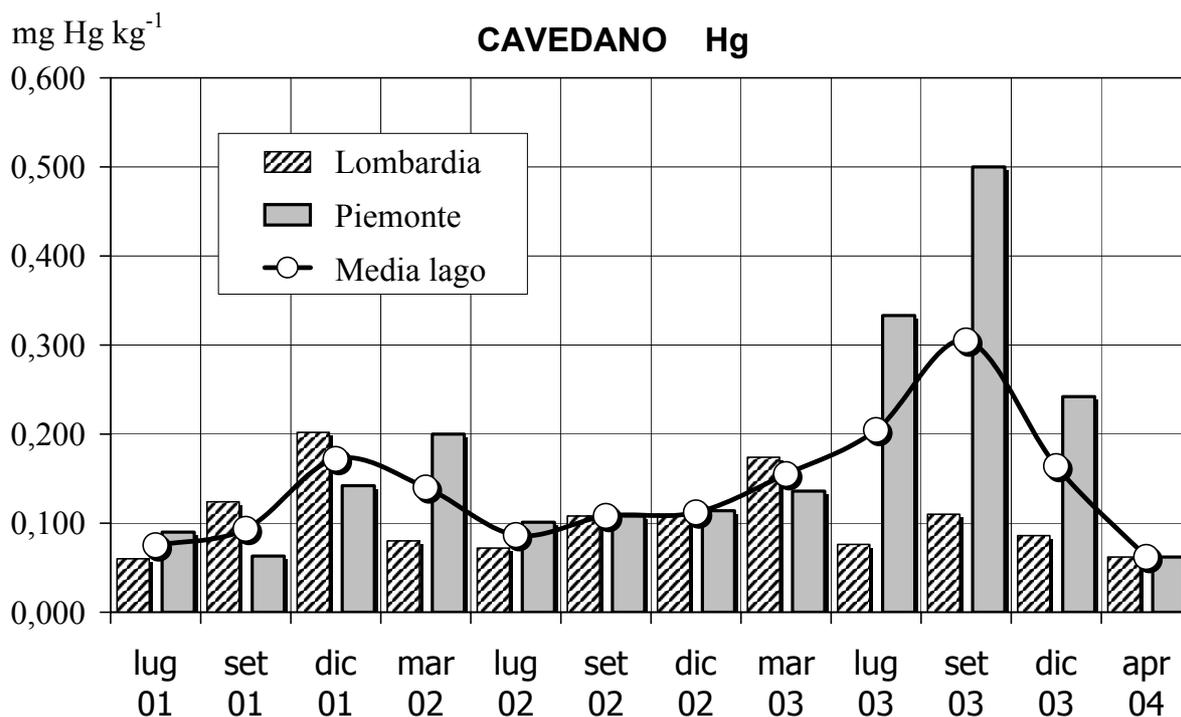


Fig. 7.12. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

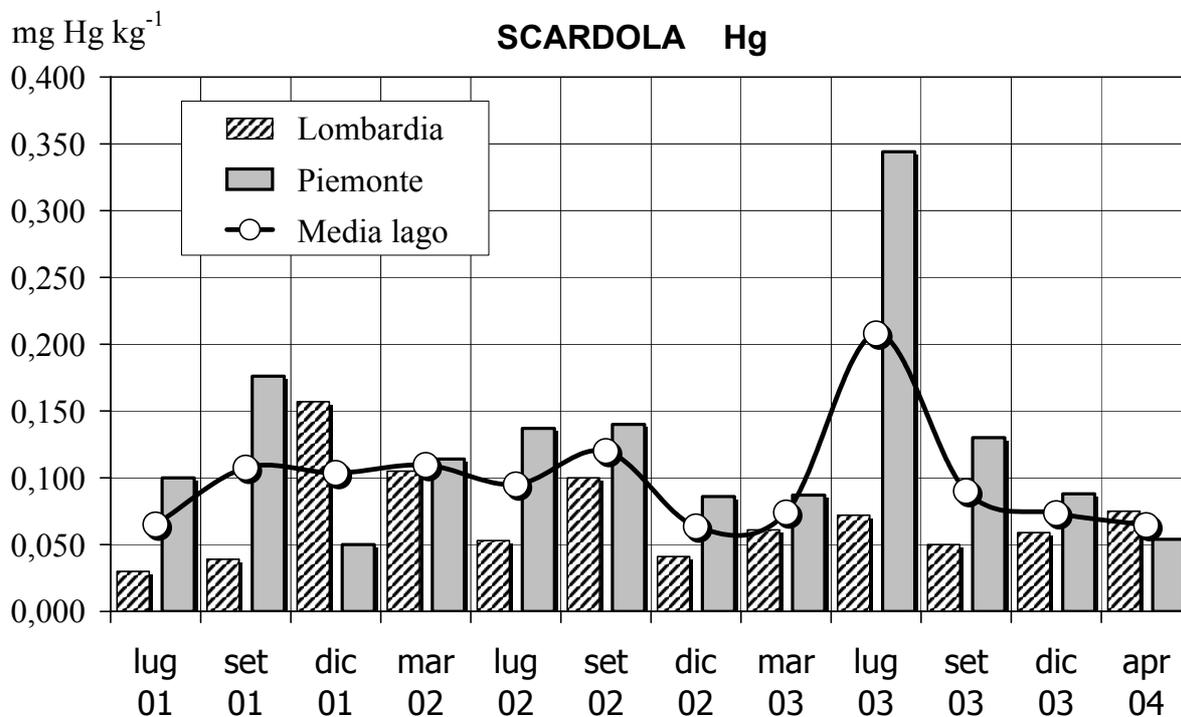


Fig. 7.13. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

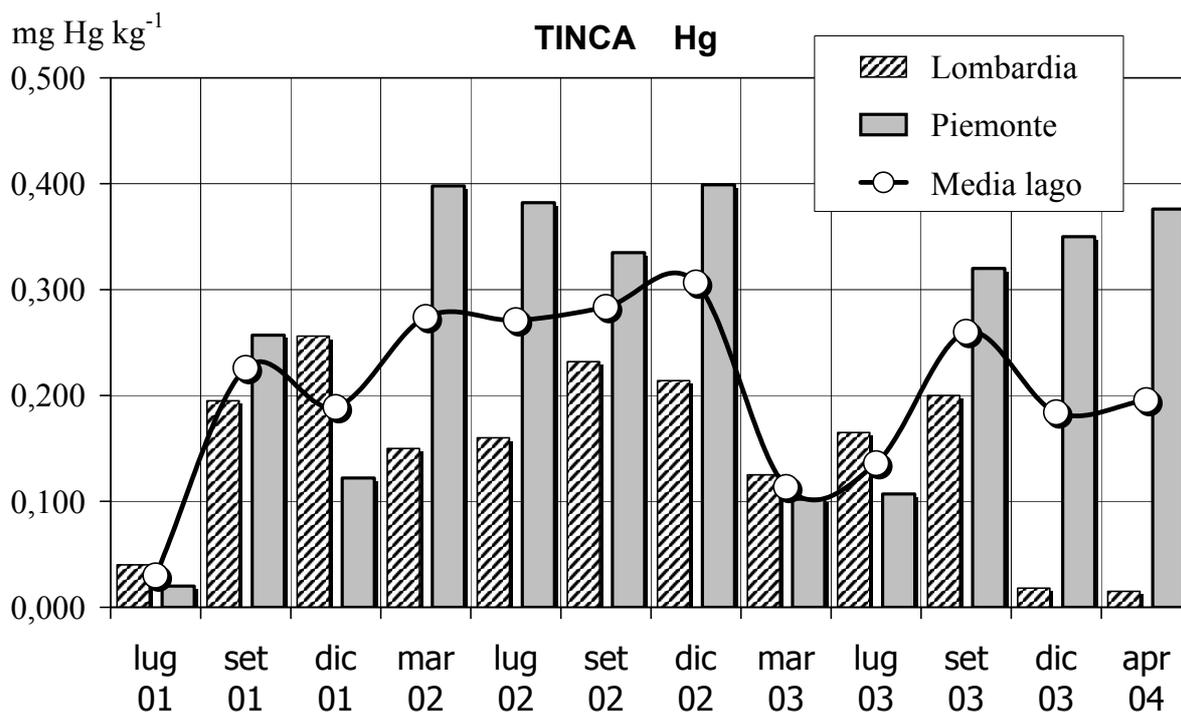


Fig. 7.14. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

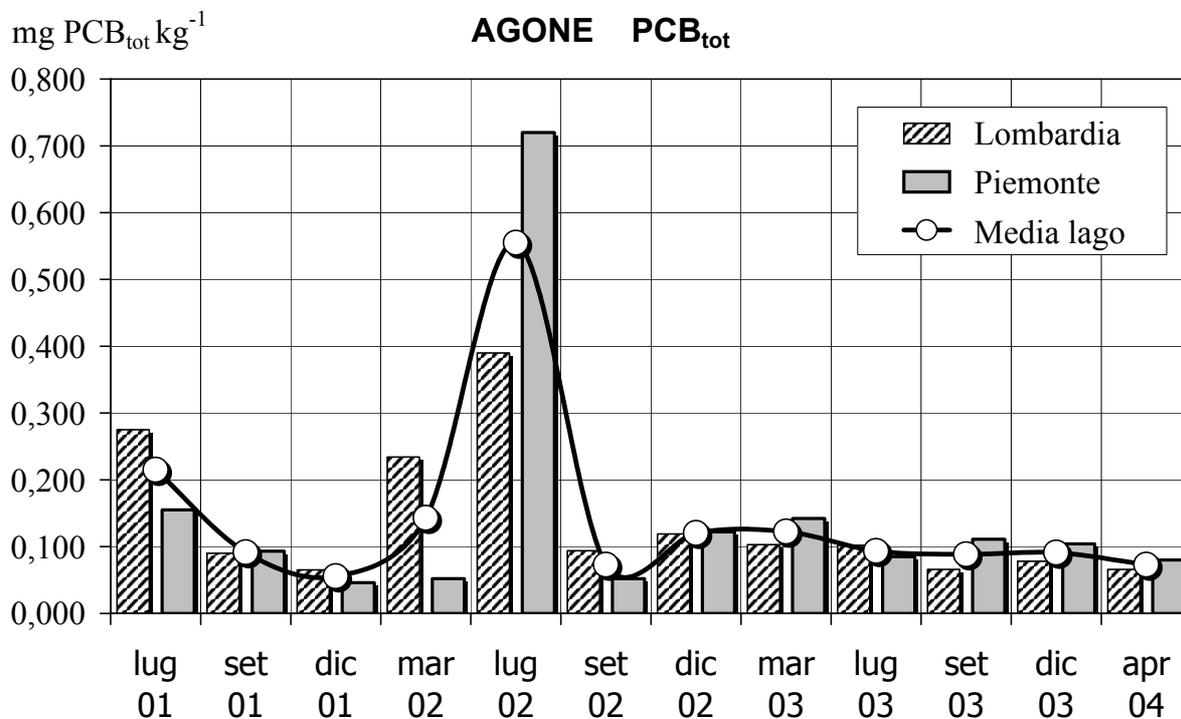


Fig. 7.15. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

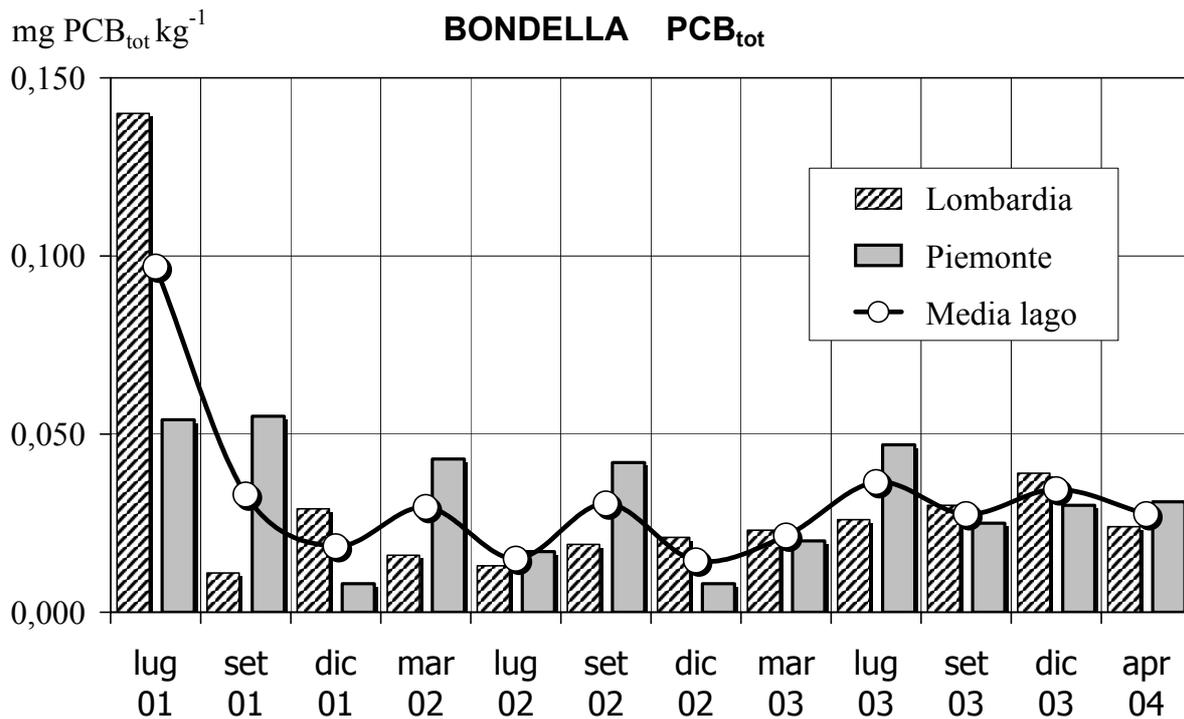


Fig. 7.16. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

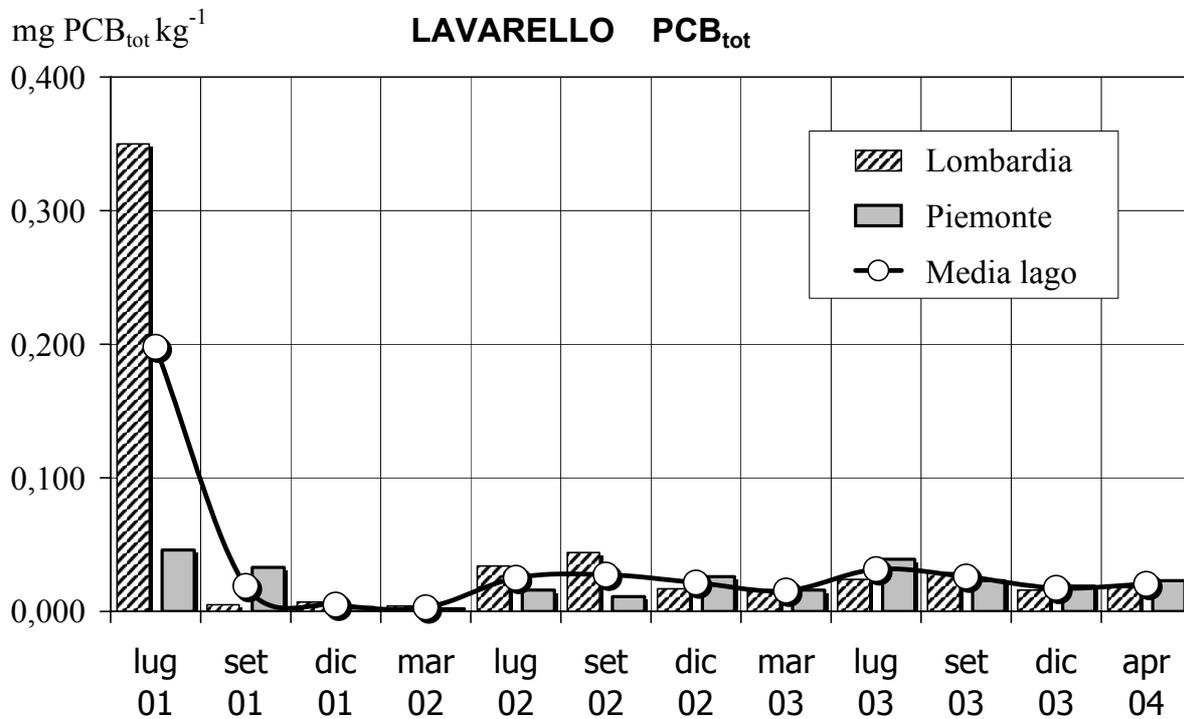


Fig. 7.17. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

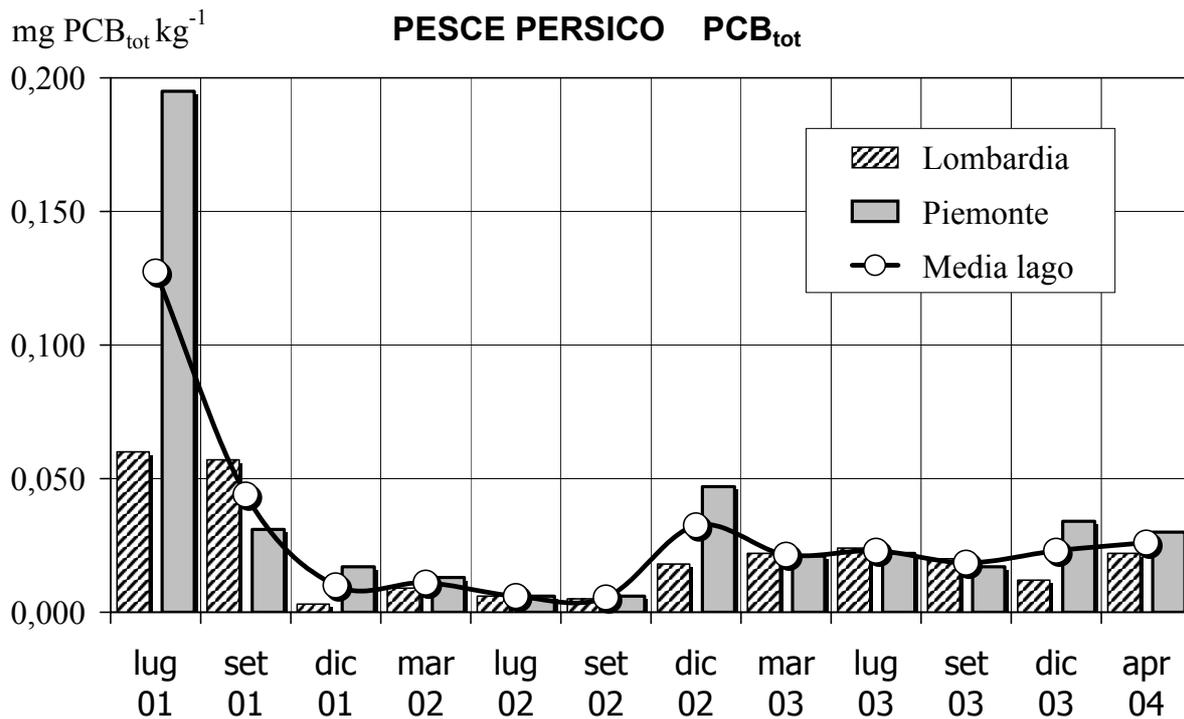


Fig. 7.18. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

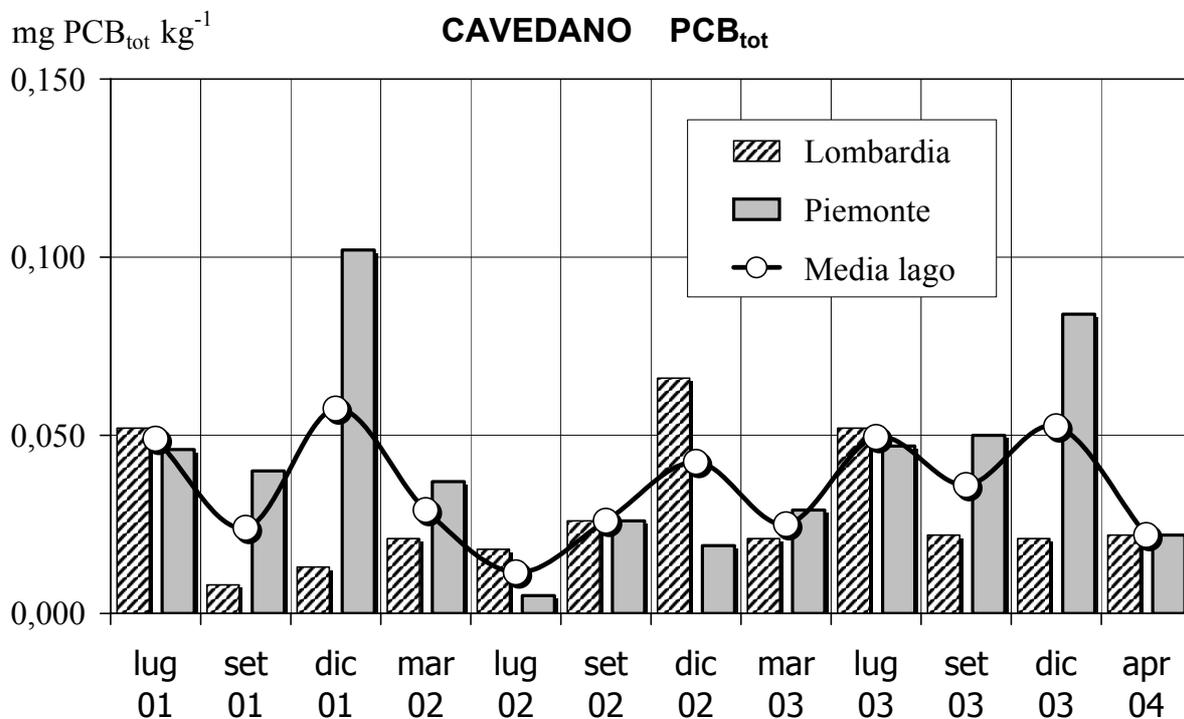


Fig. 7.19. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

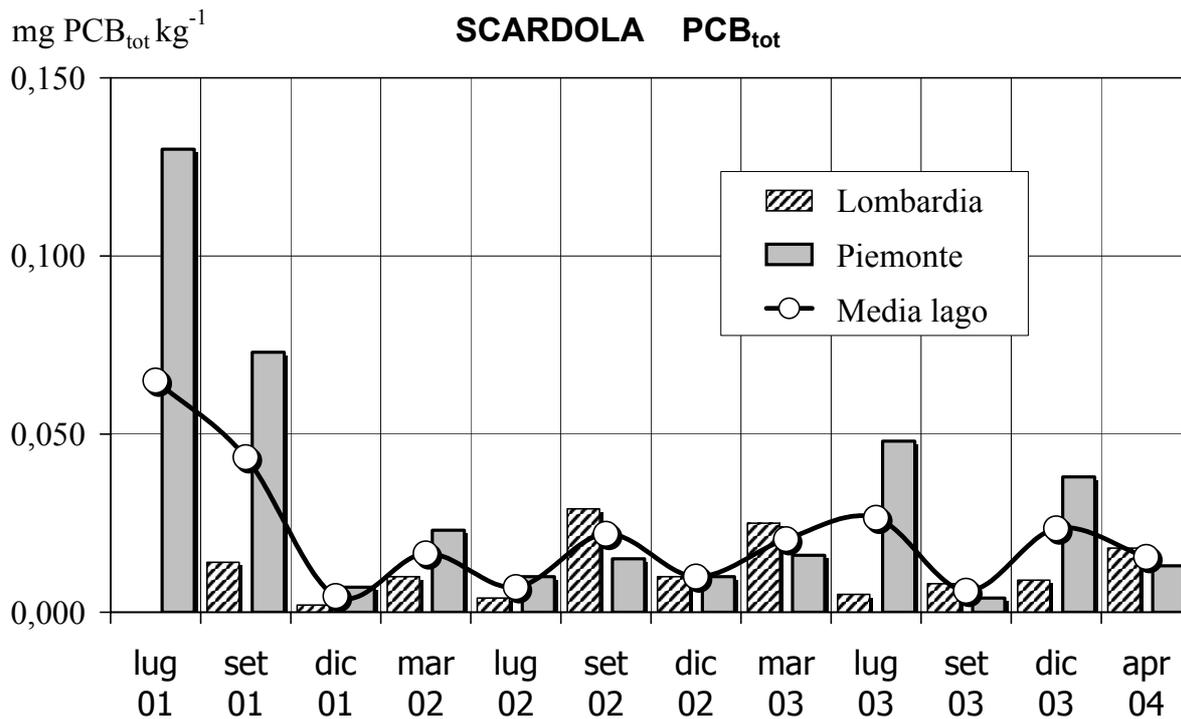


Fig. 7.20. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

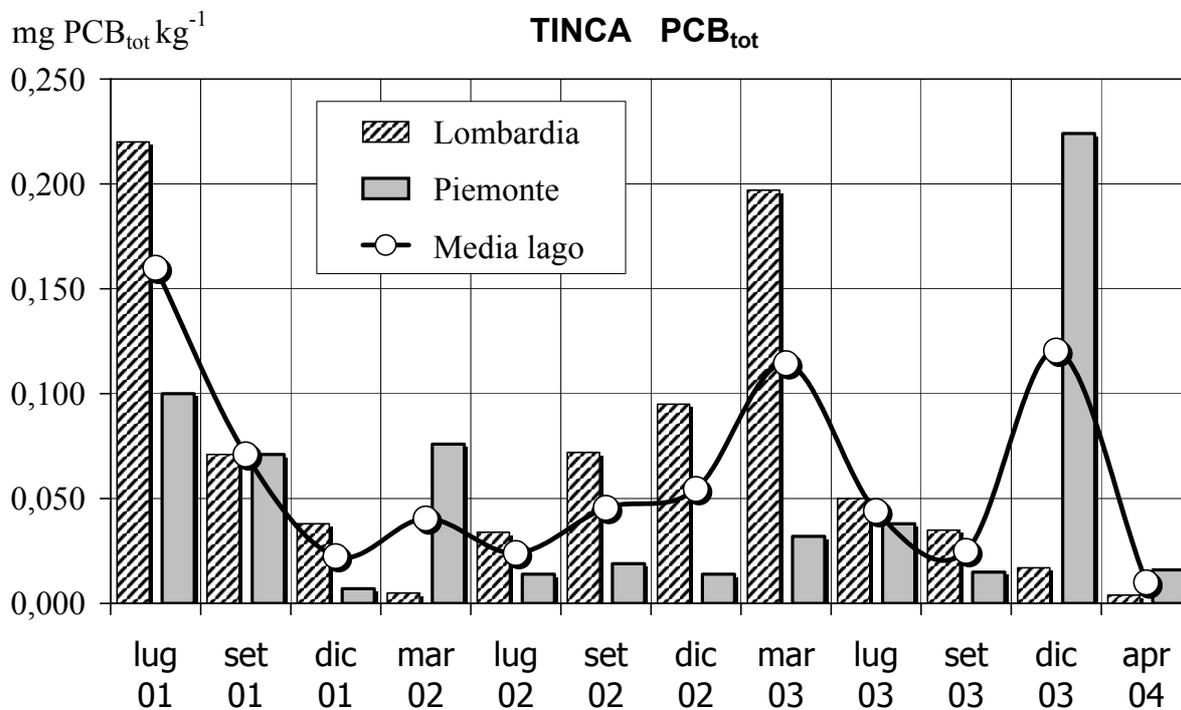


Fig. 7.21. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

## 8. CONCLUSIONI

Come già rimarcato nella presentazione di questo volume, gli studi condotti tra aprile 2003 e marzo 2004 assumono una particolare importanza perchè i relativi risultati sono stati conseguiti in un arco temporale sostanzialmente caratterizzato da lunghi periodi di tempo caldo ed asciutto con una precipitazione totale annua sull'intero bacino imbrifero di soli 1043 mm, valore che costituisce il nuovo minimo assoluto nel periodo di osservazione 1951-2003 durante il quale si è registrata una media annuale di 1700 mm. E' quindi evidente che queste condizioni e la mancanza di episodi di piena, soprattutto nel bacino del Toce, sono stati fattori favorevoli per valutare quanto le variazioni dei contenuti di DDT e di altri contaminanti nei diversi comparti indagati siano stati coerenti con l'ipotesi più volte sostenuta dell'esistenza di uno stretto legame tra gli eventi alluvionali e l'incremento di DDT al lago.

Secondo quanto previsto dal programma, si sono effettuate indagini sul contenuto di DDT nell'acqua di lago. I risultati ottenuti mostrano che anche nel 2003, come per l'anno precedente, il pp'DDE, è generalmente risultato il contaminante prevalente tra gli omologhi del DDT. In assenza di nuove immissioni, questa dovrebbe essere la linea di tendenza dal momento che il pp'DDE è molto più persistente del composto parentale. In qualche circostanza, tuttavia, il pp'DDT ha uguagliato o addirittura superato il pp'DDE. Il primo caso riguarda l'episodio di contaminazione del particolato osservato a Pallanza nel maggio del 2003, mentre il superamento della contaminazione da pp'DDT rispetto a quella del pp'DDE nella frazione disciolta si è verificato nel picco di contaminazione misurato a Ghiffa a 30 m di profondità nel novembre dello stesso anno. Probabilmente i due fenomeni sono da mettere in relazione tra loro e si può supporre che un'immissione episodica e recente di pp'DDT sia avvenuta con le acque del Toce, che ha dapprima interessato la Baia di Pallanza e poi le altre acque del lago. Si può ipotizzare che una delle cause del picco di concentrazione di DDT a livello del termoclinio a Ghiffa potrebbe consistere nel rilascio di questi composti accumulati nei popolamenti algali che, in via di sedimentazione, vengono fortemente rallentati in questa zona a causa della brusca variazione di densità dell'acqua. Tale situazione si modifica con il campionamento effettuato nel periodo di massima circolazione (febbraio 2004) quando si evidenzia una netta diminuzione della contaminazione riscontrata precedentemente a Ghiffa. Anche la contaminazione del particolato osservata in maggio 2003 a Pallanza non si è più verificata a novembre dello stesso anno e nel febbraio 2004; tuttavia questa stazione, rispetto alle altre, ha mostrato i più alti livelli di DDT totali nella frazione disciolta.

Le analisi sulle acque del lago dimostrano che la biodisponibilità dei DDT varia sia in funzione delle condizioni idrologiche e idrodinamiche delle acque, sia per effetto dell'attività fotosintetica e questo probabilmente può comportare diversificazione dell'esposizione alle concentrazioni di inquinanti delle specie ittiche pelagiche e litorali. Se l'andamento stagionale delle concentrazioni dovesse confermare una certa regolarità, i dati potrebbero essere molto utili per prevedere il bioaccumulo nei pesci, sempre che non si verificano imprevisti fenomeni di immissione di DDT dalle aree contaminate del bacino del Toce.

Le indagini sui sedimenti della Baia di Pallanza mostrano che il DDT e i suoi metaboliti ed isomeri sono presenti in concentrazioni significative nella Baia di Pallanza, sottolineando come sia di grande rilievo il contributo del Toce strettamente legato al trasferimento di particelle inquinanti dilavate dai suoli contaminati del sito industriale di Pieve Vergonte. La distribuzione di DDT è piuttosto omogenea nelle tre stazioni considerate nell'ultimo anno, con una prevalenza del metabolita pp'DDD rispetto a quella del composto parentale pp'DDT. Considerando i risultati ottenuti nei tre anni di campionamento, è evidente come negli anni non influenzati da piene (2003-2004) le concentrazioni di DDT totale si siano ridotte a poche decina di  $\text{ng g}^{-1}$ .

Per quanto riguarda i metalli in traccia, si osserva che le concentrazioni di rame e cadmio sono relativamente omogenee in tutte le stazioni e tendono a livellarsi su valori più bassi nell'ultimo semestre rispetto ai periodi precedenti, mentre quelle di arsenico e mercurio sono più variabili spazialmente, pur presentando anch'esse valori più bassi o costanti negli ultimi periodi. Il trend evolutivo dei contenuti di mercurio dal giugno 2001 al marzo 2004 sottolinea la criticità degli eventi di piena negli apporti di questo contaminante ai sedimenti della Baia.

Per quanto concerne l'asse Nord-Sud del lago, nella parte settentrionale si è osservata una contaminazione da DDT simile a quella riscontrata nella sezione più recente della carota campionata nella zona lacustre meridionale, evidenziando un aumento del DDT totale negli anni più recenti. Nel bacino centrale, le due sezioni di sedimento analizzate evidenziano una contaminazione da DDT simile e di circa il 70% più elevata rispetto alla restante parte del lago con livelli pari a quelli rinvenuti nella Baia di Pallanza. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile, mentre si osservano valori significativi di PCB totali soprattutto nella sezione depositatasi recentemente.

Per i metalli in traccia si conferma un andamento crescente per arsenico e mercurio lungo il transetto da Nord a Sud e valori costanti per il rame analogamente a quanto osservato negli anni precedenti. Le concentrazioni di cadmio durante il 2003 presentano un andamento opposto con i massimi di concentrazione nei sedimenti del bacino Nord. Le analisi dei "trends" temporali dei metalli considerati mostrano un andamento decrescente dal settembre 2002 in tutti e tre i bacini. I valori più bassi sono particolarmente evidenti per il mercurio se confrontati con le concentrazioni riscontrate dopo gli eventi di piena del 2000 nel bacino centrale e meridionale. Queste osservazioni sottolineano l'importanza del monitoraggio dei sedimenti in diverse condizioni idrologiche per la comprensione dei fenomeni in atto e della loro evoluzione.

Confrontando i risultati analitici sui sedimenti raccolti alla foce dei tributari, il Maggia è senz'altro da considerare come il meno contaminato con valori di fondo per DDT, HCH, HCB e PCB. Inoltre, i risultati ottenuti dai campioni di particolato sospeso raccolti nel Torrente Melezza durante lo spurgo del bacino artificiale del Palagnedra confermano la bassissima contaminazione da composti organoclorurati dei sedimenti di questo sottobacino del Lago Maggiore. Differente è la situazione del Fiume Toce in cui è prevalente la contaminazione da DDT, in particolare modo da pp'DDT. Anche normalizzando l'espressione dei risultati in riferimento ai contenuti di carbonio organico, le concentrazioni di DDT osservate risultano comunque elevate, mentre quelle degli altri composti organoclorurati sono molto modeste. I campioni di sedimento del Ticino emissario evidenziano come il DDT accumulato nel lago venga trasferito all'emissario tanto che i suoi sedimenti raccolti in luglio e ottobre 2003 risultano notevolmente contaminati; in effetti, anche normalizzando rispetto al carbonio organico, i valori di DDT sono ben superiori a quelli di fondo osservati per gli altri fiumi e persino maggiori di quelli del Toce. Pure i livelli di PCB osservati nel Ticino emissario sono elevati; essi non parrebbero da imputare all'apporto del Toce, quanto piuttosto ad altre origini come ad esempio: presenza di fonti locali; immissioni dirette nelle acque del lago da aree industriali o impianti di depurazione; contributi di altri tributari inquinati quali Bardello e Boesio; erosione e trasporto verso l'emissario di particolato contaminato derivante per dilavamento ed erosione dalla parte più meridionale del bacino del lago.

Su scala temporale dall'aprile 2001 al gennaio 2004 si evidenziano la scarsa contaminazione del Maggia, una progressiva riduzione del valore medio della contaminazione del Toce (di circa 5 volte nel triennio) e un aumento della contaminazione del Ticino emissario soprattutto nell'ultimo anno.

Dall'analisi delle precipitazioni atmosferiche risulta evidente come il periodo di osservazione aprile 2003 – marzo 2004 sia in generale caratterizzato da una minor contaminazione da DDT, PCB e HCH rispetto ai due anni precedenti. In particolare, per quanto riguarda il DDT misurato nella stazione pluviometrica di Pallanza, viene riconferma la tendenza al calo dei livelli di contaminazione già osservata anche nel caso dei sedimenti lacustri: il carico annuale è pari al 50% di quello determinato nell'annualità precedente e al 25% rispetto a quello misurato nel 2001-02: Fa invece eccezione la stazione di Alpe Devero che dimostra un isolato picco nel carico di DDT nell'ultimo anno. Per gli altri composti organoclorurati la contaminazione da HCH delle stazioni d'alta quota è maggiore rispetto a quelle a bassa quota. Ciò potrebbe essere spiegato con l'arricchimento causato dalla ricondensa di tali composti che è dimostrato possa verificarsi a quote elevate.

L'impiego del bivalve *Dreissena polymorpha* ha consentito di mettere in luce differenze di contaminazione tra le 14 diverse stazioni di prelievo considerate, grazie al fatto di essere un organismo sessile e al suo rapido tasso di accumulo dei composti lipofili. Particolarmente significativo risulta essere il confronto pluriennale (1996-2003) tra i due siti di Baveno e Pallanza-Villa Taranto, che hanno dimostrato la notevole influenza degli episodi di piena ed alluvionali, sempre più frequenti negli ultimi anni, sul rilascio del DDT dal bacino del Toce. Infatti le concentrazioni di DDT totale misurate nel biennio 2001-2002 caratterizzato da almeno tre di tali eventi meteorologici, sono risultate 2-3 volte superiori a quelle monitorate negli anni precedenti. Al contrario i dati 2003 hanno indicato un netto calo dei livelli di tutti i composti omologhi del pp'DDT, grazie al fatto che le particolari condizioni di scarsa piovosità rilevate hanno probabilmente influito sull'apporto a lago da parte del Fiume Toce.

Il biomonitoraggio ha mostrato come attualmente possano essere identificate quattro zone lacustri di diversa contaminazione: la Baia di Pallanza, l'areale settentrionale, il bacino centrale e quello meridionale. La Baia di Pallanza rappresenta ancora oggi l'area più contaminata e da essa si origina un significativo trasporto di DDT e dei suoi metaboliti ed isomeri verso le zone centrale e meridionale del lago. La zona più settentrionale risulta meno interessata dalla contaminazione, ma le indagini hanno indicato che il Ticino immissario potrebbe determinare un rilascio di tali composti, come è possibile osservare dal confronto delle concentrazioni misurate a Magadino, posto di fronte all'immissione del tributario, con quelle delle altre stazioni più prossime (Brissago e Cannobio).

Anche se l'inquinamento a lago sembra in via d'invecchiamento, è tuttavia opportuno sottolineare che la trasformazione del composto parentale nei due suoi metaboliti (DDD e DDE) non offre alcuna garanzia rispetto ad un miglioramento della qualità ambientale. E' noto, infatti, che questi due composti sono più persistenti, maggiormente volatili e, allo stesso tempo, dei potenti Interferenti Endocrini (I.E.) che potrebbero modificare l'omeostasi ormonale soprattutto legata all'attività riproduttiva. Al riguardo è stato infatti recentemente dimostrato che proprio in esemplari di *Dreissena polymorpha* prelevati a Baveno si sono verificati dei ritardi nella maturazione degli oociti ed un'alta incidenza di degenerazione degli stessi, oltre che ad un ritardo di oltre due mesi nel rilascio di spermatozoi da parte dei maschi rispetto agli individui femminili. Ciò sta ad indicare che sarebbe opportuno svolgere ricerche più approfondite non solo nella quantificazione dei livelli d'inquinamento raggiunti, ma anche dei possibili effetti che possono determinare sulla biocenosi acquatica.

L'analisi complessiva dei dati disponibili sulle varie specie ittiche prese in considerazione permette di trarre considerazioni che, sebbene provvisorie, già delineano alcuni chiarimenti per la definizione delle cause seconde e dei "trends" che caratterizzano la presenza del DDT nel lago. In effetti si può osservare come il suo bioaccumulo nelle varie specie che compongono il popolamento ittico, siano esse ad abitudini pelagiche o litorali, planctivore, carnivore, onnivore o bentivore, sia fortemente legato al loro ciclo biologico

annuale nonchè ovviamente al contenuto di grassi e all'età dei soggetti campionati. Risulta altresì evidente che le condizioni ambientali che si verificano nel corso dell'anno giocano un ruolo altrettanto fondamentale. In particolare la meteorologia e i processi idrologici possono influenzare ed agire come vincolo ai cicli biologici. Anni nei quali la vivacità idrologica determina piene soprattutto nel bacino del Toce, pur presentando ancora diversi segni di ciclicità biologica, mostrano anche valori di concentrazione nelle varie specie ittiche più elevati rispetto ad anni nei quali gli episodi di piena sono di modesta entità o assenti.

Tutto ciò porta a ritenere che, con i fenomeni di precipitazioni brevi ed intense che ormai caratterizzano da qualche decennio il bacino del Lago Maggiore, quando questi si verificano nel bacino del Toce si ha un'importante erosione dei terreni interessati dall'insediamento industriale di Pieve Vergonte e/o a valle di esso con una significativa rimobilizzazione del DDT "storico" in essi presente. Non va infatti dimenticato come in occasione delle piene di questo fiume si abbia un'accresciuta importanza del DDT, mentre quando i fenomeni di piena sono di modesta entità sono i prodotti della sua degradazione ad essere dominanti. La formazione di DDE e DDD ha infatti velocità e modalità differenti a seconda che la molecola si trovi segregata nel terreno o in ambiente acquatico dove le trasformazioni avvengono più rapidamente seppure sempre in tempi estremamente lunghi.

Relativamente ai risultati ottenuti nella campagna d'indagini condotta tra aprile 2003 e marzo 2004, in aggiunta a quanto riportato precedentemente per i singoli comparti ambientali del lago, si possono trarre alcune considerazioni di carattere più generale.

- Come per gli anni passati, i contenuti di DDT e degli altri contaminanti nelle acque lacustri sono risultati tali da non pregiudicare la balneabilità e un possibile approvvigionamento a scopo alimentare.
- Il trend in diminuzione del DDT, che si era interrotto nel corso del biennio precedente, è ripreso fino a raggiungere i valori che si erano osservati all'inizio dell'anno 2000.
- I cali sono risultati significativi in quasi tutti i comparti indagati, ma i valori riscontrati nelle acque lacustri, seppure estremamente bassi perchè generalmente inferiori al nanogrammo per litro tranne sporadiche eccezioni a livello del termoclinio, sono ancora tali da generare nel popolamento ittico bioaccumuli di DDT tuttora inaccettabili.
- L'ipotesi di un rifornimento al lago di questo inquinante legato soprattutto agli eventi di piena derivanti dal Toce sembra confermata dai cali significativi dei contenuti di DDT e di altri inquinanti nell'ecosistema lacustre conseguenti al lungo periodo sostanzialmente caratterizzato da scarsissime precipitazioni e da lunghi periodi di tempo caldo ed asciutto.
- Del resto i campionamenti condotti nel corso del 2003 sul Toce, a valle della zona industriale di Pieve Vergonte, dalla Regione Piemonte tramite ARPA Dipartimento Provinciale del VCO hanno mostrato come le concentrazioni di DDT totale nell'acqua filtrata e sul particolato, nonchè di mercurio sul filtrato siano sempre state al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità (2 ng l<sup>-1</sup> per il DDT e 100 ng l<sup>-1</sup> per Hg). Così pure i contenuti di mercurio nel particolato, riferiti al volume unitario di campione d'acqua raccolto, sono risultati piuttosto bassi restando compresi tra 1,5 e 26 ng l<sup>-1</sup>. I dati raccolti non sono però sufficienti per poter individuare con adeguata precisione i carichi al lago e per questa ragione è stato avviato un progetto dell'ARPA mirato ad assicurare un ulteriore abbassamento dei limiti di rilevabilità per queste due variabili.
- In considerazione di quanto accertato in questi tre anni consecutivi di indagini, occorre però rimarcare che l'attuale tendenza alla diminuzione si potrà drasticamente invertire se e quando si dovessero verificare nel bacino del Toce, soprattutto nell'area industriale di Pieve Vergonte, fenomeni di precipitazioni intense capaci di rimobilizzare DDT ed altri contaminanti storicamente accumulatisi nel corso di molti decenni.

- Viceversa, in anni a normale decorso idrologico e meteo climatico, dovrebbero risultare più importanti i processi di risospensione del DDT e di altri inquinanti accumulati nei sedimenti soprattutto litorali del lago, con evidenti segnali dell'esistenza di un lento processo di trasporto della torbida di risospensione verso l'emissario tramite correnti superficiali o profonde compatibili per densità.