

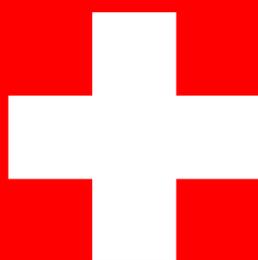
Commissione internazionale
per la protezione delle acque italo-svizzere

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

**RAPPORTO ANNUALE
APRILE 2004 – MARZO 2005**

a cura di A. Calderoni

Pallanza 2005



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 2004 – MARZO 2005**

a cura di A. Calderoni

Pallanza 2005

INDICE

1. PRESENTAZIONE	1
<i>(A. Calderoni)</i>	
2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI	5
<i>(S. Galassi, P. Volta & C. Neri)</i>	
3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI	11
3.1. Campionamento, preparazione dei campioni per le analisi di DDT e correlazione tra carote mediante studio diatomologico	11
<i>(A. Marchetto, P. Guilizzoni, A. Lami & S. Musazzi)</i>	
3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore	15
<i>(L. Guzzella, M. Camusso, A. Gasparella, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI	27
<i>(L. Guzzella, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
5. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE	39
<i>(L. Guzzella, C. Roscioli, A. De Paolis, R. Mosello, M. Veronesi, A. Barbieri & A. Pranzo)</i>	
6. MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DA DDT NEL LAGO MAGGIORE MEDIANTE L'ANALISI DI ORGANISMI INDICATORI	49
6.1. Biomonitoraggio con molluschi	49
<i>(A. Binelli & F. Ricciardi)</i>	
6.2. Biomonitoraggio con uova di svasso maggiore.....	54
<i>(S. Galassi, N. Saino & G. Melone)</i>	
7. INDAGINI SUL COMPARTO ITTICO	59
<i>(M.R. Bertola & E. Bielli)</i>	
8. CONCLUSIONI	73
<i>(A. Calderoni & R. de Bernardi)</i>	

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 Stefano Vanetti per il valido supporto tecnico nelle operazioni di campagna.

1. PRESENTAZIONE

Dopo le indagini condotte dai colleghi svizzeri che a metà degli anni '90 avevano accertato la presenza del DDT nel popolamento ittico (Ceschi *et al.*, 1996) e successivamente agli studi preliminari dei ricercatori italiani effettuati su vari comparti ambientali del lago tra giugno e la prima metà del luglio 1996 (Calderoni *et al.*, 1996), tra giugno e luglio 1996 furono immediatamente adottate diverse misure restrittive di carattere sanitario e di salvaguardia dall'inquinamento rivolte rispettivamente al divieto di consumo alimentare umano di alcune specie ittiche lacustri, nonché alla sospensione della produzione dell'insetticida e ad una messa in sicurezza del sito industriale di Pieve Vergonte identificato come causa primaria della contaminazione.

In seguito furono iniziate le prime ricerche mirate ad affrontare la preoccupante situazione di emergenza ambientale (CIP AIS, 2000). Esse si svolsero nel corso del 1998 e furono promosse ed attivate dalla Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere in accordo con la Regione Lombardia, la Regione Piemonte, la Commissione per la pesca nelle acque italo-svizzere, la Confederazione svizzera e il Cantone Ticino.

I risultati raggiunti permisero di trarre importanti conclusioni sull'origine e la diffusione del DDT e sullo stato di salute del lago:

- l'inquinamento derivava principalmente dall'insediamento industriale di Pieve Vergonte tramite il sistema idrico di collegamento con il lago (T. Marmazza e il F. Toce), ma non si poteva escludere una concomitante origine dal resto del bacino imbrifero, sia per effetto della circolazione atmosferica dell'insetticida con successiva ricaduta sul suolo che per la sua eventuale presenza storica sul territorio legata all'utilizzo in agricoltura;
- le concentrazioni massime dell'insetticida nelle acque lacustri erano assai basse e comunque tali da non pregiudicare le utenze di uso potabile e balneare;
- allo stesso modo non si evidenziavano effetti negativi sulla fecondità delle popolazioni di lavarello del Maggiore, confrontate con quelle provenienti dal Lago di Monate considerato come ambiente di controllo ("bianco");
- nei sedimenti lacustri la contaminazione più alta riguardava il Bacino di Pallanza, mentre i fondali profondi lungo l'asse longitudinale del lago risultavano sensibilmente meno compromessi con un gradiente in diminuzione da Sud a Nord;
- il profilo storico delle carote di sedimento mostrava massimi di DDT negli anni '70 con una successiva diminuzione ed una consistente ripresa dell'inquinamento negli anni '90 segnalata da picchi di concentrazione in alcune stazioni;
- le matrici biologiche, assieme ai sedimenti, erano quelle maggiormente interessate dall'inquinamento: benthos litorale (*Dreissena* e *Unio*), pesci e uova di germano reale e di svasso risultavano utili bioindicatori del biocumulo dell'insetticida, tanto è vero che i molluschi provenienti dal Bacino di Pallanza presentavano livelli di concentrazione assai più alti che in analoghi organismi raccolti in altre zone del lago;
- la contaminazione del popolamento ittico era invece generalizzata nell'intero bacino lacustre, mostrando tuttavia un "trend" in diminuzione delle concentrazioni del DDT dal 1996 al 1998.

Nel biennio 1999-2000 non vennero condotti studi di dettaglio sull'ecosistema lacustre, ma si continuarono le analisi sia in Svizzera che in Italia sulle principali specie ittiche che confermarono una ulteriore diminuzione seppure modesta dei contenuti di DDT (Calderoni, 2001). Al proposito veniva però osservato che la tendenza al calo non poteva avere un valore previsionale in termini quantitativi, perchè la velocità di eliminazione del DDT attraverso i meccanismi di degradazione della molecola dipende da molti fattori, che riguardano non

soltanto la fisiologia delle specie ittiche e il loro regime alimentare, ma anche e soprattutto la presenza dell'inquinante nell'ambiente acquatico che è legata ad un duplice rifornimento: quello autoctono, attraverso la risospensione dei sedimenti lacustri e quello alloctono, dai tributari e dal trasporto atmosferico.

In effetti negli anni seguenti, con la ripresa nell'aprile 2001 di nuove ed organiche ricerche quinquennali promosse dalla Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere, ci si poteva aspettare una ulteriore riduzione della presenza dell'insetticida nei diversi comparti ambientali lacustri; al contrario il primo rapporto annuale (CIPAIS, 2002) documentava una forte impennata delle concentrazioni del DDT nei sedimenti superficiali e nelle diverse matrici biologiche. Essa era una probabile conseguenza degli eventi alluvionali dell'autunno del 2000 e, come tale, indicava un'ulteriore via di rifornimento al lago, vale a dire quella associata agli episodi di piena dei tributari con mobilitazione e successivo trasporto di DDT ed altri contaminanti storicamente accumulatisi nel corso di molti decenni sul terreno e nei suoli. L'innescò di un meccanismo del genere, soprattutto all'interno del bacino del Toce nelle aree storicamente occupate dall'insediamento industriale di Pieve Vergonte, faceva passare in second'ordine le altre cause di contaminazione dell'ecosistema, quali la risospensione dei sedimenti lacustri in zone di modesta profondità e la presenza di altre possibili sorgenti diffuse (ricaduta di aerosol, aree a storica vocazione agricola, sedimenti lacustri di bacini artificiali sottoposti a svuotamento per pulizia, precipitazioni atmosferiche).

L'importanza dei fattori idrologici, soprattutto nel caso di precipitazioni brevi ed intense, veniva poi riconfermata nel secondo anno di indagini (CIPAIS, 2003) durante il quale intervennero altre piene in maggio e novembre 2002, con torbide rilevanti e persistenti nel corpo idrico lacustre e un nuovo aumento di DDT biodisponibile che aveva fortemente rallentato il calo dell'inquinante nei vari comparti dell'ecosistema.

Soltanto nel terzo anno di indagini, caratterizzato da lunghi periodi di tempo asciutto per larghissima parte del 2003, si era constatato la ripresa di una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni. Essa tuttavia non poteva essere considerata irriversibile per la relativa facilità di ricarica del DDT che rimaneva comunque attiva anche in assenza di eventi di piena perchè i processi di rilascio dai sedimenti e di ricaduta atmosferica erano e sono comunque evidentemente tali da sostenere i bioaccumuli osservati in *Dreissena* e nel popolamento ittico (CIPAIS, 2004).

Infine va ancora ricordato che il rifornimento di inquinanti al lago rischia di incrementarsi ulteriormente nella fase realizzativa dei 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 durante i prossimi lavori di bonifica dei suoli in tutto l'areale storicamente interessato da smaltimenti e confinamenti dei diversi reflui e rifiuti aziendali. In tale prospettiva le ricerche programmate assumono per l'immediato futuro un ruolo irrinunciabile non solo per monitorare la presenza del DDT e di altri contaminanti nei vari comparti indagati, ma anche per verificare l'efficacia degli interventi di bonifica in funzione dei loro possibili effetti sull'ecosistema lacustre.

Tali aspetti, insieme ad altre importanti tematiche quali la presenza di PCB e di microinquinanti metallici, sono stati ulteriormente indagati e sviluppati in questo quarto rapporto annuale relativo al periodo aprile 2004 – marzo 2005 durante il quale le ricerche hanno riguardato i seguenti campi d'indagine:

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.

Sedimenti dei tributari: analisi DDT, PCBs, lindano ed isomeri, HCB e altri insetticidi organoclorurati 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 prevalentemente nel Bacino Borromeo e nella zona centrale del Verbano, vale a dire nell'area che erano risultate maggiormente contaminate durante la precedente campagna di monitoraggio 2003-2004. Inoltre, analisi di DDT e PCB in uova di Svasso maggiore raccolte sul Lago Maggiore (Fondotoce) in confronto con quelle campionate sul Lago di Garda (Desenzano).

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
de Bernardi R.CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
De Paolis A.CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
Galassi S.Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia
Gasparella A.CNR Istituto di Ricerche sulle Acque, Brugherio
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
Melone G.Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia
Mosello R.CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Musazzi S.CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Pallanza
Neri C.Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia
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
Veronesi M.UPDA-SPAAS, Bellinzona
Volta P.Università degli Studi di Milano, Dip. di Biologia

Bibliografia

- Calderoni, A. 2000. Attività della Commissione nel quadriennio 1996-1999 e sintesi dei principali risultati delle indagini sul DDT nel comparto ittico del Lago Maggiore. In: Ricerche ed attività della Commissione italo-svizzera sulla pesca nel quadriennio 1996–1999. Ed. Commissione italo-svizzera sulla pesca. 3: 5-17.
- Calderoni, A., A. Caprioglio & R. de Bernardi. 1996. *Sintesi dell'attività svolta. Risultati ottenuti e programmi di studio ed intervento*. Comitato tecnico-scientifico interministeriale ed interregionale “Emergenza DDT nel Lago Maggiore”: 61 pp.
- Ceschi, M., M. De Rossa & M. Jäggi. 1996. Contaminanti organici, inorganici e radionuclidi nell'ittiofauna dei laghi Ceresio e Verbano (bacini svizzeri). *Trav. Chim. Aliment. Hyg.*, 87: 189-211.
- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 81 pp.
- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2001 – marzo 2002*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2002 – marzo 2003*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIP AIS. 2004. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2003 – marzo 2004*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 78 pp.

2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI

Nella Tabella 2.1 vengono riportati i risultati delle analisi relative al pp'DDT e ai suoi metaboliti nella colonna d'acqua campionata nelle tre stazioni del lago nel luglio 2004. Gli altri composti clorurati sono riportati nella Tabella 2.2. La contaminazione misurata nelle tre stazioni è del tutto simile a quella del maggio 2003 sia per i DDT che per gli altri composti clorurati. Solo l'HCB non è risultato rilevabile nei campioni del 2004.

Tabella 2.1. DDT e suoi metaboliti (ng l⁻¹) nei campioni d'acqua del luglio 2004 (frazione disciolta)

Profondità (m)	<i>Ghiffa</i>			<i>Pallanza</i>			<i>Lesà</i>		
	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
0	0,20	<0,02	0,03	0,18	0,03	0,08	0,13	<0,05	0,05
-5	0,09	0,14	0,05	0,24	0,05	0,12	1,13	0,02	0,1
-10	0,15	0,06	0,05	0,13	0,08	0,08	0,19	<0,05	0,05
-20	0,14	0,02	0,06	0,21	0,13	0,05			
-30	0,18	0,02	0,04	0,9	0,93	0,13	0,06	0,12	0,06
-50	0,09	0,08	0,02	0,31	0,02	0,11	0,31	0,28	0,09
-100	0,14	0,33	0,05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
-150	0,21	0,41	0,06	n.d.	n.d.	n.d.			
-200	0,16	interf	0,07						
-250	0,10	0,21	0,02						
-300	0,17	interf	0,04						
-350	n.d.	n.d.	n.d.						
media	0,15	0,16	0,04	0,33	0,22	0,09	0,36	0,14	0,07

Tabella 2.2. Esaclorocicloesani (ng l⁻¹) nei campioni del luglio 2004 (frazione disciolta).

Profondità (m)	<i>Ghiffa</i>		<i>Pallanza</i>		<i>Lesà</i>	
	α-HCH	γ-HCH	α-HCH	γ-HCH	α-HCH	γ-HCH
0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
-5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1
-10	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2
-20	0,3	0,3	0,4	0,4		
-30	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
-50	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
-100	0,4	0,4				
-150	0,4	0,4				
-200	0,4	0,4				
-250	0,4	0,4				
-300	0,4	0,4				

Per il pp'DDE, che risulta essere il principale contaminante tra i composti omologhi del DDT, si sono osservati due picchi: il primo in corrispondenza del termoclino (Fig. 2.1) e il secondo a 150 m. Il picco del termoclino è presente anche nelle altre due stazioni (Figg. 2.2 e 2.3) ed è spiegabile con la sedimentazione delle alghe, la loro decomposizione e il conseguente rilascio dei composti accumulati. Il picco più profondo della stazione di Ghiffa non trova una spiegazione immediata. I pesticidi clorurati non erano rilevabili nei singoli campioni di particolato sospeso ma solo nei campioni integrati (Tabella 2.3). Per quanto riguarda la ripartizione dei pesticidi clorurati tra la frazione disciolta (D) e quella particolata (P), nella maggior parte dei casi la contaminazione risulta più elevata nella frazione disciolta. Il campionamento successivo (dicembre 2004) è stato eseguito solo alla stazione di Ghiffa per un ritardo dovuto alla piena del Toce, che è stata monitorata con un campionamento eseguito il 14 novembre (Tabella 2.4).

Le concentrazioni di pp'DDT e relativi metaboliti misurate nelle acque del Toce sono risultate molto più elevate di quelle del lago e il carico al momento del prelievo era maggiormente trasportato in forma disciolta. Nel particolato sospeso i pesticidi erano al di sotto dei limiti di rilevabilità. Le analisi eseguite sui campioni prelevati in dicembre a Ghiffa hanno dimostrato un incremento del pp'DDT e dei metaboliti (Tabella 2.5.) rispetto ai campioni estivi. Non si ritiene, tuttavia, che tali aumenti siano da imputare agli apporti del Toce dal momento che nel novembre del 2003 si erano pure verificati innalzamenti considerevoli delle concentrazioni del DDE e del DDT a qualche profondità della stazione di Ghiffa. Anche nei campioni di dicembre, come in quelli estivi, sono stati registrati due picchi di contaminazione per il pp'DDE, il primo in corrispondenza del termoclino e il secondo a maggiore profondità (Fig. 2.4). La concentrazione nel campione integrato di tutta la colonna d'acqua risultava pari a 0,60 ng l⁻¹ per il pp'DDT e 0,81 per il pp'DDE. Questi valori superano quelli medi determinati nel campione del dicembre 2004 (Tabella 2.5.).

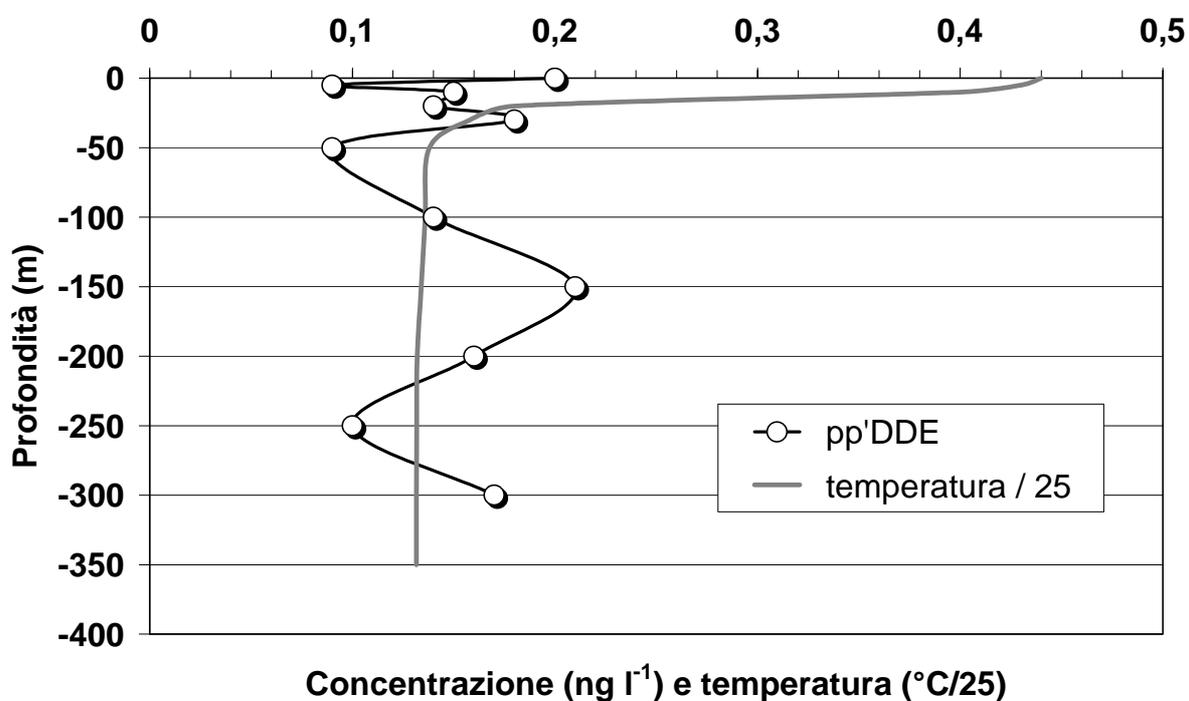


Fig. 2.1. Luglio 2004: andamento della concentrazione del pp'DDE e della temperatura (valore diviso per 25) nella stazione di Ghiffa.

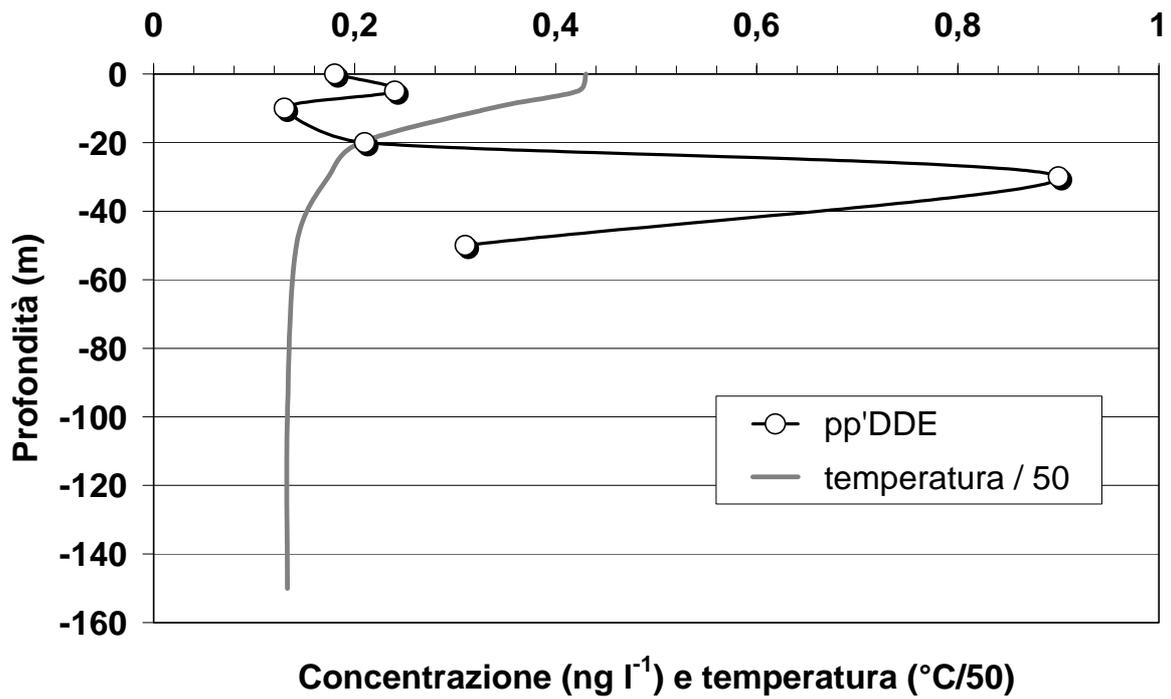


Fig. 2.2. Luglio 2004: andamento della concentrazione del pp'DDE e della temperatura (valore diviso per 50) nella stazione di Pallanza.

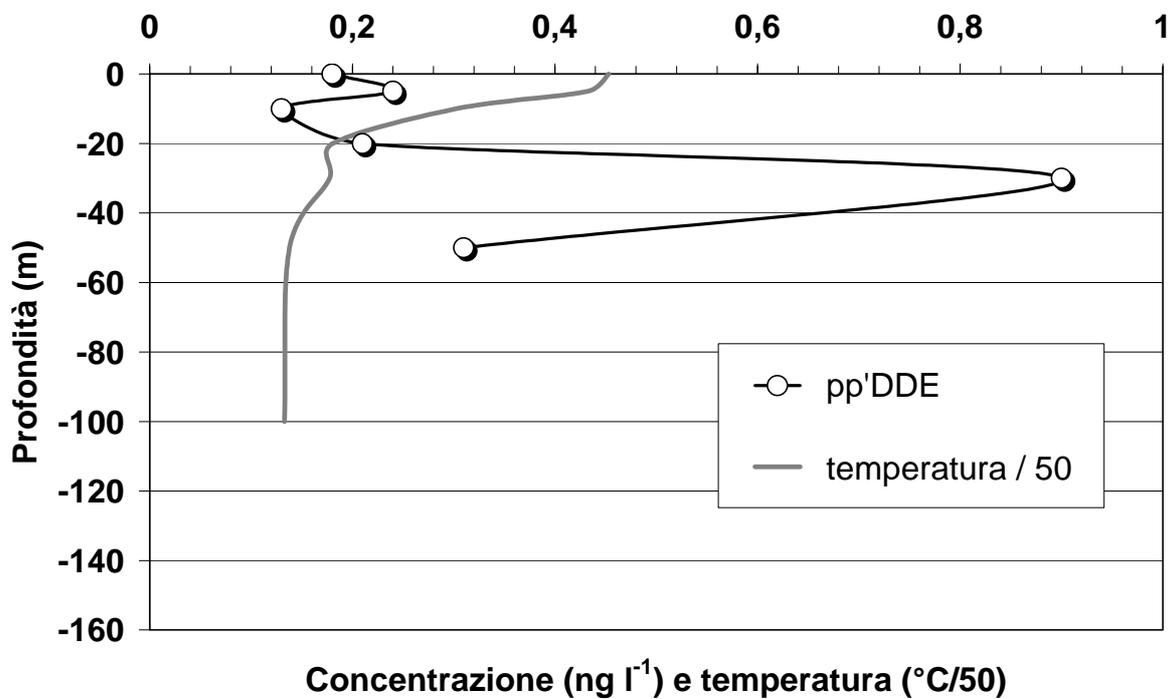


Fig. 2.3. Luglio 2004: andamento della concentrazione del pp'DDE e della temperatura (valore diviso per 50) nella stazione di Lesa.

Tabella 2.3. DDT e suoi metaboliti (ng l⁻¹) nella frazione disciolta e nei campioni integrati della frazione disciolta (D) e del particolato sospeso (P) del luglio 2004.

Profondità (m)	camp. Integr.	<i>Ghiffa</i>			<i>Pallanza</i>			<i>Lesà</i>		
		pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
0-10	D	0,15	0,10	0,04	0,18	0,05	0,09	0,48	0,02	0,07
0-10	P	0,06	0,02	0,03	0,02	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01
20-30	D	0,16	0,02	0,05	0,55	0,53	0,09	0,06	0,12	0,06
20-30	P	0,06	0,05	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01
50-150	D	0,15	0,27	0,04	0,31	0,02	0,11	0,31	0,28	0,09
50-150	P	0,16	0,32	0,09	0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01

Tabella 2.4. Pesticidi determinati nelle acque del F. Toce (frazione disciolta) del 14 novembre 2004 (ng l⁻¹).

pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
1,25	0,67	2,03

Tabella 2.5. Pesticidi clorurati nella frazione disciolta della stazione di Ghiffa del dicembre 2004 (ng l⁻¹).

Profondità (m)		α-HCH	γ-HCH	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
0		0,30	0,26	0,20	0,46	0,54
-5		0,28	0,18	0,20	0,50	0,07
-10		0,32	0,25	0,20	0,11	0,07
-20		0,25	0,32	0,44	0,30	0,40
-30		0,41	0,24	0,25	0,11	0,07
-50		0,40	0,43	0,24	0,09	0,15
-100		0,25	0,29	0,82	<0,05	0,23
-150		0,56	0,44	0,25	<0,05	0,08
-200		0,46	0,48	0,38	<0,05	0,15
-250		0,36	0,41	0,29	<0,05	0,10
-300		0,30	0,25	0,21	<0,05	<0,05
-350		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
media		0,35	0,32	0,32	0,26	0,19
0-150	D	0,13	0,31	0,40	0,19	0,24
	P	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,01
200-350	D	0,42	0,30	0,28	0,24	0,12
	P	<0,01	<0,01	0,09	0,18	0,03

L'ultimo campionamento è stato eseguito nel marzo 2005, anche in questo caso nella sola stazione di Ghiffa. Le concentrazioni degli esaclorocicloesani non erano rilevabili nei singoli campioni ma solo nel campione integrato eseguito su tutta la colonna d'acqua (Tabella 2.6). La temperatura era omogenea su tutta la colonna d'acqua e anche la distribuzione dei composti del DDT appariva più omogenea rispetto ai campioni estivi e autunnali. Le concentrazioni medie sono risultate più elevate rispetto a quelle determinate nel campione invernale del 2004.

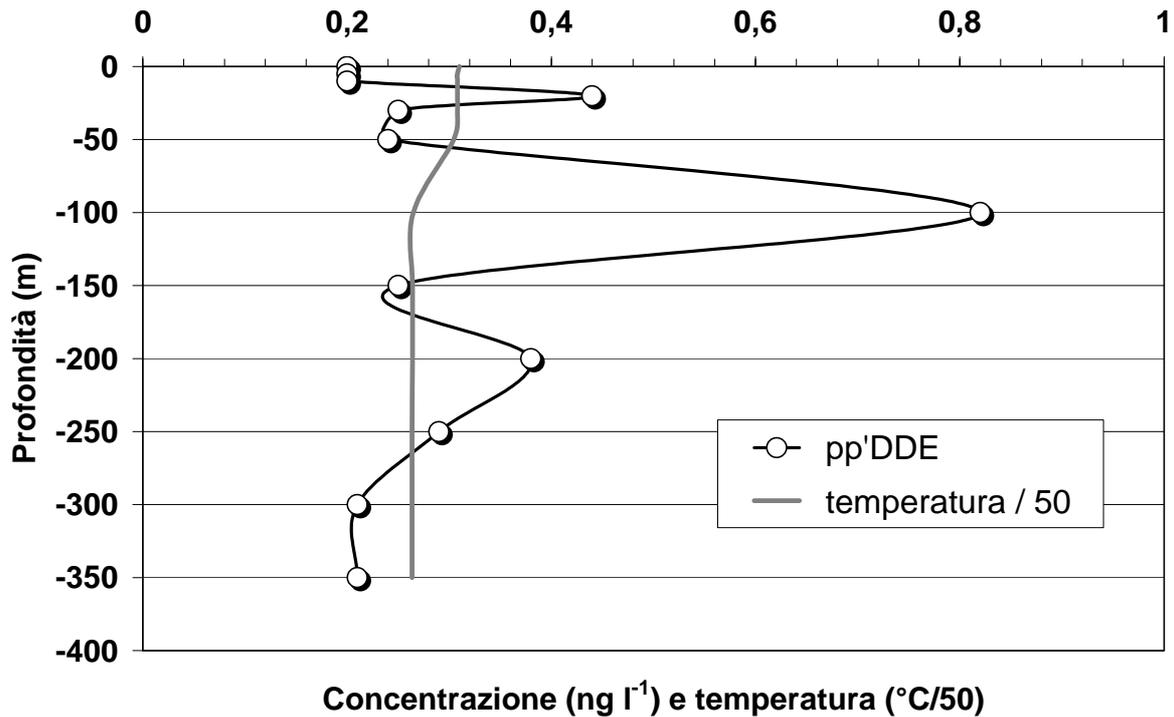


Fig. 2.4. Dicembre 2004: andamento della concentrazione di pp'DDE e della temperatura (valore diviso per 25) nella stazione di Ghiffa.

Tabella 2.6. Pesticidi clorurati nella frazione disciolta della stazione di Ghiffa e nei disciolti e particolati integrati del Marzo 2005 (ng l⁻¹)

Profondità (m)	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT	α -HCH	HCB	γ -HCH
0	0,13	<0,05	<0,05			
-5	0,08	0,05	0,12			
-10	0,16	0,11	0,10			
-20	0,10	0,14	0,13			
-30	0,23	<0,05	<0,05			
-50	0,24	<0,05	0,14			
-100	0,14	<0,05	<0,05			
-150	0,06	<0,05	<0,05			
-200	0,13	0,05	<0,05			
-250	0,14	0,10	<0,05			
-300	0,13	0,05	<0,05			
-350	0,31	0,19	0,09			
media	0,15	0,10	0,11			
int. dis.	0,24	0,16	0,11	0,47	0,03	0,31
int. part.	0,03	0,08	0,02	<0,01	<0,01	<0,01

Le concentrazioni medie e le concentrazioni determinate nel campione integrato (che in questo caso corrisponde a 24 litri di acqua estratta) sono risultate in buon accordo, confermando l'affidabilità dei valori relativi ai singoli campioni, anche se in molti casi erano prossimi ai limiti di rilevabilità analitica.

Poichè le medie sono state calcolate solo sui campioni al di sopra della soglia di rilevabilità, si deve dedurre che anche nei campioni in cui non si raggiungeva la soglia analitica dovessero essere presenti i DDT. Per questo motivo si deve ritenere che l'analisi dei singoli campioni sottostimi leggermente la contaminazione rispetto a quella dei campioni integrati. Dal confronto con il campionamento invernale del 2004, la concentrazione del pp'DDT risulta del tutto simile mentre si osserva una contaminazione maggiore nel campione invernale del 2005 per il pp'DDE e il pp'DDD rispetto a quello del febbraio 2004.

La contaminazione da pesticidi clorurati riguarda soprattutto la frazione disciolta che dovrebbe essere anche la più disponibile per la bioconcentrazione nei pesci. I campioni integrati sembrano dare risultati più attendibili rispetto alle analisi dei campioni singoli. Per questo si propone di proseguire le indagini solo sui campioni integrati in base al profilo della temperatura.

Il composto parentale, pp'DDT, non sembra aver subito diminuzioni significative nel corso di quasi tre anni di monitoraggio e altrettanto si può dire per il suo metabolita stabile pp'DDE. Si osservano variazioni delle concentrazioni dovute, verosimilmente, agli apporti dei fiumi e alla circolazione interna delle acque. Nel momento di massima contaminazione, che si è raggiunto a novembre 2003 e a dicembre 2004, la concentrazione media dei DDT totali è stata rispettivamente di 1,36 e 0,8 ng l⁻¹.

Il Decreto 367 del 6 novembre 2003 stabilisce "standard di qualità" per le acque di 0,2 ng l⁻¹ per il DDE e il DDT e di 0,3 ng l⁻¹ per il DDD. Di questi standard, che entreranno in vigore nel 2008, quello del DDE è stato quasi sempre superato nelle acque del Lago Maggiore.

Dal punto di vista del rischio ecologico è da porre in risalto la stabilità della contaminazione del composto parentale, pp'DDT che, sebbene superi raramente lo standard di qualità di 0,2 ng l⁻¹, genera problemi maggiori dei suoi metaboliti dal punto di vista della potenzialità di bioconcentrazione nei pesci a causa della sua maggiore lipofilia. Alle concentrazioni attualmente presenti nelle acque possono essere superate le soglie di accettabilità dei prodotti ittici per alcune specie per effetto sia della bioconcentrazione che della biomagnificazione.

3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI

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

Secondo quanto previsto dal programma annuale, 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): 13, 16 e 17, 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 (Fig. 3.1.1). I criteri di scelta di tali stazioni sono stati descritti in precedenti relazioni. Il campionamento tardo estivo è stato effettuato il 15 e 16 settembre 2004, mentre quello tardo invernale, per il solo Bacino di Pallanza, il 21 marzo 2005. Per ogni stazione si sono raccolte almeno due carote. Come di consueto le carote sono state tagliate, fotografate e sub-campionate in sezioni di sedimento in funzione della velocità di sedimentazione (Figg. 3.1.2 e 3.1.3). Al fine di datare e correlare le carote di sedimento si sono condotte anche le previste analisi di diatomee sub-fossili e di suscettività magnetica. Infine è stata condotta anche una descrizione litologica. I tassi di sedimentazione relativi a queste carote sono riportati in Tabella 3.1.1.

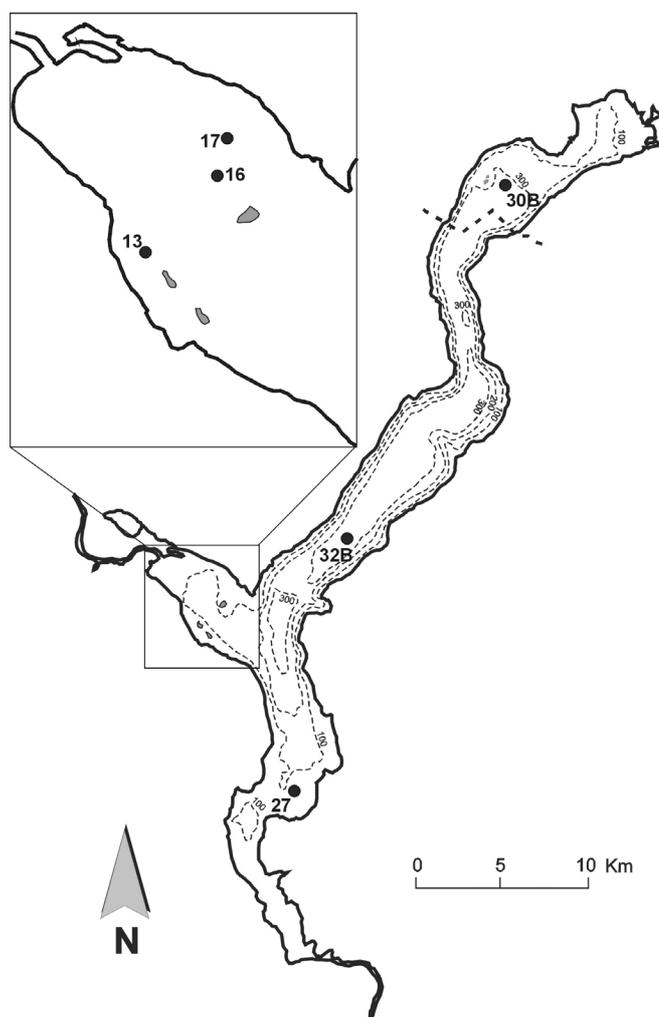


Fig. 3.1.1. Stazioni di campionamento.

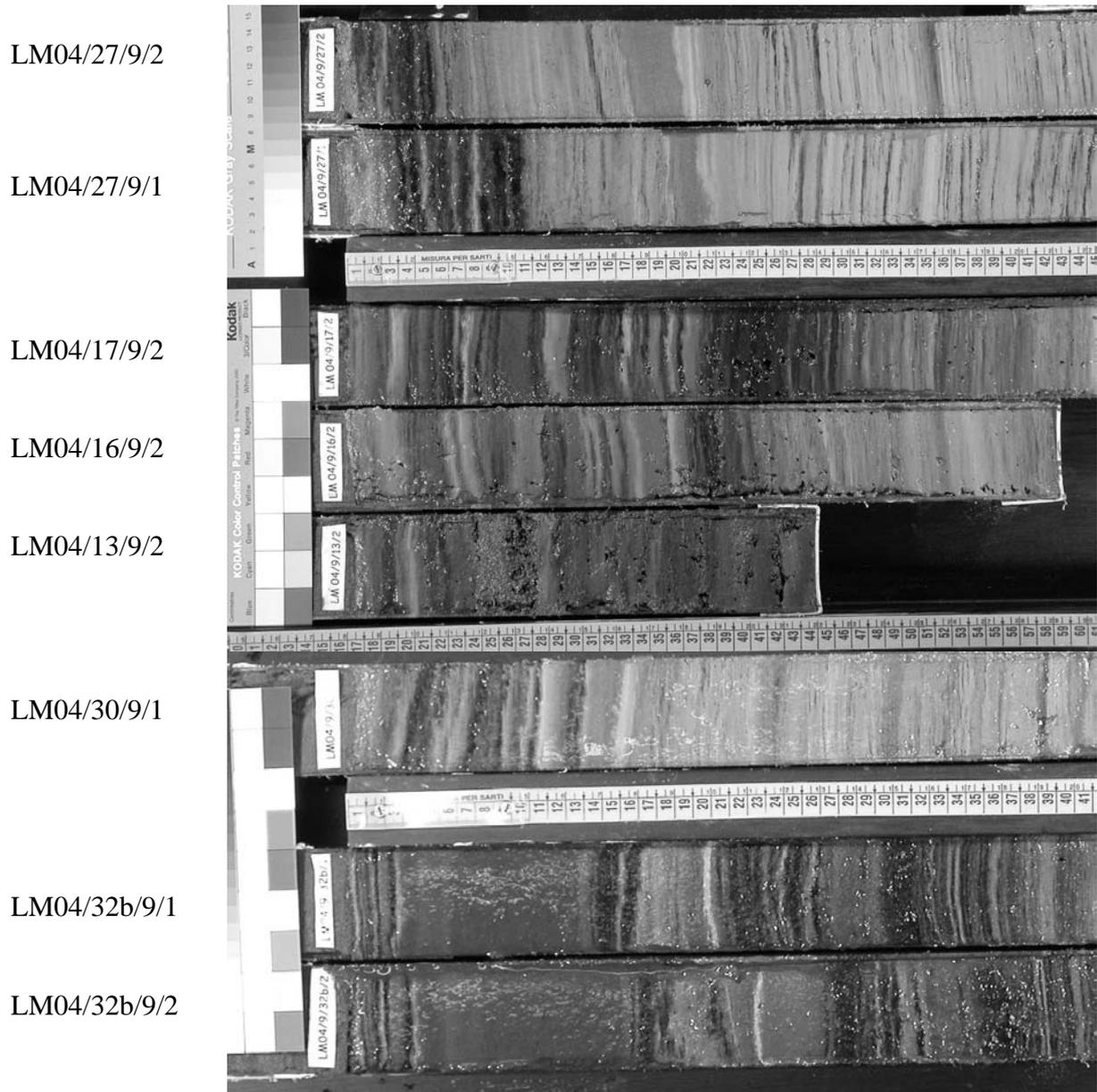


Fig. 3.1.2. Carote di sedimento campionate in agosto e settembre 2004 (Localizzazione in Fig. 3.1.1).

Legenda sigle tipo LM04/27/9/2

- 04 = anno di prelievo
- /27 = numero stazione
- /9 = mese di prelievo
- /2 = numero carota

LM05/17/3/2

LM05/17/3/1

LM05/16/3/2

LM05/16/3/1

LM05/13/3/2

LM05/13/3/1

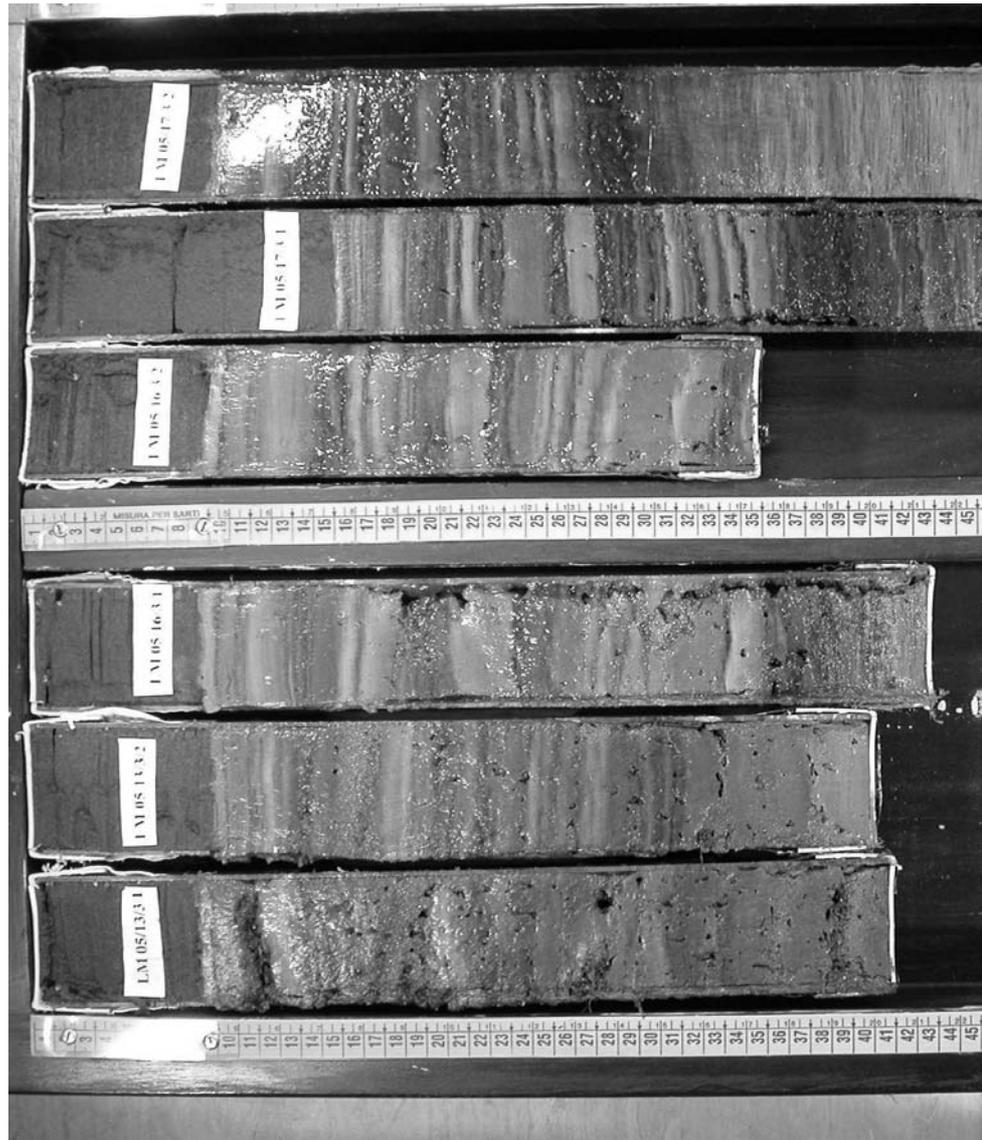


Fig. 3.1.3. Carote di sedimento campionate nel marzo 2005 (Localizzazione in Fig. 3.1.1).

Legenda sigle come in Fig. 3.1.2

Tabella 3.1.1. Tassi di sedimentazione (cm a^{-1}) delle carote prelevate nel 2004 e 2005. Sono indicate anche le profondità in cm nelle carote dei livelli noti di cambiamento dei popolamenti di diatomee (1989, 1963) e la presenza e spessore della torbida provocata dall'alluvione del 2000.

Evento:	Piena 2000			Transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i>			Transizione <i>Cyclotella /Stephanodiscus</i>			
	prof.	spessore	tasso 2000- 2005	cm	tasso 1989- 2005	tasso 1989-2005 escluse torbide	cm	tasso 1963- 2005	tasso 1963- 2005 senza torbide	tasso 1989- 1963
Carota										
LM05/13/3/1	3	5,5 (1,5 + 4)	0,63	13	0,81	0,54	27	0,65	0,52	0,54
LM05/16/3/1	2,5	2,5 (1,5+1)	0,52	10	0,65	0,54	25	0,60	0,54	0,58
LM05/17/3/1	2,3	2	0,48	10	0,65	0,57	30	0,72	0,67	0,77
Carota	prof.	spessore	tasso	cm	tasso	esclusa torbida	cm	tasso	tasso	
LM04/13/9/2				13	0,84		27	0,65	0,00	0,54
LM04/16/9/2				10,5	0,68					
LM04/17/9/2				13	0,84					
LM04/27/9/1				3,5	0,23		13	0,31	0,00	0,37
LM04/30/9/1				5,5	0,35		15	0,36	0,00	0,37
LM04/32b/9/1					0,63					

Legenda sigle come in Fig. 3.1.2

3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore

Sulla base alle conoscenze acquisite sono state campionate le stesse stazioni già indagate negli anni precedenti. La loro posizione è riportata in Fig. 3.1.1 del precedente Cap. 3.1. nel quale sono descritti anche i dettagli relativi al campionamento e al calcolo della rata di sedimentazione. Nel Bacino di Pallanza i prelievi sono stati semestrali (settembre 2004 e marzo 2005) e hanno riguardato le stazioni 13, 16 e 17 distribuite lungo un transetto che unisce idealmente gli abitati di Baveno e Suna in modo tale da rappresentare al meglio le diverse caratteristiche sedimentologiche, morfometriche e geografiche dell'area in studio e con lo scopo di seguirne l'evoluzione temporale. Lungo l'asse principale del lago si è proceduto ad un unico campionamento annuale in tre stazioni dislocate a Brissago (30b), Ghiffa (32b) e Ispra (27). Per l'estrazione, la preparazione dei campioni e l'analisi dei composti organici si fa riferimento alla metodica già utilizzata (CIP AIS, 1999).

3.2.1. Composti organoclorurati nel Bacino di Pallanza

Le concentrazioni degli organoclorurati sono riportate in Tabella 3.2.1 e riguardano due sezioni per carota in luogo dell'unica prevista, con sovrapposizioni temporali tra sezioni appartenenti a carote campionate nella stessa località ma in periodi diversi.

Tabella 3.2.1. Concentrazioni (ng g⁻¹) dei composti organoclorurati nei campioni del Bacino di Pallanza.

Campioni	Carota 13		Carota 13		Carota 16		Carota 16		Carota 17		Carota 17	
	settembre 2004		marzo 2005		settembre 2004		marzo 2005		settembre 2004		marzo 2005	
Sezione (cm)	0,4-0,8	0-0,4	0,3-0,6	0-0,3	0,3-0,6	0-0,3	0,3-0,6	0-0,3	0,4-0,8	0-0,4	0,3-0,6	0-0,3
Periodo	03/04- 10/03	09/04- 04/04	09/04- 04/04	03/05- 10/04	04/04- 12/03	09/04- 05/04	08/04- 02/04	03/05- 09/04	03/04- 10/03	09/04- 04/04	07/04- 01/04	03/05- 08/04
op'DDT	0,85	0,23	<0,05	0,17	0,36	0,24	0,12	0,31	0,71	<0,05	0,28	0,66
pp'DDT	5,10	1,41	2,36	4,21	6,84	1,20	7,04	2,65	19,60	1,80	4,45	8,37
op'DDE	4,23	1,15	1,04	1,01	1,91	1,22	0,63	0,34	1,25	2,00	1,67	1,34
pp'DDE	4,45	6,89	5,53	5,61	6,23	4,21	2,17	1,78	5,85	7,75	4,96	4,73
op'DDD	1,96	2,25	2,90	1,86	2,22	3,56	2,50	1,24	3,34	2,74	5,09	3,22
pp'DDD	6,68	4,47	9,26	8,24	6,34	7,41	7,30	4,20	6,24	7,32	13,78	9,82
DDT Tot	23,27	16,40	21,09	21,10	23,90	17,84	19,76	10,52	36,99	21,61	30,23	28,14
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	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gamma-HCH	0,35	0,15	0,13	0,18	0,15	0,12	<0,05	0,21	<0,05	<0,05	0,38	0,27
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
HCH Tot	0,35	0,15	0,13	0,18	0,15	0,12	-	0,21	-	-	0,38	0,27
HCB	0,36	0,51	0,49	0,51	0,28	0,21	0,15	0,21	0,12	0,40	0,41	0,49
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	<0,05	<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
Totale	0,36	0,51	0,49	0,51	0,28	0,21	0,15	0,21	0,12	0,40	0,41	0,49
PCB 18	0,24	0,28	0,25	<0,05	0,41	0,12	0,36	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	<0,05	<0,05	<0,05	0,45	0,09	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 31	<0,05	<0,05	0,23	<0,05	<0,05	<0,05	0,72	0,26	<0,05	<0,05	0,27	1,04
PCB 44	0,78	0,84	0,78	0,56	1,24	0,63	0,29	0,33	0,40	1,40	0,24	0,75
PCB 52	0,24	0,53	0,12	0,32	0,36	0,24	0,17	<0,05	0,16	0,82	0,39	0,32
PCB 101	1,22	1,68	0,77	0,89	0,93	0,85	0,49	0,59	0,23	1,26	0,85	1,38
PCB 149	0,88	1,37	1,08	0,90	0,42	0,48	0,44	0,41	0,26	0,96	0,76	0,98
PCB 118	0,58	1,10	0,66	0,66	0,13	0,97	0,57	0,18	0,27	0,84	0,45	0,66
PCB 153	0,89	1,79	1,22	1,38	0,56	0,52	0,36	0,59	0,28	1,00	1,03	1,50
PCB 138	0,22	0,62	1,62	1,12	0,27	0,26	0,62	0,34	0,13	0,18	1,29	1,29
PCB 180	0,38	2,52	0,94	0,72	0,58	0,18	0,21	<0,05	0,25	0,95	0,59	0,47
PCB 170	0,41	0,74	0,42	0,28	0,18	0,11	0,15	<0,05	<0,05	0,29	0,24	0,23
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
PCB Tot	5,84	11,47	8,09	7,28	5,17	4,44	4,38	2,70	1,98	7,70	6,11	8,61

Per quanto riguarda la contaminazione da DDT, se ne osserva una distribuzione piuttosto omogenea nelle tre stazioni considerate nell'ultimo anno d'indagini. I valori si attestano tra 10 e 40 ng g⁻¹ ed è prevalente la contaminazione del metabolita pp'DDD rispetto a quella del composto parentale pp'DDT (Figg. 3.2.1 – 3.2.2 – 3.2.3).

I risultati relativi alle sezioni più antiche evidenziano per la carota 17 una maggiore contaminazione da pp'DDT nell'autunno 2003 da correlarsi ad un periodo di più intense precipitazioni nel bacino (Fig. 3.2.3); tali eventi in corrispondenza dei periodi autunnali sono molto frequenti, così come già verificato dalle analisi condotte negli anni precedenti (CIPAIS, 2003; 2004) ed il fenomeno è evidente soprattutto in questa stazione che è la più direttamente influenzata dal trasporto del materiale particellato del Fiume Toce.

Per quanto riguarda gli altri insetticidi organoclorurati, il lindano è prevalente rispetto agli altri isomeri e la sua contaminazione, inferiore a 1 ng g⁻¹, 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 12 ng g⁻¹ 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 quattro anni di campionamento (CIPAIS, 2002; 2003; 2004) sinora eseguiti, è evidente una riduzione della contaminazione del Bacino di Pallanza negli anni non influenzati da piene considerevoli del Fiume Toce (2003-2005), tanto è vero che dal 2002 in poi le concentrazioni di DDT totale si siano ridotte a poche decina di ng g⁻¹.

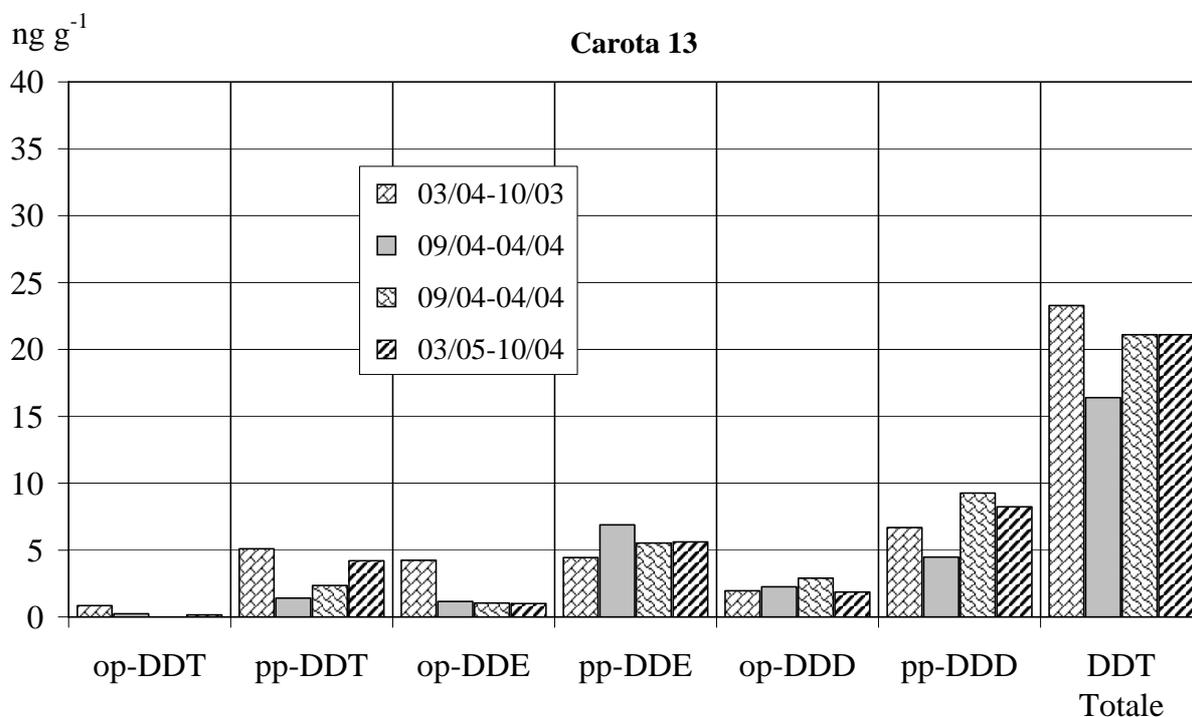


Fig. 3.2.1. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni del Bacino di Pallanza (carota 13).

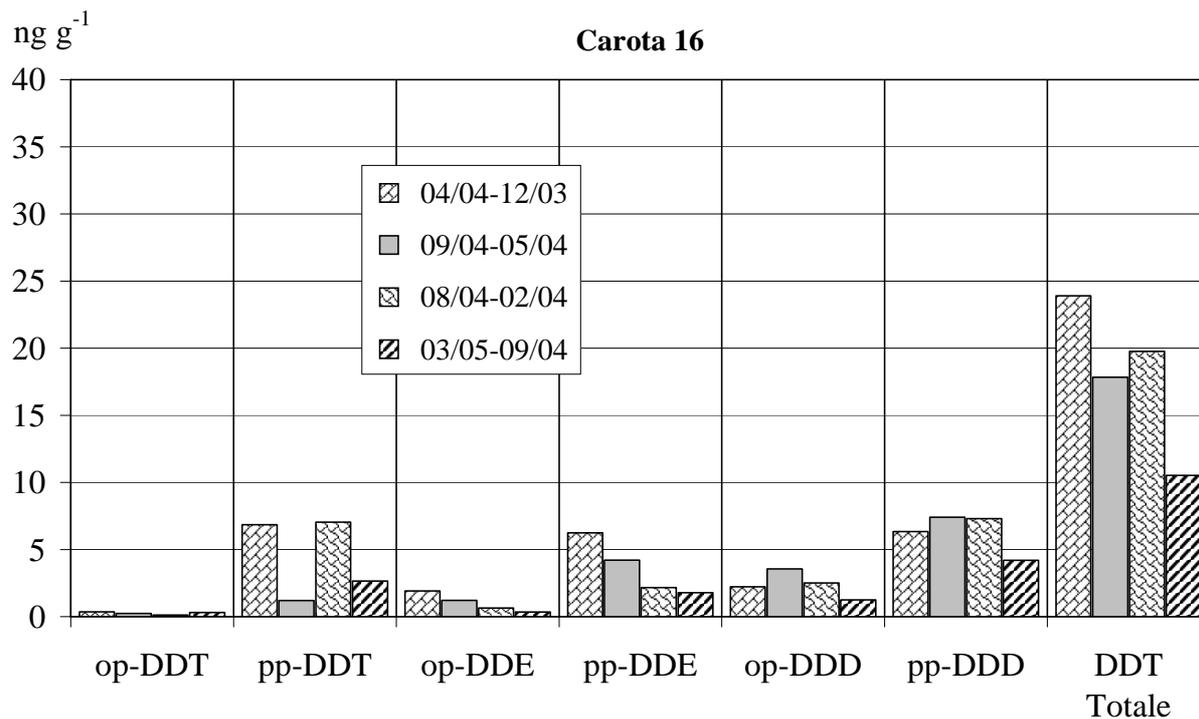


Fig. 3.2.2. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni del Bacino di Pallanza (carota 16).

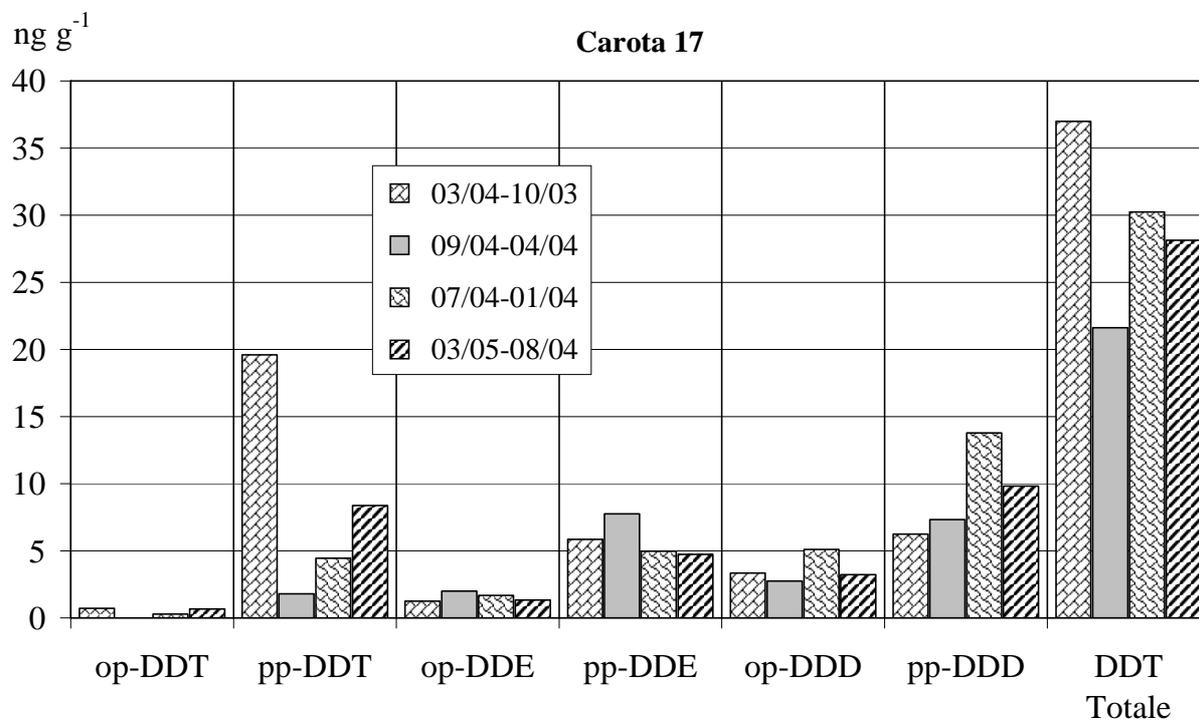


Fig. 3.2.3. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni del Bacino di Pallanza (carota 17).

3.2.2. *Metalli nel Bacino 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 in un precedente rapporto (CIPAIS, 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–Bureau Communautaire de Référence (CRM 280 e S7). L'accuratezza percentuale è stata del 92 – 103% per tutti gli elementi e la ripetibilità (come deviazione standard relativa) è stata dello 0,6–5% a seconda degli elementi.

Sono stati analizzati gli elementi As, Cd, Cu e Hg in 18 campioni sui 9 previsti, per un totale di 72 analisi su 36. 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 2004) e secondo campionamento (marzo 2005) sono riportate nella Tabella 3.2.2. accanto alle sezioni (in cm) di carota di sedimento ed i corrispondenti periodi individuati in base ai tassi di sedimentazione descritti nel precedente capitolo 3.1. Anche in questo caso le misure effettuate riguardano due sezioni per carota in luogo dell'unica prevista, con sovrapposizioni temporali tra sezioni appartenenti a carote campionate nella stessa località ma in periodi diversi.

Le concentrazioni di arsenico nei sedimenti superficiali del marzo 2005 presentano livelli maggiori nella carota 13 (Baveno) rispetto alle carote 16 e 17 (Suna), con valori rispettivamente di 95,6 , 33,3 e 35,4 mg kg⁻¹.

Anche cadmio e rame presentano le concentrazioni più alte nella carota 13 (0,494 e 83,1 mg kg⁻¹) e un andamento decrescente dalla 13 alla 17 e alla 16 dove le concentrazioni sono più basse del 60 e 30%.

Le concentrazioni di mercurio sono più alte nello strato superficiale della carota 13 (0,304 mg kg⁻¹) rispetto alla carota 17, inferiore di almeno un terzo (0,185 mg kg⁻¹) e alla carota 16, ancora più bassa (0,102 mg kg⁻¹). Anche nel semestre precedente (settembre 2004) le concentrazioni più alte di As, Cd e Cu sono state misurate nella carota 13 (As=64,5; Cd=0,63; Cu=78,3 mg kg⁻¹) rispetto alle carote 17 e 16, che presentano valori simili tra loro e più bassi di circa il 15–50% per rame, cadmio e arsenico; mentre valori simili di Hg si osservano in tutte e tre le stazioni (0,297, 0,304 e 0,298 mg kg⁻¹).

Tutti i metalli mostrano un andamento analogo con concentrazioni più basse nel marzo 2005 rispetto al settembre 2004 nelle carote 16 e 17, mentre nella carota 13 i valori del marzo 2005 sono più alti per As e uguali per Cu e Hg.

In generale si osserva che nei sedimenti superficiali del Bacino di Pallanza le concentrazioni di As presentano un andamento simile e crescente nelle stazioni più litorali (carote 13 e 17) rispetto ai valori più costanti della stazione centrale (carota 16) andando da un minimo di 29,8 mg kg⁻¹ nella stazione di Suna (carota 17) a un massimo di 95,6 mg kg⁻¹ nella carota 13 a Baveno. Lo stesso andamento crescente per le stazioni litorali e decrescente per quella centrale si osserva per il rame andando da un minimo di 52,3 mg kg⁻¹ (stazione 16) ad un massimo di 83,1 mg kg⁻¹ ancora a Baveno (Figg. 3.2.4 – 3.2.5 – 3.2.6).

Andamento opposto si evidenzia per il cadmio con valori in diminuzione in tutte le stazioni del Bacino di Pallanza che è relativamente costante nei due periodi in tutte le stazioni con minimo di 0,210 mg kg⁻¹ nella carota 16 e massimo di 0,494 mg kg⁻¹ nella carota 13 (Figg. 3.2.7 – 3.2.8 – 3.2.9). Per il cadmio il massimo assoluto di 0,631 mg kg⁻¹ misurato nella carota 17 è relativo al semestre settembre – aprile 2004. Andamento decrescente si osserva anche per il mercurio nelle stazioni 16 e 17, mentre nella stazione di Baveno (carota 13) le concentrazioni si mantengono alte e costanti nel tempo, superiori al valore soglia (TEC = 0,18 mg kg⁻¹).

Tabella 3.2.2. Concentrazioni dei metalli in mg kg^{-1} nei campioni del Bacino di Pallanza.

Campionamento	Carota N°	Sezione (cm)	Periodo	As mg kg^{-1}	Cd mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Hg mg kg^{-1}
marzo 2005	13	0 – 0,3	03/05 – 10/04	95,6	0,494	83,1	0,304
		0,3 – 0,6	09/04 – 04/04	39,9	0,537	83,8	0,314
settembre 2004	13	0 – 0,4	09/04 – 04/04	64,5	0,631	78,3	0,297
		0,4 – 0,8	03/04 – 10/03	36,7	0,618	69,5	0,301
marzo 2005	16	0 – 0,30	03/05 – 09/04	33,3	0,210	52,3	0,102
		0,3 – 0,6	08/04 – 02/04	20,8	0,245	58,1	0,102
settembre 2004	16	0 – 0,30	09/04 – 05/04	33,8	0,376	66,6	0,304
		0,3 – 0,6	04/04 – 12/03	30,2	0,340	61,5	0,311
marzo 2005	17	0 – 0,30	03/05 – 08/04	35,4	0,281	71,6	0,185
		0,3 – 0,6	07/04 – 01/04	28,1	0,354	74,7	0,271
settembre 2004	17	0 – 0,4	09/04 – 04/04	29,8	0,363	70,9	0,298
		0,4 – 0,8	03/04 – 10/03	24,5	0,309	59,9	0,287

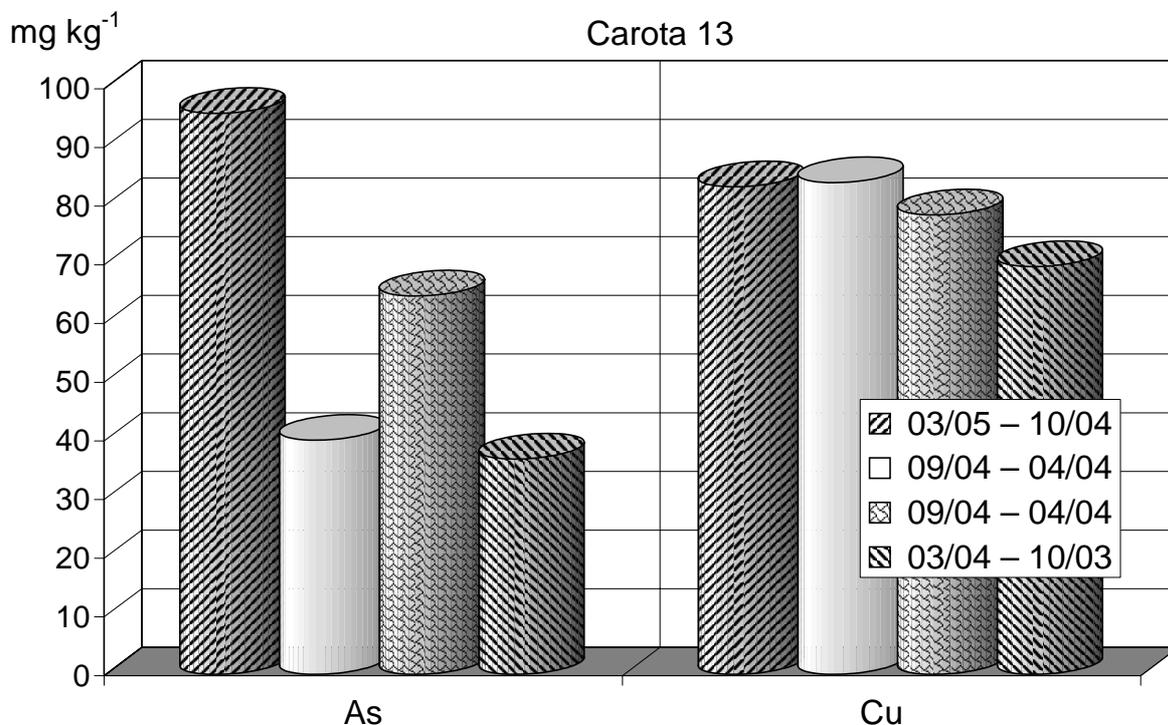


Fig. 3.2.4. Concentrazioni di arsenico e rame nel Bacino di Pallanza (carota 13).

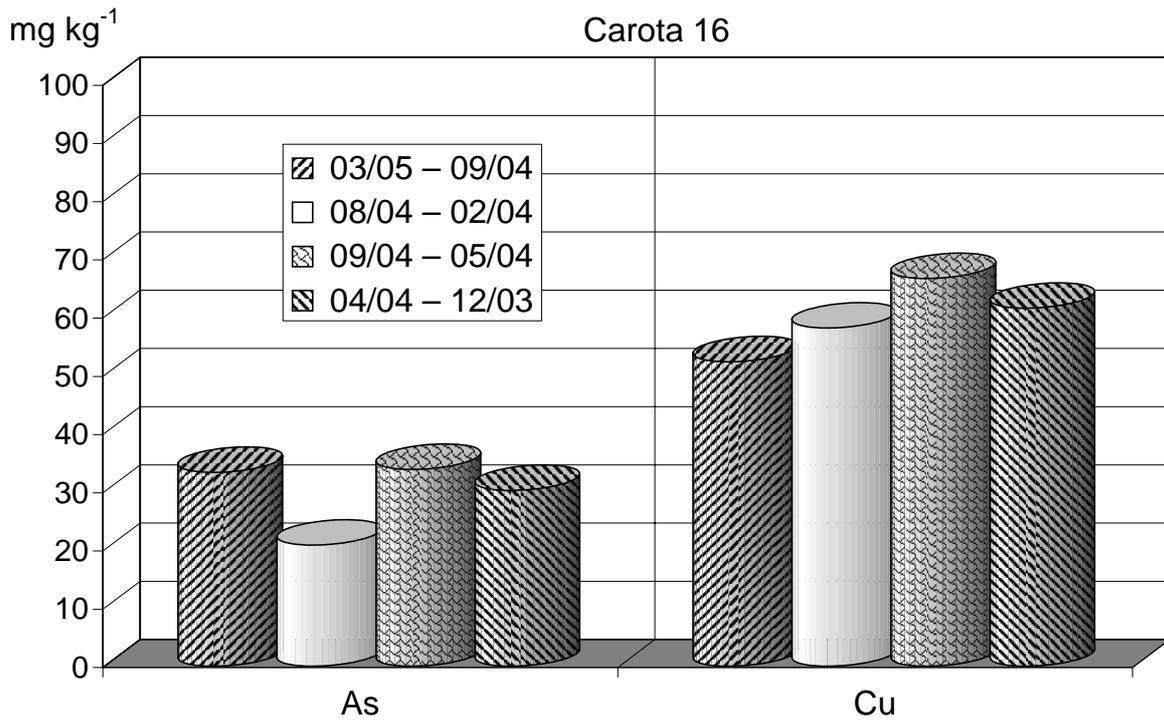


Fig. 3.2.5. Concentrazioni di arsenico e rame nel Bacino di Pallanza (carota 16).

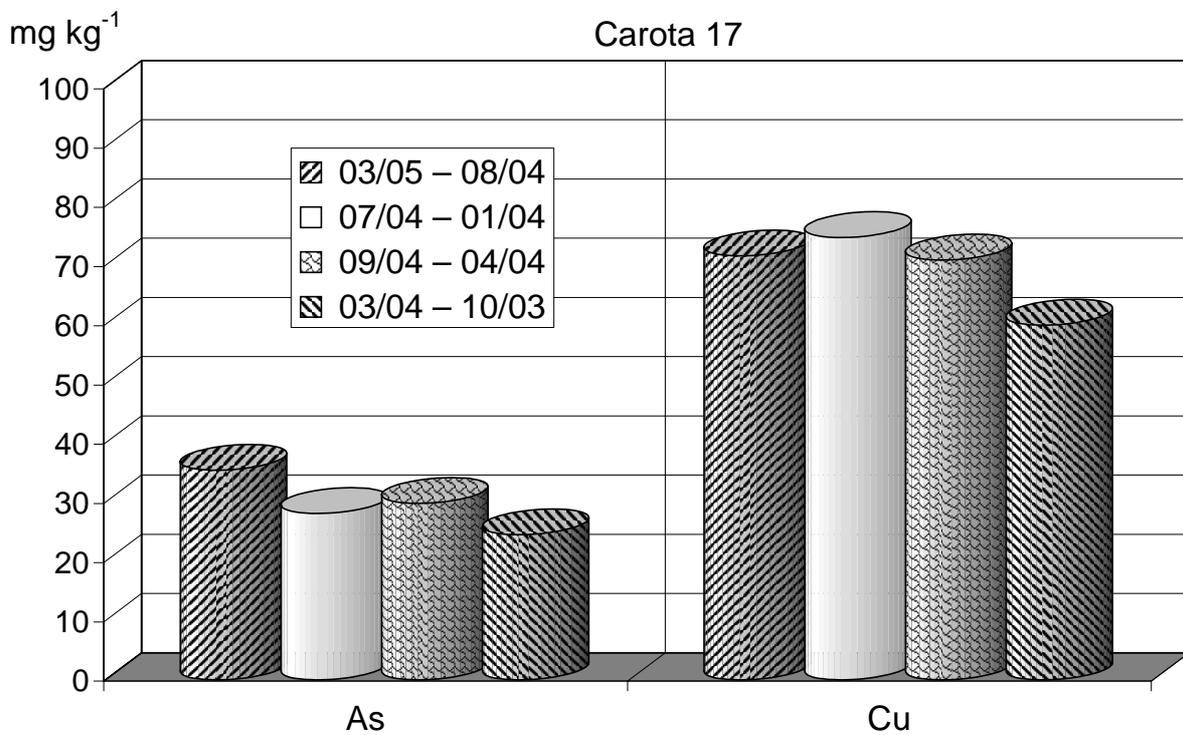


Fig. 3.2.6. Concentrazioni di arsenico e rame nel Bacino di Pallanza (carota 17).

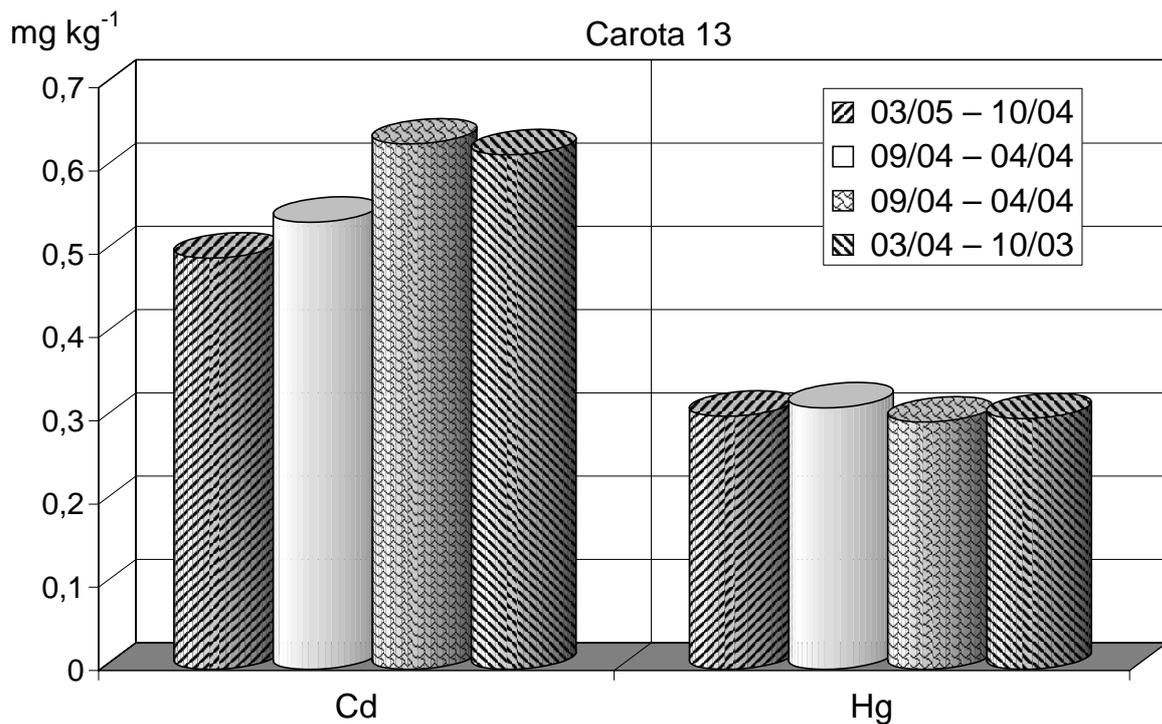


Fig. 3.2.7. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel Bacino di Pallanza (carota 13).

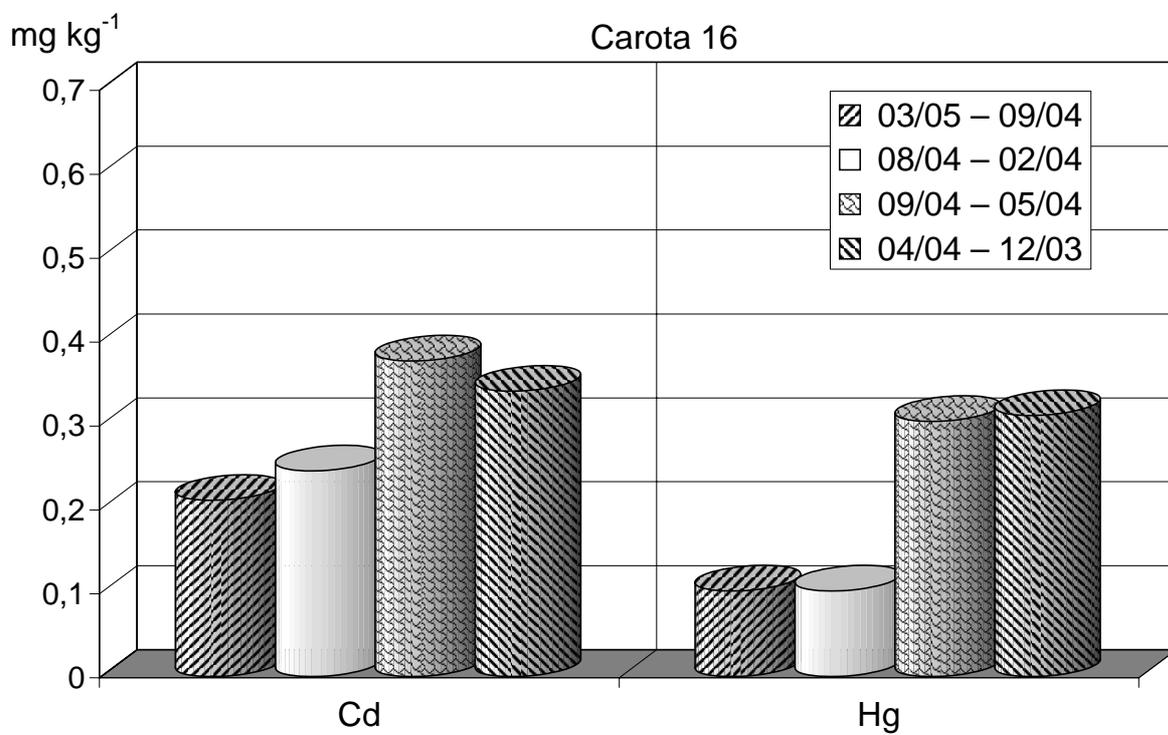


Fig. 3.2.8. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel bacino di Pallanza (carota 16).

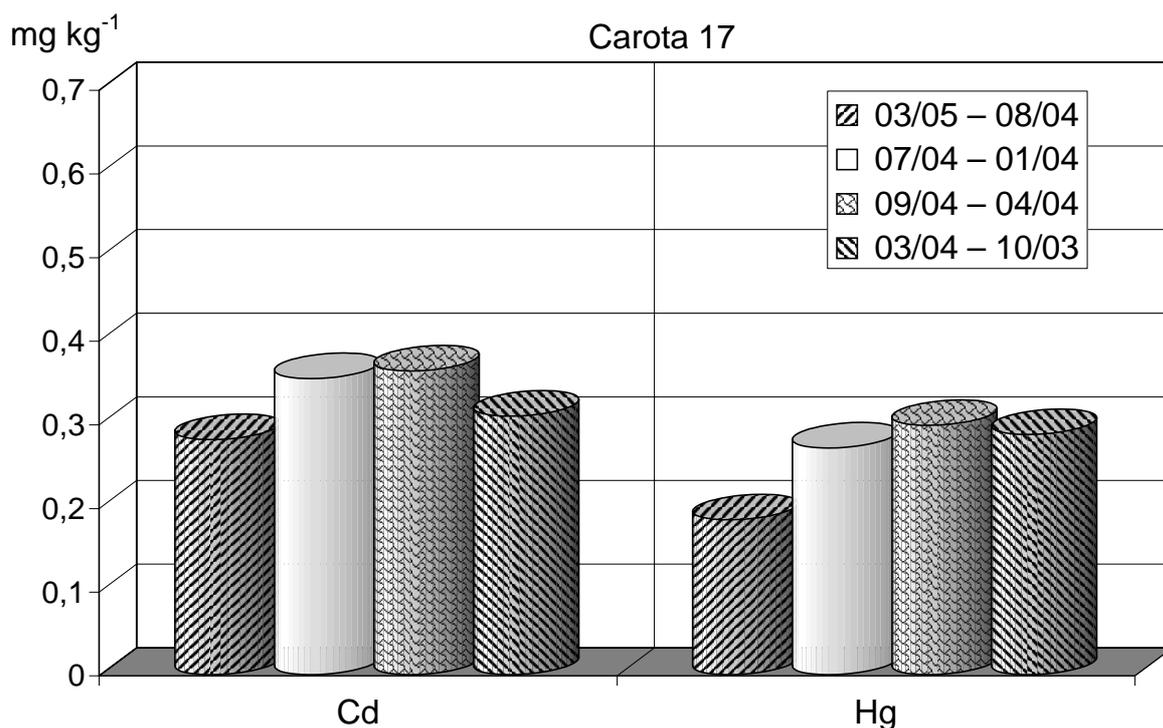


Fig. 3.2.9. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel Bacino di Pallanza (carota 17).

3.2.3. Composti organoclorurati lungo l'asse nord-sud del lago

I dati relativi alle tre carote analizzate lungo l'asse principale del lago sono riportati nella Tabella 3.2.3 e in Fig. 3.2.10. Da nord a sud le stazioni campionate sono: Brissago (30B), Ghiffa (32B) e Ispra (27).

La carota 30B, campionata nella zona settentrionale del Maggiore, è caratterizzata da una minore contaminazione rispetto alla rimanente parte del lago, ma si evidenzia un aumento del DDT totale negli anni più recenti (CIP AIS, 2002; 2003; 2004). Tale andamento è in accordo con quanto rilevato nella carota campionata nel giugno 2001 (CIP AIS, 2002), in cui i livelli maggiori di DDT si osservavano agli inizi degli anni '90 e negli anni 1998-2001 in conseguenza della piena del 2000, evidenziando come la contaminazione nel Bacino di Pallanza abbia raggiunto per effetto delle correnti anche la zona settentrionale attraverso la deposizione di particolato fine inquinato. In questa carota sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT, come già precedentemente evidenziato (CIP AIS, 2002; 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 quasi assente, mentre si osservano valori non trascurabili di PCB totali compresi tra 10 e 20 ng g⁻¹.

Per la carota 32B, campionata nella zona centrale, le due sezioni di sedimento analizzato evidenziano una contaminazione da DDT simile che si attesta sui 30-40 ng g⁻¹ con livelli pari a quelli della carota 17 campionata nel Bacino di Pallanza. Anche, in questa carota sono prevalenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT, come già precedentemente evidenziato (CIP AIS, 2002; 2003). La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile e quella da PCB si attesta come per la carota 30B su 10-20 ng g⁻¹.

La presenza di DDT nella carota 27 risulta superiore al passato, soprattutto nella sezione più recente; questo fa ipotizzare un'origine della contaminazione per trascinamento dalla zona centrale alla parte meridionale del Maggiore dove sono principalmente presenti i metaboliti pp'DDD e pp'DDE rispetto al composto parentale pp'DDT. La contaminazione da altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile e quella da PCB si attesta come per le altre carote su 10-20 ng g⁻¹.

Da nord a sud l'andamento delle concentrazioni totali di DDT è il seguente: 17 ng g⁻¹ (30B) → 30 ng g⁻¹ (32B) → 143 ng g⁻¹ (27), con un arricchimento pari a 2 volte nella parte centrale e a 8 volte nella parte meridionale del lago.

Tabella 3.2.3. Concentrazioni (ng g⁻¹) dei composti organoclorurati nei campioni lungo l'asse N-S.

Campionamento	Carota 30B settembre 2004		Carota 32B settembre 2004		Carota 27 settembre 2004	
	Sezione (cm)	0,4-0,6 0-0,4	0,4-0,6 0-0,4	0,2-0,3 0-0,2		
	Periodo	07/03-01/03 09/04-08/03	01/04-10/03 09/04-02/04	11/03-07/03 09/04-12/03		
op'DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp'DDT	<0,05	0,60	1,84	0,51	1,45	1,90
op'DDE	1,85	1,26	3,32	3,21	6,45	15,32
pp'DDE	5,99	6,23	13,25	12,84	24,30	60,23
op'DDD	3,78	2,28	5,11	3,45	7,71	17,64
pp'DDD	11,71	6,67	15,49	10,61	15,60	48,21
DDT Tot.	23,33	17,04	39,01	30,62	55,51	143,30
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	0,63	0,45	0,31	0,26	<0,05	<0,05
Delta-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HCH Tot.	0,63	0,45	0,31	0,26	-	-
HCB	0,65	0,34	0,41	0,28	0,65	0,85
t-eptaclo ro	<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
Totale	0,65	0,34	0,41	0,28	0,65	0,85
PCB 18	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	1,12	<0,05
PCB 28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,43	0,24
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 44	0,62	0,72	1,32	1,65	4,21	1,52
PCB 52	0,32	0,54	0,53	0,88	2,32	0,93
PCB 101	3,25	2,23	2,43	2,23	0,99	1,13
PCB 149	3,64	1,65	1,12	1,97	2,31	2,23
PCB 118	0,91	1,12	1,25	1,26	0,72	1,29
PCB 153	4,67	1,65	1,47	3,02	0,99	1,38
PCB 138	4,19	0,88	1,87	1,20	0,24	3,19
PCB 180	2,06	0,89	0,99	5,61	2,51	2,46
PCB 170	2,03	0,56	0,75	0,64	0,59	0,67
PCB 194	<0,05	<0,05	0,23	3,41	<0,05	<0,05
PCB Tot.	21,69	10,24	11,96	22,01	16,43	15,04

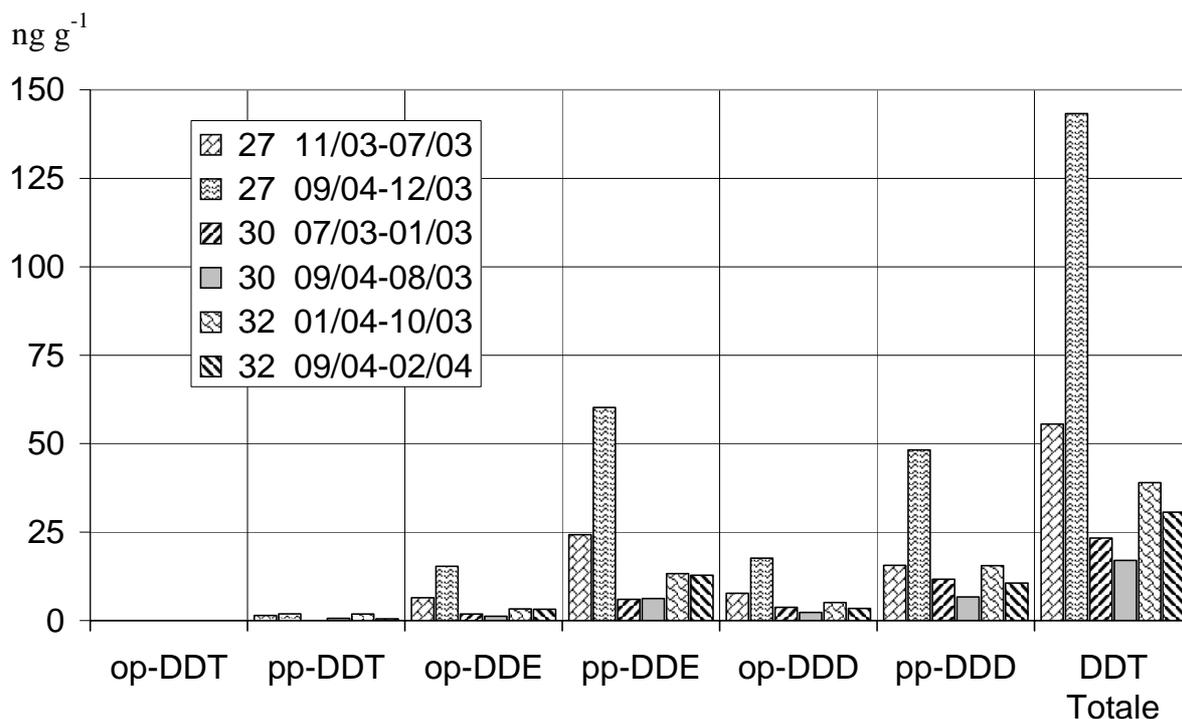


Fig. 3.2.10. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni prelevati lungo l'asse principale del lago (op DDT sempre $< 0,05 \text{ ng g}^{-1}$).

3.2.4. Metalli lungo l'asse nord-sud del lago

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 (agosto 2003-settembre 2004) vanno da valori più bassi nella zona settentrionale ($\text{Cu} = 72,1 \text{ mg kg}^{-1}$ e $\text{Hg} = 0,120 \text{ mg kg}^{-1}$) a valori leggermente più alti o massimi nella parte centrale ($\text{Cu} = 74,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e $\text{Hg} = 1,077 \text{ mg kg}^{-1}$) e a valori un pò più alti per rame ($\text{Cu} = 84,9 \text{ mg kg}^{-1}$) e intermedi per mercurio ($\text{Hg} = 0,753 \text{ mg kg}^{-1}$) nella zona meridionale.

Per arsenico e cadmio gli andamenti sono simili con un ordine crescente dalla parte centrale ($43,6$ e $0,677 \text{ mg kg}^{-1}$) al nord ($74,1$ e $0,712 \text{ mg kg}^{-1}$) per arrivare alla zona meridionale dove i valori sono massimi per entrambi gli elementi ($127,6$ e $1,007 \text{ mg kg}^{-1}$). Questi dati confermano per il 2004 la prevalenza di una minore contaminazione nella zona nord rispetto a quella meridionale; anche a Ghiffa i valori di As, Cd e Cu sono simili o più bassi che nella parte settentrionale (ad es. l'As), ma quelli del mercurio risultano massimi e pari al livello di probabile effetto ($\text{PEC} = 1,09 \text{ mg kg}^{-1}$). Complessivamente la zona meridionale presenta ancora livelli alti per tutti e quattro gli elementi.

Da un confronto con gli strati più profondi (Tabella 3.2.4 e Figg. 3.2.11 e 3.2.12), si osserva che a nord (Brissago, carota 30B) le concentrazioni di tutte e quattro gli elementi mostrano un andamento in crescita, soprattutto per arsenico e mercurio. Nella zona centrale (Ghiffa, carota 32B), le concentrazioni di cadmio e rame sono invariati, mentre gli altri due elementi sono in leggero aumento (As) o quasi raddoppiati (Hg) rispetto al periodo precedente.

I valori misurati più a sud (stazione di Ispra, carota 27) sono più bassi per tutti i metalli, ad esclusione dell'arsenico che presenta un aumento del 60%, rispetto al periodo precedente, confermando l'importanza del regime idrologico nel determinare l'entità del trasporto dei contaminanti dal Bacino di Pallanza alla zona meridionale.

Tabella 3.2.4. Concentrazioni dei metalli in mg kg^{-1} nei sedimenti raccolti lungo l'asse principale del lago.

Campionamento	Carota N°	Sezione (cm)	Periodo	As mg kg^{-1}	Cd mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Hg mg kg^{-1}
Settembre 2004	30B	0 – 0,4	09/04 – 08/03	74,1	0,712	72,1	0,120
		0,4 – 0,6	07/03 – 01/03	26,7	0,667	67,7	0,085
Settembre 2004	32B	0 – 0,4	09/04 – 02/04	43,6	0,677	74,4	1,077
		0,4 – 0,6	01/04 – 10/03	37,8	0,707	78,8	0,597
Settembre 2004	27	0 – 0,2	09/04 – 12/03	127,6	1,007	84,9	0,753
		0,2 – 0,3	10/03 – 07/03	78,3	1,683	91,8	0,869

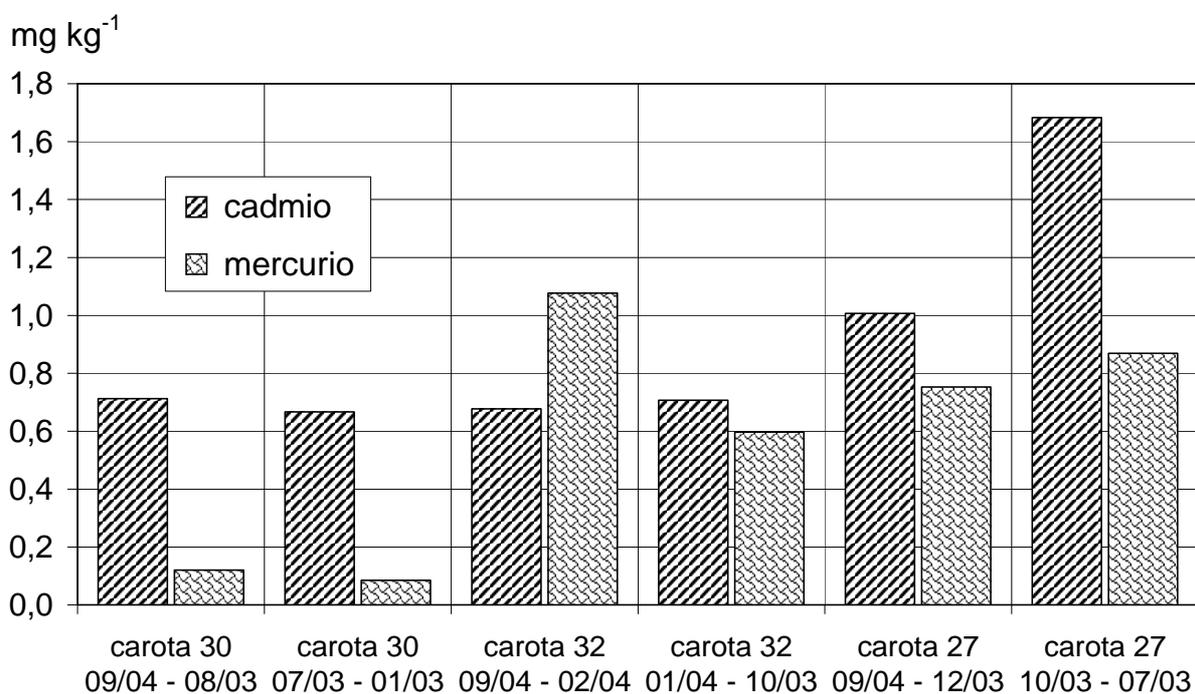


Fig. 3.2.11. Concentrazioni di cadmio e mercurio nei sedimenti raccolti lungo l'asse principale del lago.

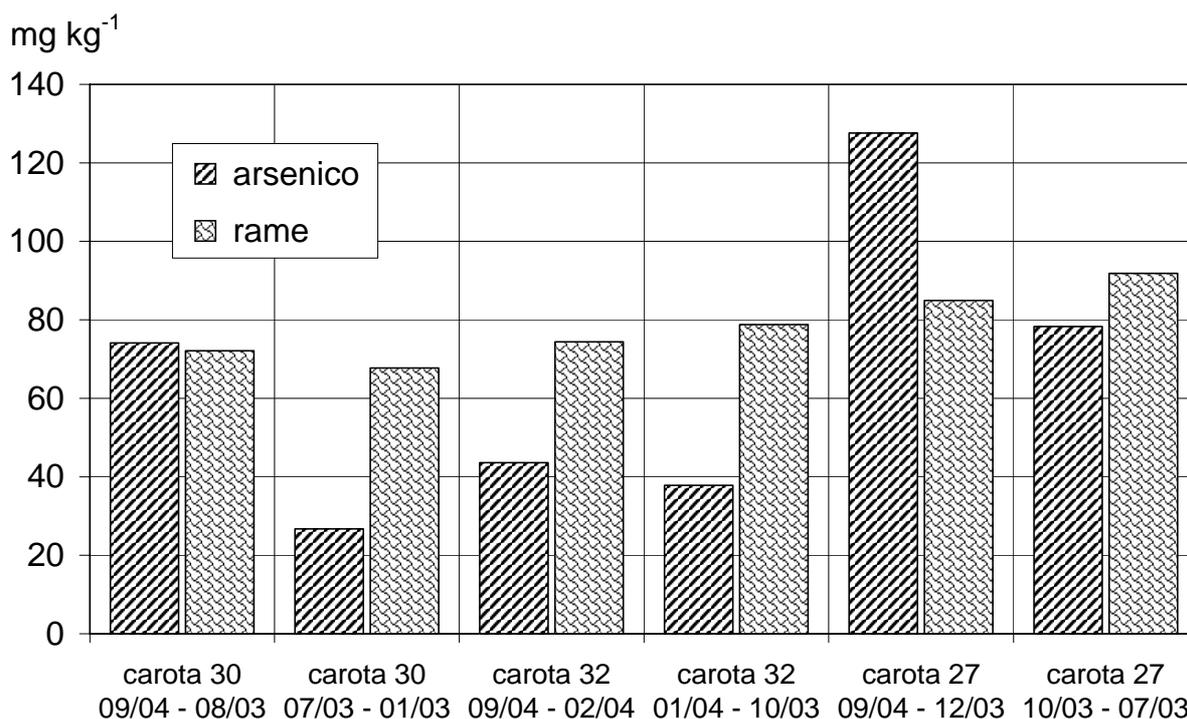


Fig. 3.2.12. Concentrazioni di arsenico e rame nei sedimenti raccolti lungo l'asse principale del lago.

3.2.5. Bibliografia

- Camusso M., S. Galassi & D. Vignati. 2002. Assessment of River Po sediment quality by micropollutant analysis. *Water Research*, 36: 2491-2504.
- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 81 pp.
- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2001 - Marzo 2002*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2002 - Marzo 2003*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIP AIS. 2004. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2003 - Marzo 2004*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 78 pp.

4. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI

Sono stati condotti quattro campionamenti sui tributari Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Toce e per il Ticino emissario nei mesi di aprile, luglio, ottobre 2004 e gennaio 2005 rispettando la prevista 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*, con le stesse scadenze degli altri tributari del lago.

Nel periodo relativo alla primavera 2004 i fiumi Tresa, Margorabbia, Maggia e Bardello sono risultati in regime per lo più di Piena/Morbida (Tabella 4.1), evidenziando il verificarsi di una serie di eventi di precipitazione intensi. Il Fiume Verzasca risulta, invece, sempre in regime di morbida in quanto l'andamento delle sue portate è regolato dalla Società Verzasca SA che utilizza le acque del fiume a scopo idroelettrico. Nei campionamenti successivi da luglio 2004 a gennaio 2005 i fiumi sono risultati, in generale, in regime di Morbida/Magra, evidenziando perciò un lungo periodo di siccità estivo/autunnale. Unici eventi di piena verificatosi in questo periodo sono stati quelli sia del Boesio che del Bardello a fine ottobre 2004, per cui per cause di forza maggiore il loro campionamento è stato obbligatoriamente rinviato agli inizi del mese di novembre 2004. I campioni di sedimento fluviale 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 (Tabella 4.1) e la presenza di composti organoclorurati (Tabelle da 4.2 a 4.9). Per quanto riguarda il carbonio organico, Toce e Maggia sono i fiumi caratterizzati dai valori più bassi ($0,75 \pm 0,42$ % e $1,47 \pm 0,67$ % rispettivamente), mentre Margorabbia, Verzasca, Boesio e Ticino emissario presentano i valori più elevati ($5,80 \pm 3,20$, $5,75 \pm 1,41$, $5,70 \pm 3,75$ e $5,22 \pm 1,86$ % rispettivamente). Esistono evidenti variazioni del contenuto di carbonio organico tra i vari campionamenti, ma non è riconoscibile un andamento comune tra i differenti fiumi.

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 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre/novembre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
Toce	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Piena</i>	<i>Morbida</i>
Tresa	<i>Piena/Morbida</i>	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>
Ticino emissario	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>
Margorabbia	<i>Piena/Morbida</i>	<i>Morbida/Magra</i>	<i>Magra</i>	<i>Magra</i>
Maggia	<i>Piena/Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Magra</i>	<i>Morbida</i>
Verzasca	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>
Boesio	<i>Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Piena</i>	<i>Magra</i>
Bardello	<i>Piena/Morbida</i>	<i>Morbida</i>	<i>Piena</i>	<i>Morbida</i>
Toce	0,9	1,2	0,2	0,7
Tresa	3,1	4,4	3,7	1,7
Ticino emissario	5,6	7,7	3,8	3,8
Margorabbia	3,0	4,2	5,7	10,4
Maggia	1,6	2,0	1,8	0,5
Verzasca	6,1	7,4	4,0	5,5
Boesio	3,2	3,1	5,4	11,1
Bardello	2,2	3,0	3,0	1,9

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

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,02	0,06	<0,05	<0,05	0,001	0,003	<0,001	<0,001
pp-DDT	0,07	0,25	0,15	<0,05	0,004	0,013	0,008	<0,001
op-DDE	0,02	0,04	<0,05	<0,05	0,001	0,002	<0,001	<0,001
pp-DDE	0,23	0,38	0,60	0,32	0,014	0,019	0,033	0,064
op-DDD	0,05	0,09	<0,05	<0,05	0,003	0,005	<0,001	<0,001
pp-DDD	0,16	0,29	0,15	<0,05	0,010	0,015	0,008	<0,001
DDT totale	0,55	1,11	0,90	0,32	0,034	0,056	0,050	0,064
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
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	0,21	0,30	<0,05	<0,05	0,013	0,015	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,21	0,30	-	-	0,013	0,015	-	-
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	<0,05	0,05	0,14	<0,05	<0,001	0,003	0,008	<0,001
T-εptacloro	<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	0,47	0,33	<0,05	<0,05	0,029	0,017	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,47	0,38	0,14	-	0,029	0,019	0,008	-
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,04	0,08	<0,05	0,18	0,003	0,004	<0,001	0,036
PCB 28	0,03	0,07	<0,05	<0,05	0,002	0,004	<0,001	<0,001
PCB 31	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,001	0,005	<0,001	<0,001
PCB 52	0,14	0,16	<0,05	0,14	0,009	0,008	<0,001	0,028
PCB 44	0,70	0,88	1,33	0,74	0,044	0,044	0,074	0,148
PCB 101	1,03	1,17	2,31	1,32	0,064	0,059	0,128	0,264
PCB 149	0,31	0,40	0,29	0,20	0,019	0,020	0,016	0,040
PCB 118	1,06	1,37	2,73	1,25	0,066	0,069	0,152	0,250
PCB 153	0,96	1,33	3,30	<0,05	0,060	0,067	0,183	<0,001
PCB 138	0,86	0,98	1,90	0,74	0,054	0,049	0,106	0,148
PCB 180	1,24	3,66	1,28	0,64	0,078	0,183	0,071	0,128
PCB 170	0,09	0,14	0,38	<0,05	0,006	0,007	0,021	<0,001
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB totale	6,46	10,33	13,52	5,21	0,404	0,517	0,751	1,042

Tabella 4.3. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Verzasca.

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	1,58	1,88	<0,05	<0,05	0,026	0,025	<0,001	<0,001
pp-DDT	10,41	16,09	<0,05	<0,05	0,171	0,217	<0,001	<0,001
op-DDE	0,09	0,13	<0,05	<0,05	0,001	0,002	<0,001	<0,001
pp-DDE	4,78	11,07	2,23	12,30	0,078	0,150	0,056	0,224
op-DDD	0,09	0,26	0,25	0,72	0,001	0,004	0,006	0,013
pp-DDD	0,89	1,05	2,02	3,81	0,015	0,014	0,051	0,069
DDT totale	17,84	30,48	4,50	16,83	0,292	0,412	0,113	0,306
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
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	0,12	0,37	<0,05	<0,05	0,002	0,005	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,12	0,37	-	-	0,002	0,005	-	-
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,15	0,17	0,13	0,36	0,002	0,002	0,003	0,007
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,05	1,04	<0,05	<0,05	<0,001	0,014	<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
totale	0,15	1,21	0,13	0,36	0,002	0,016	0,003	0,007
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,09	0,11	<0,05	0,23	0,001	0,001	<0,001	0,004
PCB 28	0,10	0,12	<0,05	<0,05	0,002	0,002	<0,001	<0,001
PCB 31	0,14	0,19	0,37	1,05	0,002	0,003	0,009	0,019
PCB 52	0,14	0,25	0,44	<0,05	0,002	0,003	0,011	<0,001
PCB 44	1,54	1,55	2,50	0,62	0,025	0,021	0,063	0,011
PCB 101	1,54	2,38	4,50	12,30	0,025	0,032	0,113	0,224
PCB 149	2,30	1,83	1,55	1,77	0,038	0,025	0,039	0,032
PCB 118	2,82	3,43	6,40	24,98	0,046	0,046	0,160	0,454
PCB 153	2,68	3,33	26,88	<0,05	0,044	0,045	0,672	<0,001
PCB 138	1,42	2,41	3,99	14,52	0,023	0,033	0,100	0,264
PCB 180	1,01	9,54	2,23	16,42	0,017	0,129	0,056	0,299
PCB 170	0,28	0,94	0,62	2,51	0,005	0,013	0,016	0,046
PCB 194	<0,05	0,15	<0,05	<0,05	<0,001	0,002	<0,001	<0,001
PCB totale	14,06	26,23	49,48	74,40	0,230	0,354	1,237	1,353

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

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,29	0,24	<0,05	<0,05	0,010	0,006	<0,001	<0,001
pp-DDT	1,26	1,25	<0,05	0,32	0,042	0,030	<0,001	0,003
op-DDE	0,06	0,06	<0,05	<0,05	0,002	0,001	<0,001	<0,001
pp-DDE	0,80	1,10	1,37	1,52	0,027	0,026	0,024	0,015
op-DDD	0,10	0,06	<0,05	<0,05	0,003	0,001	<0,001	<0,001
pp-DDD	0,25	0,34	0,58	0,29	0,008	0,008	0,010	0,003
DDT totale	2,76	3,05	1,95	2,13	0,092	0,073	0,034	0,020
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
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	0,38	0,16	<0,05	<0,05	0,013	0,004	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,38	0,16	–	–	0,013	0,004	–	–
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,17	0,16	0,13	0,13	0,006	0,004	0,002	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	1,72	1,35	<0,05	<0,05	0,057	0,032	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	1,89	1,51	0,13	0,13	0,063	0,036	0,002	0,001
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,14	0,11	<0,05	<0,05	0,005	0,003	<0,001	<0,001
PCB 28	0,12	0,11	<0,05	<0,05	0,004	0,003	<0,001	<0,001
PCB 31	0,12	0,12	0,42	0,89	0,004	0,003	0,007	0,009
PCB 52	0,33	0,37	<0,05	0,29	0,011	0,009	<0,001	0,003
PCB 44	0,64	3,00	0,91	1,75	0,021	0,071	0,016	0,017
PCB 101	0,43	2,19	0,82	2,05	0,014	0,052	0,014	0,020
PCB 149	0,64	3,13	1,27	1,01	0,021	0,075	0,022	0,010
PCB 118	0,68	2,85	1,59	3,69	0,023	0,068	0,028	0,035
PCB 153	0,79	4,10	10,91	<0,05	0,026	0,098	0,191	<0,001
PCB 138	0,37	1,07	1,27	1,88	0,012	0,025	0,022	0,018
PCB 180	0,58	4,94	0,51	1,35	0,019	0,118	0,009	0,013
PCB 170	0,12	0,29	0,44	0,74	0,004	0,007	0,008	0,007
PCB 194	0,09	0,21	<0,05	<0,05	0,003	0,005	<0,001	<0,001
PCB totale	5,05	22,49	18,14	13,65	0,168	0,536	0,318	0,131

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

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,15	0,23	<0,05	<0,05	0,005	0,005	<0,001	<0,001
pp-DDT	1,00	2,43	0,25	<0,05	0,032	0,055	0,007	<0,001
op-DDE	0,03	0,08	<0,05	<0,05	0,001	0,002	<0,001	<0,001
pp-DDE	1,13	1,17	1,39	0,63	0,036	0,027	0,038	0,037
op-DDD	0,05	0,11	0,33	<0,05	0,002	0,003	0,009	<0,001
pp-DDD	0,13	0,34	1,09	<0,05	0,004	0,008	0,029	<0,001
DDT totale	2,49	4,36	3,06	0,63	0,080	0,099	0,083	0,037
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	<0,05	0,06	<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	0,13	0,09	<0,05	<0,05	0,004	0,002	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,13	0,15	-	-	0,004	0,003	-	-
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,22	0,14	0,18	0,19	0,007	0,003	0,005	0,011
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,05	2,23	<0,05	<0,05	<0,001	0,051	<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
totale	0,22	2,37	0,18	0,19	0,007	0,054	0,005	0,011
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,10	0,15	<0,05	0,33	0,003	0,003	<0,001	0,019
PCB 28	0,10	0,12	0,19	0,43	0,003	0,003	0,005	0,025
PCB 31	0,16	0,06	<0,05	0,49	0,005	0,001	<0,001	0,029
PCB 52	0,22	0,09	<0,05	0,28	0,007	0,002	<0,001	0,016
PCB 44	0,48	0,59	0,63	2,28	0,015	0,013	0,017	0,134
PCB 101	0,45	0,71	1,32	2,29	0,015	0,016	0,036	0,135
PCB 149	0,43	0,41	0,85	2,23	0,014	0,009	0,023	0,131
PCB 118	0,64	0,95	1,71	2,69	0,021	0,022	0,046	0,158
PCB 153	0,71	0,86	8,28	<0,05	0,023	0,020	0,224	<0,001
PCB 138	0,44	0,58	1,27	1,92	0,014	0,013	0,034	0,113
PCB 180	0,81	2,42	0,67	1,28	0,026	0,055	0,018	0,075
PCB 170	0,12	0,17	<0,05	0,47	0,004	0,004	<0,001	0,028
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB totale	4,66	7,11	14,92	14,69	0,150	0,162	0,403	0,864

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

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	1,35	2,65	0,96	0,14	0,150	0,221	0,480	0,020
pp-DDT	8,40	41,85	18,57	5,51	0,933	3,488	9,285	0,787
op-DDE	0,42	0,40	0,52	0,86	0,047	0,033	0,260	0,123
pp-DDE	1,72	1,45	1,58	2,98	0,191	0,121	0,790	0,426
op-DDD	1,35	0,48	3,51	3,24	0,150	0,040	1,756	0,463
pp-DDD	2,43	4,20	22,03	5,17	0,270	0,350	11,015	0,739
DDT totale	15,67	51,03	47,17	17,90	1,741	4,253	23,586	2,557
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
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	0,47	<0,05	<0,05	<0,05	0,052	<0,001	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,47	–	–	–	0,052	–	–	–
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,25	0,33	0,12	0,34	0,028	0,028	0,060	0,049
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	0,48	<0,05	<0,05	<0,05	0,053	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,73	0,33	0,12	0,34	0,081	0,028	0,060	0,049
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,05	<0,05	<0,05	0,49	0,006	<0,001	<0,001	0,070
PCB 28	0,06	<0,05	<0,05	0,67	0,007	<0,001	<0,001	0,096
PCB 31	<0,05	<0,05	<0,05	1,01	<0,001	<0,001	<0,001	0,144
PCB 52	0,08	<0,05	0,20	0,39	0,009	<0,001	0,100	0,056
PCB 44	0,31	0,32	0,25	1,52	0,034	0,027	0,125	0,217
PCB 101	0,24	0,23	0,18	0,25	0,027	0,019	0,090	0,036
PCB 149	0,23	<0,05	0,18	7,15	0,026	<0,001	0,090	1,021
PCB 118	0,33	0,28	0,17	0,91	0,037	0,023	0,085	0,130
PCB 153	0,34	0,32	1,10	<0,05	0,038	0,027	0,550	<0,001
PCB 138	0,21	<0,05	<0,05	0,33	0,023	<0,001	<0,001	0,047
PCB 180	0,35	0,32	0,12	0,28	0,039	0,027	0,060	0,040
PCB 170	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	0,007	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB totale	2,26	1,47	2,20	13,00	0,251	0,123	1,100	1,857

Tabella 4.7. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Ticino emissario.

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,31	0,12	0,09	<0,05	0,006	0,002	0,002	<0,001
pp-DDT	8,30	1,12	0,25	3,11	0,148	0,015	0,007	0,082
op-DDE	0,43	0,08	1,13	0,20	0,008	0,001	0,030	0,005
pp-DDE	3,66	1,32	6,70	3,56	0,065	0,017	0,176	0,094
op-DDD	1,40	0,54	3,40	0,61	0,025	0,007	0,089	0,016
pp-DDD	3,06	1,26	8,03	1,42	0,055	0,016	0,211	0,037
DDT totale	17,16	4,44	19,60	8,90	0,306	0,058	0,516	0,234
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,002	<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	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,37	–	–	–	0,007	–	–	–
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,45	0,19	0,69	0,33	0,008	0,002	0,018	0,009
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
totale	0,45	0,19	0,69	0,33	0,008	0,002	0,018	0,009
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,12	0,10	<0,05	0,67	0,002	0,001	<0,001	0,018
PCB 28	0,39	<0,05	<0,05	<0,05	0,007	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 31	6,21	1,38	2,04	1,39	0,111	0,018	0,054	0,037
PCB 52	23,12	0,41	0,75	0,61	0,413	0,005	0,020	0,016
PCB 44	46,14	3,34	4,46	0,70	0,824	0,043	0,117	0,018
PCB 101	20,20	2,02	4,50	2,63	0,361	0,026	0,118	0,069
PCB 149	70,98	5,10	8,41	7,15	1,268	0,066	0,221	0,188
PCB 118	57,27	6,00	10,10	10,44	1,023	0,078	0,266	0,275
PCB 153	60,52	6,46	53,35	<0,05	1,081	0,084	1,404	<0,001
PCB 138	9,54	0,18	4,05	6,10	0,170	0,002	0,107	0,161
PCB 180	16,07	3,42	1,75	4,75	0,287	0,044	0,046	0,125
PCB 170	1,91	0,44	0,83	2,28	0,034	0,006	0,022	0,060
PCB 194	0,17	0,19	0,15	1,53	0,003	0,002	0,004	0,040
PCB totale	312,64	29,04	90,39	38,25	5,583	0,377	2,379	1,007

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

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,60	0,85	<0,05	<0,05	0,019	0,027	<0,001	<0,001
pp-DDT	0,93	31,40	4,32	6,45	0,029	1,013	0,080	0,058
op-DDE	0,05	0,16	<0,05	<0,05	0,002	0,005	<0,001	<0,001
pp-DDE	0,78	4,80	6,31	3,62	0,024	0,155	0,117	0,033
op-DDD	0,16	0,89	<0,05	0,59	0,005	0,029	<0,001	0,005
pp-DDD	0,26	5,25	9,10	5,87	0,008	0,169	0,169	0,053
DDT totale	2,78	43,35	19,73	16,53	0,087	1,398	0,365	0,149
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
α-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
β-HCH	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,003	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,13	0,15	0,26	<0,05	0,004	0,005	0,005	<0,001
δ-HCH	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,28	0,15	0,26	-	0,009	0,005	0,005	-
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,22	0,26	1,57	0,19	0,007	0,008	0,029	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	0,65	<0,05	<0,05	<0,05	0,020	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,87	0,26	1,57	0,19	0,027	0,008	0,029	0,002
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,12	0,11	1,77	0,22	0,004	0,004	0,033	0,002
PCB 28	0,05	0,18	1,51	<0,05	0,002	0,006	0,028	<0,001
PCB 31	0,24	0,65	3,16	1,08	0,008	0,021	0,059	0,010
PCB 52	0,67	0,34	2,42	<0,05	0,021	0,011	0,045	<0,001
PCB 44	1,16	2,54	6,87	1,16	0,036	0,082	0,127	0,010
PCB 101	0,68	2,28	6,12	1,00	0,021	0,074	0,113	0,009
PCB 149	0,71	2,60	8,93	0,71	0,022	0,084	0,165	0,006
PCB 118	0,81	3,65	8,10	2,71	0,025	0,118	0,150	0,024
PCB 153	0,89	4,24	35,60	<0,05	0,028	0,137	0,659	<0,001
PCB 138	0,58	0,59	3,94	2,13	0,018	0,019	0,073	0,019
PCB 180	0,91	2,32	3,00	1,99	0,028	0,075	0,056	0,018
PCB 170	0,12	0,52	2,52	0,47	0,004	0,017	0,047	0,004
PCB 194	0,14	1,46	1,51	0,34	0,004	0,047	0,028	0,003
PCB totale	7,08	21,48	85,45	11,81	0,221	0,693	1,582	0,106

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

	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>	<i>aprile 2004</i>	<i>luglio 2004</i>	<i>ottobre 2004</i>	<i>gennaio 2005</i>
DDT isomeri e metaboliti	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
op-DDT	0,06	0,08	<0,05	<0,05	0,003	0,003	<0,001	<0,001
pp-DDT	0,49	1,72	0,48	1,12	0,022	0,057	0,016	0,059
op-DDE	0,02	0,08	<0,05	<0,05	0,001	0,003	<0,001	<0,001
pp-DDE	0,56	1,48	1,56	1,04	0,025	0,049	0,052	0,055
op-DDD	0,09	0,23	<0,05	0,44	0,004	0,008	<0,001	0,023
pp-DDD	0,22	0,68	0,85	0,53	0,010	0,023	0,028	0,028
DDT totale	1,44	4,27	2,89	3,13	0,065	0,142	0,096	0,165
Lindano ed isomeri	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
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	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,11	–	–	–	0,005	–	–	–
HCB e pesticidi organoclorurati	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
HCB	0,16	0,78	0,25	0,71	0,007	0,026	0,008	0,037
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	0,54	<0,05	<0,05	<0,05	0,025	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,70	0,78	0,25	0,71	0,032	0,026	0,008	0,037
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,10	0,15	1,85	<0,05	0,005	0,005	0,062	<0,001
PCB 28	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 31	0,09	0,56	1,18	0,81	0,004	0,019	0,039	0,043
PCB 52	0,28	0,16	0,71	<0,05	0,013	0,005	0,024	<0,001
PCB 44	0,60	2,68	2,46	<0,05	0,027	0,089	0,082	<0,001
PCB 101	0,64	3,08	2,34	2,64	0,029	0,103	0,078	0,139
PCB 149	0,58	2,29	3,06	2,60	0,026	0,076	0,102	0,137
PCB 118	1,43	5,66	4,06	10,47	0,065	0,189	0,135	0,551
PCB 153	1,77	6,76	34,96	<0,05	0,080	0,225	1,165	<0,001
PCB 138	1,13	1,12	2,57	<0,05	0,051	0,037	0,086	<0,001
PCB 180	1,41	3,36	1,47	<0,05	0,064	0,112	0,049	<0,001
PCB 170	0,41	0,76	0,63	3,65	0,019	0,025	0,021	0,192
PCB 194	0,15	0,41	<0,05	0,29	0,007	0,014	<0,001	0,015
PCB totale	8,70	26,99	55,29	20,46	0,395	0,900	1,843	1,077

Il Maggia (Tabella 4.2) è senz'altro da considerare come il meno contaminato in termini di concentrazioni di DDT, HCH e HCB che presentano valori di fondo inferiori a 1 ng g^{-1} . Per quanto attiene i PCB, i valori totali si attestano tra 5 e 10 ng g^{-1} , ciò evidenzia rispetto agli anni precedenti un aumento della contaminazione osservata per questa tipologia di inquinanti. Esprimendo i risultati in altro modo e cioè normalizzandoli rispetto al contenuto in carbonio organico, le concentrazioni di DDT, HCH e HCB si confermano pari ai valori di fondo ($<0,05 \text{ ng mg}^{-1}$), mentre quelle di PCB sono comprese tra 0,5 e 1 ng mg^{-1} , quindi sostanzialmente superiori ai valori di fondo.

Per quanto riguarda la Verzasca (Tabella 4.3) i quattro campionamenti eseguiti evidenziano una maggiore contaminazione da DDT e PCB rispetto a quella del Maggia. La prevalenza di pp'DDT rispetto agli altri metaboliti, sottolinea l'origine recente dell'inquinamento da DDT che è probabilmente da imputare al trasporto atmosferico di questo composto attraverso i venti la cui direzione principale è Sud-Nord. Esprimendo tuttavia i risultati rispetto al carbonio organico, i valori di DDT totale si attestano tra 0,1 e $0,4 \text{ ng mg}^{-1}$, più elevati di quelli misurati per il Maggia, ma più vicini a quelli di altri tributari del Lago Maggiore. I valori di PCB variano da 15 a 75 ng g^{-1} , tuttavia normalizzandoli rispetto al carbonio organico, risultano compresi tra 0,2 e $1,3 \text{ ng mg}^{-1}$; l'arricchimento in carbonio organico di questo fiume fa aumentare quindi la sua capacità di accumulare gli inquinanti organici organoclorurati.

Per quanto concerne il Margorabbia (Tabella 4.4) si osserva una modesta contaminazione da composti organoclorurati con qualche eccezione per i valori di PCB misurati nei campionamenti di luglio e ottobre 2004. Tale contaminazione viene a ridursi, normalizzando le concentrazioni rispetto al carbonio organico (valori pari a 0,3-0,5 ng mg^{-1}).

Per il Tresa (Tabella 4.5) la presenza di DDT e altri insetticidi risulta anche in questo caso modesta e quella da PCB è contenuta tra 5 e 15 ng g^{-1} in accordo con quanto evidenziato da altri tributari.

Differente è la situazione del Toce (Tabella 4.6) in cui è prevalente la contaminazione da DDT, in particolare modo pp'DDT, con un intervallo di valori compreso tra 15 e 50 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 2 e 24 ng mg^{-1} .

I campioni di sedimento del Ticino emissario (Tabella 4.7) evidenziano in questo anno una contaminazione discreta da DDT e compresa tra 5 e 20 ng g^{-1} che, normalizzando rispetto al carbonio organico, si riduce a valori compresi tra 0,1 e $0,5 \text{ ng mg}^{-1}$, molto simili a quelli di altri fiumi del bacino. Per quanto concerne i PCB, i livelli sono piuttosto elevati; essi variano da 30 a 300 ng g^{-1} e le differenze rimangono tali anche normalizzando per la frazione organica.

L'inquinamento da PCB non è tuttavia da imputare al Toce ma va ricercato in altre 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 derivante dalla parte più a sud del lago che confluiscono verso l'emissario. Quest'ultima ipotesi sarebbe confermata anche dai risultati delle analisi condotte sulla carota 28 raccolta nella parte più a sud del lago nel giugno 2001 (CIPAIS, 2002).

I risultati delle analisi dei campioni del Boesio (Tabella 4.8) evidenziano per il DDT valori compresi tra 3 e 45 ng g^{-1} , in particolar modo i campioni di luglio e ottobre 2004 sottolineano la presenza di pp'DDT. Tale contaminazione non si era mai verificata in passato in questo fiume (CIPAIS, 2002, 2003 e 2004). I lavori di sistemazione delle rive del fiume avvenuti con consistenti sbancamenti e mobilitazioni di materiale terroso dalle sponde

potrebbero in parte spiegare tale fenomeno, avendo reso possibile la risospensione di sedimenti più contaminati perchè appartenenti a periodi passati, quando cioè potevano aver risentito della contaminazione da DDT allora presente nel Verbano in maggior misura. La presenza dell'insetticida nel Bardello è invece modesta (Tabella 4.9). Per quanto concerne i PCB, essa risulta superiore a quella di fondo per entrambi i tributari e tali livelli rimangono più alti di quelli dei fiumi non contaminati anche utilizzando i dati normalizzati rispetto al contenuto di carbonio organico.

In tutti i sedimenti fluviali esaminati gli altri insetticidi organoclorurati (trans-eptacloroepossido, dieldrin, endrin, mirex e metoxyclo) sono risultati per lo più assenti ($< 0,1 \text{ ng g}^{-1}$), mentre la contaminazione da HCB è trascurabile.

In conclusione si può affermare che per Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa e Bardello la contaminazione da DDT è contenuta ed è proporzionale all'arricchimento in carbonio organico del sedimento. Al contrario per Toce, Boesio e Ticino emissario si assiste ad un arricchimento del sedimento in DDT rispetto al contenuto in carbonio organico: nel caso del Toce, per il probabile apporto dovuto al dilavamento del terreno presso l'insediamento produttivo di Pieve Vergonte; per il Boesio, a motivo dei lavori di disalveamento e di sistemazione delle sponde; per il Ticino emissario, a causa della propagazione verso l'incile lacustre degli apporti derivanti dal Toce.

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 particellato contaminato dalla parte più meridionale del lago.

Bibliografia

- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 81 pp.
- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2001 – marzo 2002*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2002 – marzo 2003*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIP AIS. 2004. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto annuale aprile 2003 – marzo 2004*. Ed. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 78 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 (> 1000 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 da maggio 2004 ad aprile 2005. Nel periodo in studio sono stati raccolti 11 campioni di precipitazioni per le stazioni svizzere e per Pallanza in quanto i due campioni di febbraio 2005 di Locarno e Robiei e quello di dicembre 2004 di Pallanza sono stati persi durante il trasporto tramite corriere. 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 (sino ad 2 litri 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 utilizzando la tecnica GC-MS/MS (Trace 2000 - PolarisQ della ThermoElectron).

I risultati delle analisi sono stati riportati nelle Tabelle 5.1–5.4 come concentrazioni assolute misurate (ng l^{-1}), nonché nelle Tabelle 5.5–5.8 come carico mensile (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 di DDT più elevate e il carico maggiore si osservano nei mesi di maggio 2004 e gennaio e febbraio 2005; i composti prevalentemente presenti sono il pp'DDT e il pp'DDE. In merito al DDT totale, il carico annuale misurato a Pallanza ($0,07 \text{ ng cm}^{-2}$) è in linea con quanto misurato nell'annualità precedente ($0,08 \text{ ng cm}^{-2}$) ed è pari al 50% di quello determinato nel 2002-2003 corrispondendo inoltre al 25% rispetto a quello misurato nel 2001-02 (CIPAIS, 2002; 2003; 2004).

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 $0,15 \text{ ng cm}^{-2}$) è simile a quello determinato dell'annualità precedente nonché a quelli misurati all'Alpe Devero e a Locarno Monti. L'HCb è l'unico altro insetticida organoclorurato frequentemente presente (carico $0,015 \text{ ng cm}^{-2}$) con concentrazioni simili a quelle degli anni precedenti. Per i PCB il carico calcolato per Pallanza ($0,12 \text{ ng cm}^{-2}$) è di poco maggiore rispetto a quanto determinato nel 2003-2004 (CIPAIS, 2004).

Per quanto concerne la stazione di Alpe Devero (Tabelle 5.2 e 5.6), i risultati rivelano una contaminazione molto contenuta per tutti i composti organoclorurati considerati. I carichi annuali di DDT e HCB sono pari a circa $0,005 \text{ ng cm}^{-2}$, quello dei HCH è inferiore a $0,1 \text{ ng cm}^{-2}$ e quello dei PCB è pari a $0,04 \text{ ng cm}^{-2}$. L'altitudine sembra quindi avere un effetto di diluizione per la maggior parte degli inquinati, con la sola eccezione del Lindano per il quale i due carichi misurati a Pallanza e all'Alpe Devero sono molto simili.

Tabella 5.1. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza (ND = Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005			
	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	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	0,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,66	<0,05	<0,05	0,32
op-DDE	0,22	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDE	0,14	0,33	0,16	<0,05	0,05	0,06	0,06	ND	0,42	0,56	1,56	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	0,21	0,08	<0,05
DDT totale	0,86	0,57	0,16	-	0,05	0,06	0,06	ND	1,08	0,77	1,64	0,32

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,09	<0,05	0,20	0,43	0,10	0,13	0,07	ND	<0,05	<0,05	<0,05	0,22
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
γ-HCH	0,94	2,44	1,26	0,70	0,48	0,27	0,11	ND	<0,05	0,08	3,36	1,37
δ-HCH	<0,05	0,52	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HCH totale	1,03	2,96	1,46	1,13	0,58	0,40	0,18	ND	-	0,08	3,36	1,59

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,18	0,25	0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,05	ND	0,15	0,12	0,09	0,07
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Metoxyclor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
totale	0,18	0,25	0,05	-	-	0,08	0,05	ND	0,15	0,12	0,09	0,07

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,12	0,26	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	0,20	0,19	0,13	0,05	0,06	0,03	0,03	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 31	0,20	0,19	0,13	0,05	0,06	0,03	0,03	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 52	0,17	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	ND	<0,05	<0,05	0,34	<0,05
PCB 44	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	0,06	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 101	<0,05	0,17	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,65	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 149	0,09	0,84	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	ND	0,25	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	<0,05	ND	1,22	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,02	<0,05	ND	1,26	0,42	0,62	<0,05
PCB 138	<0,05	0,25	0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	ND	1,18	0,38	0,15	<0,05
PCB 180	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	ND	0,78	0,62	<0,05	0,16
PCB 170	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,43	0,30	<0,05	<0,05
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCBs totali	0,97	1,90	0,57	0,20	0,40	0,21	0,24	ND	5,77	1,72	1,11	0,16

Tabella 5.2. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,76	<0,05	<0,05	<0,05	0,35	<0,05	<0,05	0,08
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	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,08	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<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
DDT totale	-	-	-	-	1,24	-	-	-	0,40	-	0,08	0,08

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,23	0,21	0,11	0,75	0,45	0,16	<0,05	0,08	0,09	<0,05	0,09	0,11
β-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
γ-HCH	0,83	1,52	1,01	0,89	0,68	0,29	<0,05	0,12	<0,05	0,18	0,36	0,78
δ-HCH	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HCH totale	1,06	1,79	1,12	1,64	1,13	0,45	0,00	0,20	0,09	0,18	0,45	0,89

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,33	<0,05	0,05	<0,05	0,05	0,06	0,09	0,06	<0,05	0,14	<0,05	0,06
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
Metoxyclor	<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
totale	0,33	-	0,05	-	0,05	0,06	0,09	0,06	-	0,14	-	0,06

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,22	0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 28	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 31	0,10	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	<0,05
PCB 44	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05
PCB 101	0,10	<0,05	<0,05	0,07	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09
PCB 149	0,39	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,15	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	0,12
PCB 138	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	0,26	<0,05	0,52	0,52	<0,05	0,09
PCB 180	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,05	0,31	0,12	<0,05	<0,05	0,11
PCB 170	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	0,33	<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
PCBs totali	0,94	0,11	0,00	0,17	1,00	0,00	0,93	0,49	0,64	0,52	0,22	0,41

Tabella 5.3. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti (ND – Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005			
	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	ND	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,09	0,17
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
DDT totale	-	-	-	-	0,27	-	-	-	-	-	0,09	0,17

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	<0,05	0,14	0,08	0,16	0,10	0,14	<0,05	0,08	<0,05	ND	<0,05	<0,05
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
γ-HCH	1,10	0,49	0,41	0,61	0,34	<0,05	0,23	0,13	0,08	ND	0,56	0,68
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
HCH totale	1,10	0,63	0,49	0,77	0,44	0,31	0,23	0,21	0,08	-	0,56	0,68

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,13	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	<0,05	0,06	0,06	ND	<0,05	<0,05
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
Metoxyclo	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
totale	0,13	0,18	-	-	-	0,02	-	0,06	0,06	-	-	-

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	<0,05	0,20	0,07	0,07	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
PCB 28	<0,05	<0,05	0,07	0,07	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,08	<0,05
PCB 31	<0,05	0,06	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,07	<0,05
PCB 52	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,35	<0,05
PCB 44	0,11	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,07	<0,05
PCB 101	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,36	<0,05	<0,05	ND	2,03	<0,05
PCB 149	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,23	0,18	<0,05	ND	3,76	<0,05
PCB 118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,36	ND	0,46	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	0,52	<0,05	0,68	ND	5,90	0,08
PCB 138	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,12	0,52	<0,05	ND	4,18	<0,05
PCB 180	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,45	<0,05	<0,05	ND	2,76	<0,05
PCB 170	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	0,21	<0,05	<0,05	ND	2,75	<0,05
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	6,13	<0,05
PCBs totali	0,11	0,50	0,14	0,24	0,26	0,03	2,89	0,70	1,04	-	28,54	0,08

Tabella 5.4. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei (ND = Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005			
	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	ND	<0,05	<0,05
pp-DDT	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	0,22	<0,05	<0,05	0,08	0,55	ND	0,11	0,15
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
pp-DDE	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,05	0,04	ND	<0,05	<0,05
op-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
pp-DDD	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
DDT totale	-	-	0,18	-	0,22	0,06	-	0,13	0,59	-	0,11	0,15

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,10	<0,05	0,20	0,99	0,05	0,06	0,17	0,21	0,36	ND	<0,05	0,71
β-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
γ-HCH	0,54	0,54	0,15	1,20	0,22	0,16	0,36	0,22	0,16	ND	0,68	1,63
δ-HCH	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
HCH totale	0,64	0,54	0,35	2,19	0,27	0,22	0,53	0,43	0,52	-	0,68	2,34

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,22	0,05	0,26	ND	<0,05	<0,05
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
Endrin	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
Metoxyclor	1,38	0,63	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
totale	1,52	0,63	-	-	-	-	0,22	0,05	0,26	-	-	-

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,10	0,05	<0,05	0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
PCB 28	<0,05	0,06	<0,05	0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
PCB 31	<0,05	0,06	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05
PCB 52	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	ND	1,76	1,11
PCB 44	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	<0,05	<0,05	<0,05	ND	0,22	0,21
PCB 101	<0,05	0,33	<0,05	0,05	0,07	<0,05	0,25	0,31	0,16	ND	21,10	10,35
PCB 149	0,12	0,91	0,05	0,06	0,07	<0,05	0,32	0,52	<0,05	ND	36,45	18,32
PCB 118	<0,05	0,33	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,12	<0,05	0,61	ND	5,60	3,31
PCB 153	<0,05	1,33	0,05	0,07	0,11	0,03	0,23	1,60	1,12	ND	51,53	23,26
PCB 138	<0,05	1,15	<0,05	<0,05	0,09	0,04	1,52	2,00	0,66	ND	38,58	19,93
PCB 180	<0,05	1,54	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,68	1,30	0,34	ND	17,66	10,19
PCB 170	<0,05	1,52	0,19	0,15	0,28	0,03	0,91	1,90	0,30	ND	29,62	11,10
PCB 194	<0,05	0,15	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ND	62,40	12,1/2
PCBs totali	0,22	7,52	0,39	0,58	0,73	0,21	4,03	7,63	3,19	-	264,91	97,77

Tabella 5.5. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza (ND = Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005				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	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDT	0,016	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,021
op-DDE	0,007	0,0002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007
pp-DDE	0,004	0,0003	0,0012	<0,001	0,0003	0,002	0,001	ND	0,001	0,013	0,020	<0,001	0,039
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,005
DDT totale	0,028	0,001	0,001	-	0,000	0,002	0,001	-	0,002	0,017	0,02	-	0,072

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,003	<0,001	0,0015	0,0105	0,0007	0,005	0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	0,00	0,023
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,030	0,0023	0,0095	0,0171	0,0033	0,010	0,001	ND	<0,001	<0,001	0,030	0,010	0,121
δ-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,033	0,002	0,011	0,028	0,004	0,016	0,002	-	-	-	0,03	0,01	0,145

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	0,003	<0,001	ND	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,015
T-eptacoloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxychlor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,006	-	-	-	-	0,003	-	-	-	0,003	-	-	0,015

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,004	0,0002	0,0005	0,0012	0,0004	0,002	0,000	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009
PCB 28	0,006	0,0002	0,001	0,0012	0,0004	0,001	0,000	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,011
PCB 31	0,006	0,0002	0,001	0,0012	0,0004	0,001	0,000	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,011
PCB 52	0,005	<0,001	<0,001	0,0012	0,0003	0,001	0,000	ND	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,012
PCB 44	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,000	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008
PCB 101	<0,001	0,0002	0,0006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
PCB 149	0,003	0,0008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	ND	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0008	<0,001	<0,001	ND	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
PCB 153	<0,001	<0,001	0,0005	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	ND	0,003	0,009	0,010	<0,001	0,020
PCB 138	<0,001	0,0002	0,0004	<0,001	0,0003	<0,001	<0,001	ND	0,003	0,009	<0,001	<0,001	0,014
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	ND	0,002	0,014	<0,001	0,001	0,018
PCB 170	<0,001	<0,001	0,0004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,001	0,007	<0,001	<0,001	0,008
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs totali	0,031	0,002	0,004	0,005	0,003	0,008	0,002	-	0,013	0,039	0,011	0,001	0,120

Tabella 5.6. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005				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	0,001
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,004
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
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	<0,001
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	<0,001
DDT totale	-	-	-	-	0,003	-	-	-	0,001	-	-	0,001	0,005

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	0,018	0,001	0,003	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,030
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,009	0,009	0,007	0,021	0,002	0,006	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,013	0,069
δ-HCH	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,012	0,010	0,008	0,039	0,004	0,010	-	0,002	-	0,001	0,001	0,014	0,099

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,006
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	<0,001
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	<0,001
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	<0,001
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	<0,001
totale	0,004	-	-	-	-	0,001	-	-	-	-	-	0,001	0,006

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
PCB 31	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
PCB 52	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
PCB 101	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,004
PCB 149	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<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	<0,001	<0,001	0,001
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,004
PCB 138	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,001	0,006
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,005
PCB 170	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
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	<0,001
PCBs totali	0,010	-	-	0,004	0,003	-	0,005	0,004	0,001	-	-	0,007	0,036

Tabella 5.7. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti (ND – Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005				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	ND	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,001	<0,001	0,003
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
DDT totale	-	-	-	-	0,002	-	-	-	-	-	0,001	-	0,003

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	0,003	0,001	0,003	<0,001	0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,008
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,019	0,001	0,0054	0,011	0,002	<0,001	0,004	0,001	<0,001	ND	0,004	0,011	0,059
δ-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,003
HCH totale	0,019	0,001	0,006	0,014	0,003	0,006	0,004	0,001	-	--	0,004	0,011	0,070

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,002
T-eptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	<0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,003
PCB 28	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,001	<0,001	0,003
PCB 31	<0,001	0,000	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,001
PCB 52	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,002	<0,001	0,003
PCB 44	0,002	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,002
PCB 101	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	ND	0,013	<0,001	0,020
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,001	<0,001	ND	0,025	<0,001	0,030
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	ND	0,003	<0,001	0,004
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	0,002	ND	0,039	0,001	0,050
PCB 138	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,019	0,004	<0,001	ND	0,027	<0,001	0,050
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	ND	0,018	<0,001	0,026
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	ND	0,018	<0,001	0,022
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,040	<0,001	0,040
PCBs totali	0,002	0,001	0,002	0,004	0,002	-	0,049	0,005	0,002	-	0,186	0,001	0,255

Tabella 5.8. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei (ND – Non Determinato).

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2004								Anno 2005				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	ND	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDT	<0,001	<0,001	0,0029	<0,001	0,0026	<0,001	<0,001	0,0009	0,0014	ND	0,0043	0,004	0,016
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0024	<0,001	0,0005	0,0001	ND	0,001	<0,001	0,004
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
DDT totale	-	-	0,003	-	0,003	0,002	-	0,001	0,002	-	0,005	0,004	0,020

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,002	<0,001	0,0033	0,0344	0,0006	0,0024	0,0034	0,0023	0,0009	ND	<0,001	0,0192	0,068
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
γ-HCH	0,010	0,006	0,0024	0,0417	0,0026	0,0064	0,0072	0,0024	0,0004	ND	0,0266	0,044	0,150
δ-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
HCH totale	0,012	0,0059	0,0057	0,076	0,0032	0,0088	0,0105	0,0047	0,0013	-	0,0266	0,0631	0,2182

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	0,0044	0,0005	0,0007	ND	<0,001	<0,001	0,008
T-eptacloro	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxyclor	0,026	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,033
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	<0,001
totale	0,029	0,007	-	-	-	-	0,004	0,001	0,001	-	-	-	0,042

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,002	0,001	<0,001	0,0017	0,0007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,005
PCB 28	<0,001	0,001	<0,001	0,0017	<0,001	0,0003	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,003
PCB 31	<0,001	0,001	<0,001	0,0017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	<0,001	<0,001	0,002
PCB 52	<0,001	<0,001	0,0008	0,0017	0,0006	0,0006	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,0687	0,0299	0,102
PCB 44	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0011	<0,001	<0,001	<0,001	ND	0,0086	0,0057	0,016
PCB 101	<0,001	0,004	<0,001	0,0017	0,0008	<0,001	0,005	0,0034	0,0004	ND	0,8262	0,2792	1,120
PCB 149	0,002	0,010	0,0008	0,0021	0,0008	<0,001	0,0064	0,0057	<0,001	ND	1,4272	0,4942	1,949
PCB 118	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,0021	0,0024	<0,001	0,0016	ND	0,2193	0,0892	0,318
PCB 153	<0,001	0,015	0,0008	0,0024	0,0013	0,0011	0,0046	0,0175	0,0029	ND	2,0176	0,6274	2,690
PCB 138	<0,001	0,013	<0,001	<0,001	0,0011	0,0017	0,0302	0,0219	0,0017	ND	1,5106	0,5375	2,117
PCB 180	<0,001	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0135	0,0142	0,0009	ND	0,6915	0,2749	1,012
PCB 170	<0,001	0,017	0,0031	0,0052	0,0033	0,0013	0,0181	0,0208	0,0008	ND	1,1596	0,2994	1,528
PCB 194	<0,001	0,002	0,0008	0,0017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	ND	2,4432	<0,001	2,447
PCBs totali	0,004	0,083	0,006	0,020	0,009	0,008	0,080	0,084	0,008	0,000	10,372	2,637	13,312

Per quanto concerne il DDT, la stazione svizzera di valle, quella di Locarno (Tabelle 5.3 e 5.7) risulta essere sporadicamente inquinata e soltanto il pp'DDT è misurabile in 3 degli 11 campioni analizzati. Il carico annuale risulta inferiore alle altre stazioni con valori molto simili a quelli di fondo (0,005 ng cm⁻²). Per gli HCH il carico è simile a quello dell'altra stazione di bassa quota, cioè di Pallanza, mentre per i PCB il carico annuale è più elevato a causa delle concentrazioni elevate osservate nel campione di marzo 2005, prelevato dopo un lungo periodo di assenza di precipitazioni.

La stazione di Robiei (Tabelle 5.4 e 5.8) in alta quota è caratterizzata da un carico di DDT pari a circa un terzo di quello misurato a Pallanza con una prevalente presenza di pp'DDT e pp'DDE, risentendo quindi di un arricchimento rispetto alla corrispondente stazione di pianura di Locarno Monti.

Per quanto concerne l'HCH la stazione di Robiei è caratterizzata da un carico 0,5 volte maggiore di quello di Pallanza, una volta in più rispetto a quello di Alpe Devero e tre volte rispetto a quello di Locarno Monti, riaffermando il fenomeno di ricondensazione ad alta quota dei composti più volatili quali il Lindano. Tale fenomeno era già stato evidenziato nel periodo 2001-02 (CIP AIS, 2002) in cui il carico di Lindano risultava tre volte superiore rispetto alla stazione di Locarno.

Infine, per i PCB la stazione di Robiei evidenzia un carico annuale pari a ben 13 ng cm⁻² a causa di una contaminazione molto elevata osservata nei campioni di marzo e aprile 2005, prelevati dopo un lungo periodo di assenza di precipitazioni. Tutti i congeneri dei PCB tranne i più leggeri, PCB 18, 28 e 31, risultano presenti.

Bibliografia

- CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2001 - Marzo 2002*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIP AIS. 2003. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2002 - Marzo 2003*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 68 pp.
- CIP AIS. 2004. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2003 - Marzo 2004*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 78 pp.

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

6.1. Biomonitoraggio con molluschi

Diverse centinaia di bivalvi *Dreissena polymorpha* sono state prelevate il 26 maggio 2004 in 14 stazioni di campionamento da un subacqueo, ad una profondità compresa tra i 5 e i 6 metri, ad una temperatura media dell'acqua di 17 °C. La scelta dei siti è stata fatta in base ai risultati ottenuti durante la campagna di monitoraggio 2003-2004. Poiché, infatti, si era osservato che la contaminazione da parte del DDT era prevalentemente localizzata nel Bacino di Pallanza e nella zona centrale del Verbano, si è deciso di localizzare i prelievi in tale area, per avere un'indicazione più precisa dell'evoluzione della contaminazione (Fig. 6.1.1). Le 14 stazioni di campionamento sono state quindi le seguenti (divise per zona di appartenenza):

- Zona Nord: Brissago, Cannobio, Giona;
- Sponda Est: Luino, Caldè, Laveno;
- Sponda Ovest: Ghiffa, Intra, Pallanza-Villa Taranto;
- Bacino di Pallanza: Suna, Baveno, Stresa-Isola Madre;
- Zona Sud: Belgirate, Brebbia.

La scelta del periodo di campionamento risulta fondamentale, in quanto il bioaccumulo dei composti organici persistenti dipende strettamente da fattori biotici (stato nutrizionale e fisiologico, periodo riproduttivo) e abiotici (disponibilità alimentare, stato idrologico del corpo idrico). Precedenti ricerche (Binelli, *et al.*, 2001) hanno, infatti, evidenziato come nel periodo maggio-giugno, *Dreissena* presenti le concentrazioni maggiori di tali composti, in quanto la sua percentuale lipidica risulta molto elevata (fino al 20% del peso secco), trovandosi nel periodo pre-riproduttivo. È da sottolineare il fatto che nella settimana che ha preceduto il campionamento si sono verificate intense piogge che possono avere influito sulla concentrazione degli inquinanti in esame, anche se l'andamento meteorologico stagionale durante il 2003-2004 è da considerarsi nella norma.

Gli organismi sono stati trasferiti in laboratorio in borse refrigerate e, qui, posti in congelatore a -20 °C. Gli individui sono stati successivamente scongelati ed è stata effettuata la misura della lunghezza delle conchiglie, per escludere gli esemplari di dimensioni inferiori ai 14 mm. La scelta di questo limite è dovuta al fatto che si volevano analizzare individui adulti, che avevano cioè raggiunto una condizione di equilibrio con la colonna d'acqua. Gli individui selezionati sono stati privati della conchiglia e del bisso, conservati in vaschette di alluminio precedentemente tarate e posti successivamente in congelatore a -20 °C.

La metodica analitica seguita è stata utilizzata già negli anni scorsi e precedentemente testata in opportuni ring-test. L'intera fase preparativa e analitica è stata condotta in doppio per tutti i siti di prelievo e i valori di concentrazione ottenuti corrispondono alla media delle due repliche. L'analisi quantitativa e qualitativa è stata condotta con l'ausilio di un gascromatografo (TRACE GC-ULTRA) accoppiato allo spettrometro di massa Ion-Trap Polaris Q, entrambi della Thermo Ultron (Austin, Texas, USA), in modo da eliminare qualunque tipo d'interferenza analitica. Le diverse concentrazioni sono state espresse come concentrazioni lipidiche allo scopo di eliminare errori di valutazione legati a un diverso apporto nutrizionale e allo stadio riproduttivo (Binelli *et al.*, 2004).

L'impiego di *Dreissena polymorpha* per la valutazione dei livelli di DDT e relativi metaboliti nel Lago Maggiore ha messo in evidenza una contaminazione piuttosto disomogenea nelle diverse zone di campionamento (Fig. 6.1.2).

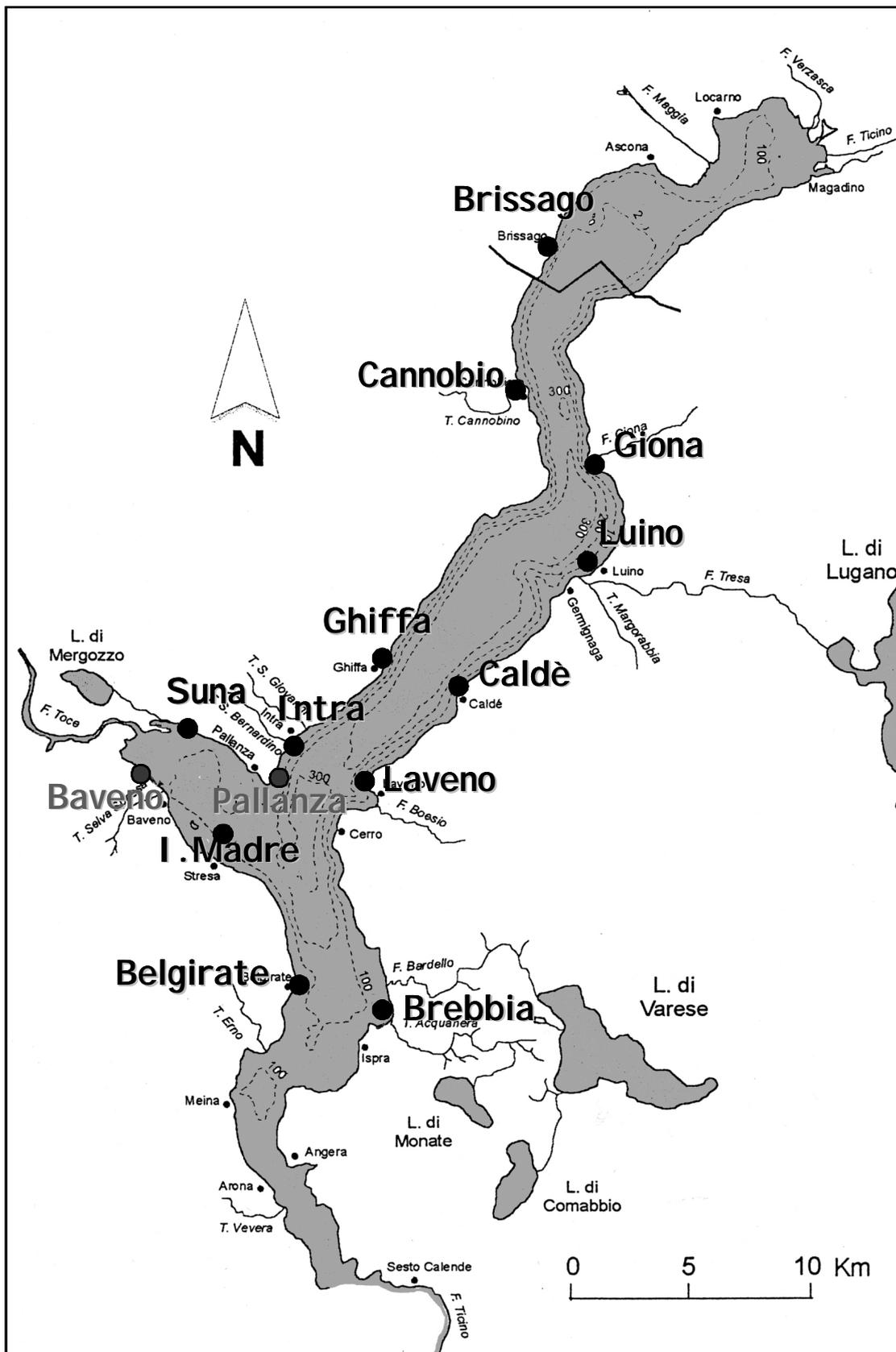


Fig. 6.1.1. Posizione dei 14 punti di campionamento dei bivalvi. In grigio chiaro sono indicate i due siti di prelievo "storici" (Baveno e Pallanza) per i quali sono disponibili dati a partire dal 1996.

Sorprendentemente, l'area maggiormente interessata dalla contaminazione da DDT non è quella del Bacino di Pallanza, come i dati della campagna 2003-2004 indicavano, ma è la sponda orientale del Verbano e, più precisamente, la zona compresa tra Luino e Laveno. La causa potrebbe essere legata ad uno spostamento della contaminazione da DDT dal Bacino di Pallanza verso la zona centrale del lago o, più probabilmente, ai lavori di regimentazione dell'alveo che hanno interessato il T. Boesio, con conseguente rilascio di tali composti dai suoi sedimenti. I livelli di DDT si dimezzano invece nelle altre aree, raggiungendo i valori più bassi in corrispondenza della sponda occidentale e della zona settentrionale, con la sola eccezione di Cannobio.

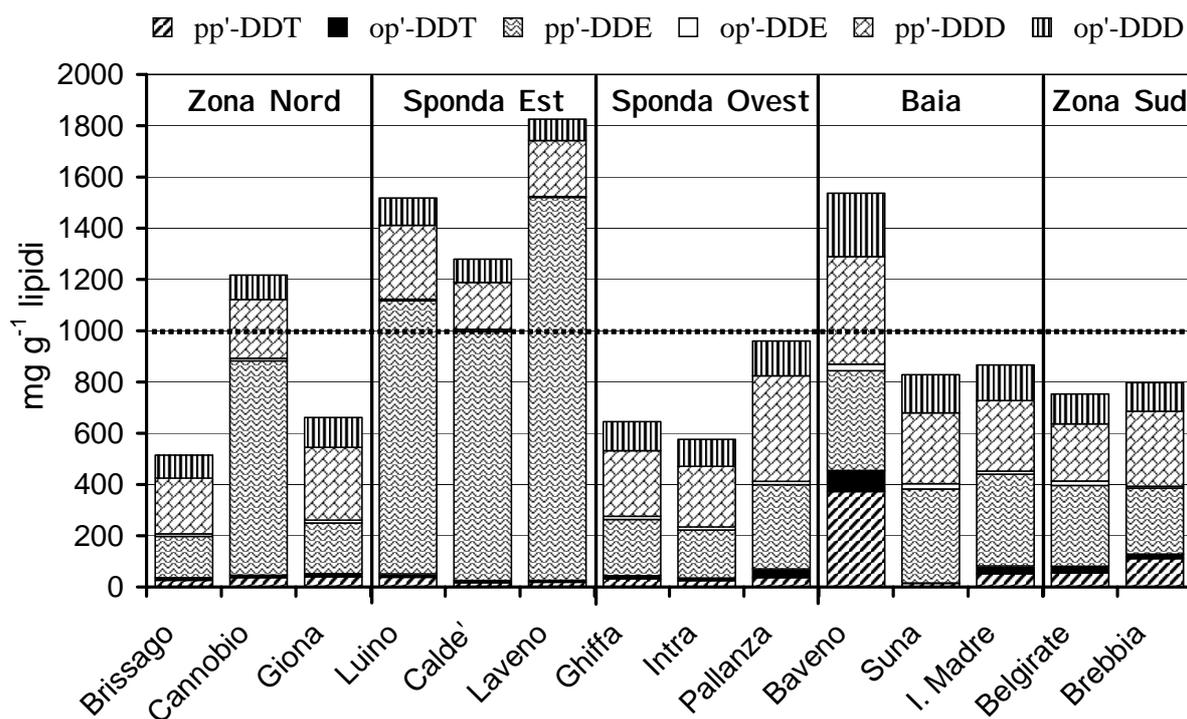


Fig. 6.1.2. Somma delle concentrazioni dei 6 composti omologhi del pp'DDT nelle diverse stazioni di prelievo, divise per zone. La linea tratteggiata indica la media dei livelli misurati nel Verbano (998 ng g⁻¹ lipidi).

Analizzando i risultati nel dettaglio (Fig. 6.1.2), i livelli di contaminazione più elevati sono stati registrati nella stazione di Laveno, a carico soprattutto del pp'DDE, che rappresenta più dell'80% del totale degli omologhi rilevati. Tale composto risulta essere il più abbondante anche nelle stazioni di Cannobio, Luino, Caldè, Suna, Stresa e Belgirate, mentre nelle restanti località il metabolita presente in concentrazioni maggiori è il pp'DDD. Baveno è, invece, la stazione in cui è stata misurata la concentrazione più alta di pp'DDT (371,1 ng g⁻¹ lip.), seguita da Brebbia (111,1 ng g⁻¹ lip.). Sempre a Baveno è stato rilevato il valore più elevato del rapporto pp'DDT/pp'DDE (circa 1), mentre nelle altre stazioni tale rapporto è di gran lunga inferiore, a testimonianza di una contaminazione proveniente dal Toce che sta lentamente invecchiando o dell'ingresso a lago soprattutto dei due metaboliti.

Il fatto che la contaminazione stia modificando la sua composizione non deve far pensare ad un miglioramento dell'inquinamento, in quanto i metaboliti risultano essere più persistenti, volatili (almeno il DDE) e in grado di provocare effetti negativi sulla biocenosi ben più del composto parentale (ATSDR, 2000).

In Fig. 6.1.3 viene riportato il confronto tra le concentrazioni medie di DDT totali rilevate nella campagna di monitoraggio del 2003 (CIPAIS, 2004) con quelle del 2004, nelle zone in cui è stato idealmente suddiviso il Lago Maggiore. Come si può notare, nell'ultimo anno si è verificata una diminuzione della contaminazione in corrispondenza del Bacino di Pallanza (circa 25% in meno), mentre si è avuto un deciso aumento (di circa il 40%) dei livelli negli organismi prelevati dalla sponda orientale. Nessun cambiamento significativo è stato, invece, registrato nelle altre zone del Verbano.

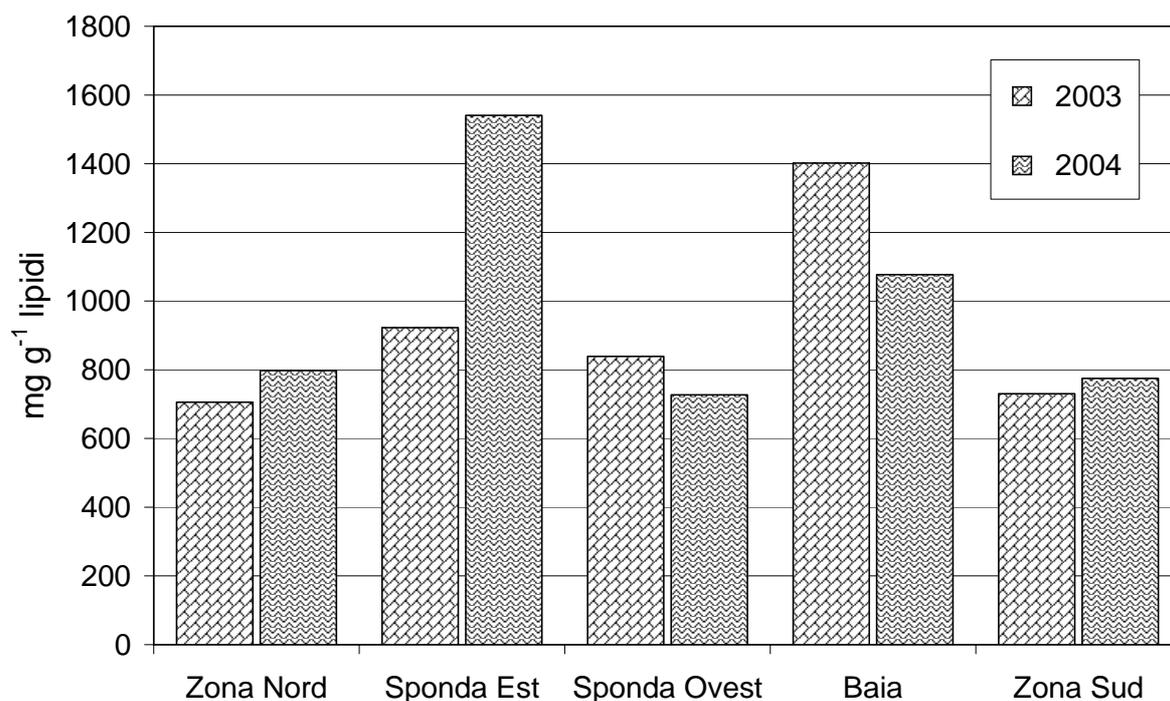


Fig. 6.1.3. Confronto tra la somma dei DDT nelle diverse zone del lago misurata nelle campagne di monitoraggio 2003 e 2004.

I risultati ottenuti mediante il biomonitoraggio con *Dreissena polymorpha* hanno confermato che, in assenza di eventi meteorologici particolari come le alluvioni avvenute nel 2000 e 2002, la contaminazione da parte del DDT sembra essere abbastanza stabile. Nonostante ciò, si è potuto evidenziare come l'intero bacino del Verbano rappresenti un'area a forte rischio ambientale in quanto, in presenza di qualunque perturbazione esterna, esiste il rischio concreto di riportare a lago una contaminazione antica, accumulata nei sedimenti degli immissari o nei suoli, come testimoniato dall'aumento dell'inquinamento da DDT nella parte centrale del lago, a causa dei lavori eseguiti sul T. Boesio.

I dati di DDT misurati nel Verbano nel 2004 confermano, inoltre, il calo osservato già a partire dal 2003 (CIPAIS, 2004), successivo agli elevati livelli osservati nel biennio 2001-2002, nel quale la contaminazione da DDT aveva raggiunto e addirittura superato quelli riscontrati nei paesi in via di sviluppo (Tanabe *et al.*, 2000), dove tale insetticida viene ancora utilizzato per combattere gli insetti vettori di malattie e, illegalmente, in numerose pratiche agricole. Il dato preoccupante, però, è che analizzando meglio i dati delle due stazioni "storiche" (Fig. 6.1.4) possiamo notare come la contaminazione riscontrata nel 2003 e 2004 sia esattamente paragonabile a quella degli anni 1998 e 2000, antecedenti cioè gli eventi

alluvionali, e addirittura maggiore dell'inquinamento rilevato nel 1999. Ciò significa che nel Verbano non sembra esserci una reale regressione della contaminazione da DDT, ma una semplice tendenza a mantenersi attorno ad un certo valore di concentrazione, ben lontano da quello considerato di *background*, misurato negli altri grandi laghi italiani subalpini (Binelli & Provini, 2003). Sarà quindi indispensabile prestare ancora particolare attenzione alle diverse fonti di contaminazione che gravitano sul bacino imbrifero, soprattutto in considerazione del futuro completamento della bonifica del sito industriale di Pieve Vergonte.

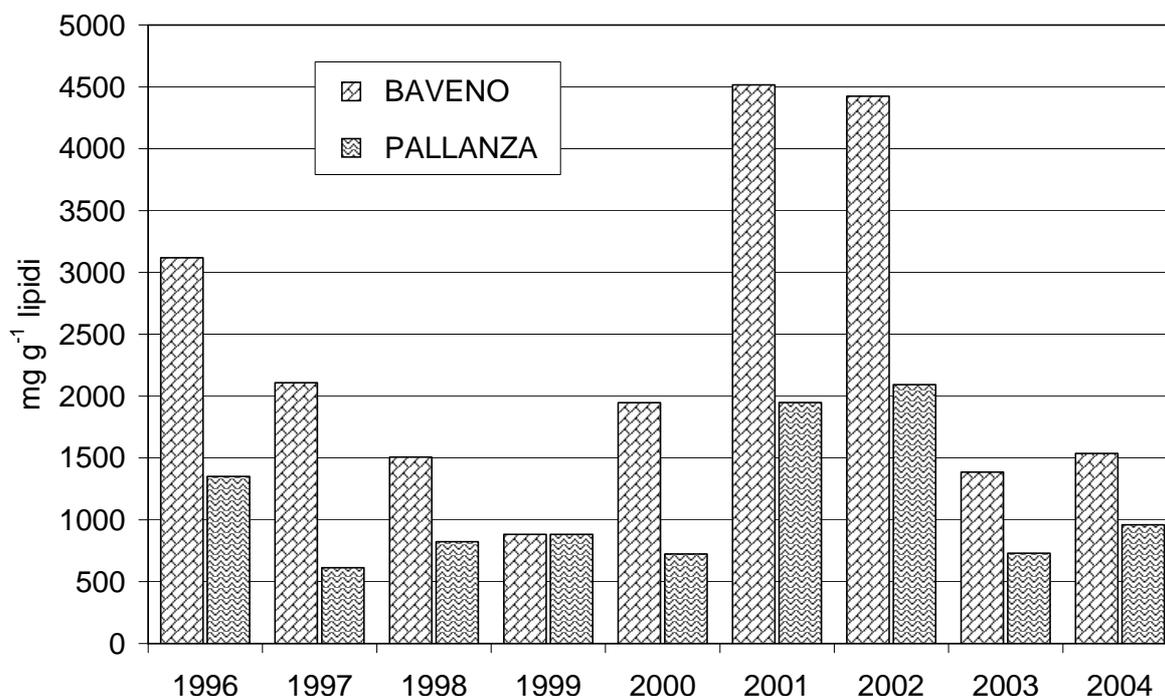


Fig. 6.1.4. Andamento della contaminazione della somma dei DDT nelle stazioni di Baveno e Pallanza-Villa Taranto durante il periodo 1996-2004.

Bibliografia

- ATSDR. 2000. *Toxicological profile for DDT, DDE and DDD*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Syracuse. 393 pp.
- Binelli, A., Galassi, S., & A. Provini. 2001. Factors affecting the use of *Dreissena polymorpha* as a bioindicator: the PCB pollution in Lake Como (N. Italy). *Water, Air and Soil Pollution*, 125: 1-4, 19-35.
- Binelli, A. & A. Provini. 2003. DDT is still a problem in developed Countries: the heavy pollution of Lake Maggiore. *Chemosphere*, 52 (4): 717-723.
- Binelli A., F. Ricciardi & A. Provini. 2004. Present status of POP contamination in Lake Maggiore (Italy). *Chemosphere* 57 (1): 27-34.
- CIP AIS. 2004. *Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale aprile 2003-marzo 2004*. Ed. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 78 pp.
- Tanabe, S., Prudente, M. S., Kan-atireklap, S. & A. Subramanian. 2000. Mussel watch: marine pollution monitoring of butyltins and organochlorines in coastal water of Thailand, Philippines and India. *Oc. Coast. Manag.* 43: 819-839.

6.2. Biomonitoraggio con uova di svasso maggiore

Le uova di svasso (*Podiceps cristatus*) sono state prelevate a Fondo Toce il 26/4/2004, raccogliendo un solo uovo per nido. All'apertura delle uova sono state scartate quelle contenenti pulcini già formati. I risultati analitici relativi alla determinazione di pp'DDT, pp'DDE, pp'DDD e dei congeneri dei PCB sono riportati nella Tabella 6.2.1. Nel caso dell'area di riferimento (Desenzano) sono state prelevate nove uova, tutte idonee all'analisi dei pesticidi clorurati. Di queste, quelle denominate con la stessa lettera maiuscola provenivano dallo stesso nido. I risultati relativi alle analisi sulle uova degli svassi del Lago di Garda sono riportati nella Tabella 6.2.2. dove si nota che le uova provenienti dallo stesso nido hanno livelli di concentrazione molto simili sia per i DDT che per i PCB. Questo risultato conferma quanto osservato su altre specie di volatili e cioè che i livelli dei composti clorurati nelle uova della stessa nidata riflettono la contaminazione materna. Per questo motivo le mediane sono state calcolate considerando i valori medi delle uova provenienti dallo stesso nido.

Tabella 6.2.1. Concentrazioni di pp'DDE, pp'DDT, pp'DDD e congeneri dei PCB (mg kg⁻¹ p.s.) nelle uova di svasso raccolte a Fondo Toce (Lago Maggiore).

DDT	I1	L1	N1	O1	P1	mediana
pp'DDE	8,885	17,123	23,036	4,521	10,869	10,869
pp'DDD	0,022	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,022
pp'DDT	0,074	0,127	0,063	0,029	0,087	0,074
DDT tot.	8,981	17,250	23,099	4,550	10,956	10,956

PCB	I1	L1	N1	O1	P1	mediana
95	0,289	0,533	0,257	0,238	0,351	0,289
101	0,049	0,182	0,043	0,053	0,076	0,053
110+136	<0,002	0,024	<0,003	0,003	0,008	0,008
151	0,020	0,265	0,057	0,038	0,087	0,057
149	1,313	3,182	1,982	0,981	2,386	1,982
153	1,115	3,282	1,501	1,489	2,167	1,501
132	<0,003	0,021	<0,004	<0,004	0,007	0,014
138	0,843	2,817	1,232	1,078	1,812	1,232
187	0,446	0,866	0,623	0,559	0,751	0,623
183	0,149	0,226	0,250	0,136	0,196	0,196
128	0,103	0,617	0,348	0,220	0,208	0,220
174	<0,004	0,006	<0,005	<0,005	<0,004	0,006
177	0,039	0,205	0,056	0,104	0,107	0,104
176	0,052	0,087	0,082	0,036	0,091	0,082
180	0,208	1,018	0,366	0,755	0,551	0,551
170	0,330	0,642	0,632	0,462	0,507	0,507
201	0,119	0,173	0,198	0,139	0,171	0,171
203+196	0,073	0,149	0,151	0,114	0,129	0,129
195	0,039	0,066	0,074	0,054	0,062	0,062
194	0,104	0,193	0,209	0,161	0,159	0,161
206	0,029	0,027	0,027	0,015	0,024	0,027
PCB tot.	5,316	14,581	8,087	6,635	9,848	8,087

Tabella 6.2.2. Concentrazioni di pp'DDE, pp'DDT, pp'DDD e congeneri dei PCB (mg kg⁻¹ p.s.) nelle uova di svasso raccolte a Desenzano (Lago di Garda).

DDT	B1	B2	C1	D1	E1	F1	G1	G2	G3	mediana
pp'DDE	1,294	1,414	5,207	5,396	6,248	5,015	1,481	1,170	1,476	5,111
pp'DDD	0,002	0,005	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,005	0,005	<0,010	0,004
pp'DDT	0,012	0,012	0,285	0,290	0,215	0,178	0,050	0,045	0,037	0,196
DDT tot.	1,308	1,431	5,492	5,686	6,463	5,192	1,536	1,220	1,514	5,342

PCB	B1	B2	C1	D1	E1	F1	G1	G2	G3	mediana
95	0,073	0,101	0,432	0,506	0,440	0,395	0,213	0,161	0,140	0,413
101	0,014	0,019	0,164	0,194	0,191	0,183	0,044	0,042	0,020	0,173
110+136	0,001	0,001	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	0,003	0,003	<0,005	0,003
151	0,012	0,021	0,222	0,230	0,251	0,209	0,030	0,032	0,022	0,215
149	0,236	0,385	2,549	2,673	2,712	2,497	0,787	0,683	0,668	2,523
153	0,202	0,278	6,614	6,908	7,197	6,333	0,748	0,662	0,663	6,473
132	<0,001	<0,001	<0,007	0,008	<0,007	<0,008	0,002	<0,001	<0,007	0,005
138	0,156	0,216	4,193	4,335	4,624	3,963	0,592	0,539	0,504	4,078
187	0,102	0,142	2,742	2,903	2,995	2,791	0,307	0,274	0,322	2,766
183	0,038	0,060	0,577	0,588	0,614	0,526	0,104	0,092	0,099	0,551
128	0,021	0,033	0,492	0,516	0,564	0,464	0,061	0,057	0,082	0,478
174	<0,001	<0,001	<0,008	<0,009	<0,009	<0,009	0,004	0,001	<0,009	0,002
177	0,006	0,009	0,340	0,342	0,432	0,311	0,037	0,034	0,044	0,325
176	0,010	0,014	0,134	0,142	0,143	0,124	0,037	0,038	0,028	0,129
180	0,042	0,056	1,685	1,795	1,799	1,585	0,230	0,209	0,220	1,635
170	0,075	0,102	1,272	1,303	1,253	1,157	0,255	0,230	0,258	1,205
201	0,038	0,058	0,424	0,431	0,447	0,377	0,122	0,144	0,136	0,400
203+196	0,018	0,027	0,346	0,385	0,357	0,323	0,068	0,058	0,083	0,334
195	0,016	0,025	0,143	0,157	0,164	0,141	0,045	0,039	0,060	0,142
194	0,049	0,073	0,430	0,457	0,465	0,402	0,138	0,123	0,152	0,416
206	0,006	0,010	0,051	0,050	0,059	0,038	0,026	0,026	ND	0,044
PCB tot.	1,113	1,632	22,811	23,928	24,707	21,818	3,854	3,448	3,502	22,314

Per molti campioni non è stato possibile, al livello di diluizione utilizzato per le analisi del pp'DDE e pp'DDT, quantificare il pp'DDD e i congeneri 110+136, 132 e 174 dei PCB in quanto le rispettive concentrazioni erano al di sotto del limite di rivelabilità. D'altra parte negli estratti più concentrati i picchi principali erano così alti da impedire la determinazione di quelli di minore intensità. Dai risultati delle precedenti tabelle si nota come, in tutti i casi, le concentrazioni di pp'DDT siano molto più basse rispetto a quelle del pp'DDE, metabolita principale, e il pp'DDD sia determinabile solo in pochi campioni.

Dal confronto tra le uova di Fondo Toce (Lago Maggiore) e quelle di Desenzano (Lago di Garda) si evince che la maggior parte delle uova del Maggiore è più contaminata da DDT (Fig. 7.2.1). In effetti le uova più contaminate del Garda raggiungono il livello minimo determinato nelle uova del Maggiore.

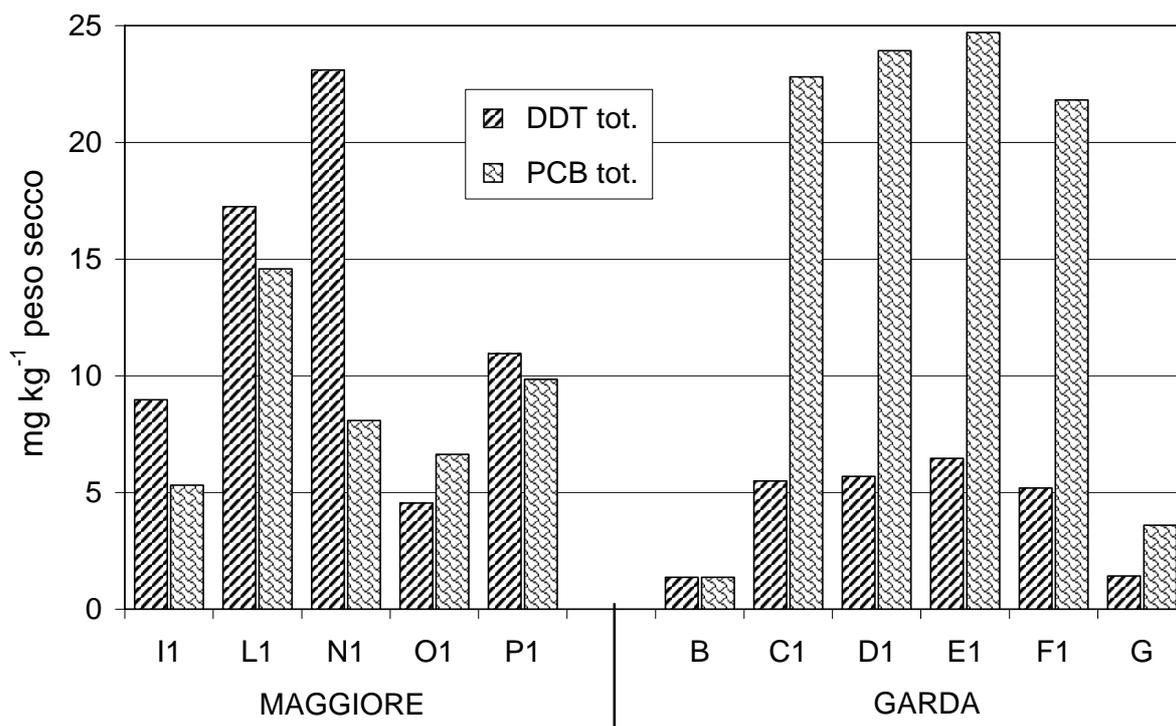


Fig. 6.2.1. Confronto della contaminazione da DDT totale e PCB nelle uova di svasso di Fondo Toce e Desenzano.

Si è preferito riportare il valore mediano perché la distribuzione della contaminazione sembra mettere in luce che esistono grandi differenze individuali nella contaminazione. Probabilmente le uova meno contaminate sono state deposte da madri provenienti da altre zone che si sono spostate a Fondo Toce o a Desenzano solo per il periodo riproduttivo. La mediana delle concentrazioni dei DDT totali è risultata pari a $10,96 \text{ mg kg}^{-1}$ peso secco nelle uova del Maggiore e $5,34$ nelle uova del Garda. Nel caso dei PCB, la mediana delle concentrazioni risulta più alta nelle uova del Garda rispetto a quelle del Maggiore.

I valori medi dei DDT totali ($12,97 \pm 7,28$) determinati nelle uova di Fondo Toce del 2004 risultano significativamente più elevati di quelli del Garda ($1,42 \pm 2,25$).

Quest'ultima località appare quindi idonea come stazione di riferimento per i DDT, anche se risulta meno indicata e più problematica per la misura dello spessore del guscio dal momento che anche i PCB possono influire negativamente su questo parametro.

I dati relativi alle uova di Fondo Toce sono stati confrontati con quelli dei campionamenti eseguiti negli anni precedenti nella stessa zona (Fig. 7.2.2). L'innalzamento della contaminazione da DDT totali osservato nel 2001 dovrebbe essere dovuto alla piena eccezionale che si è verificata nell'autunno del 2000. Successivamente le concentrazioni medie di DDT totali sono state sempre inferiori a quelle del 1998, anno in cui fu eseguita la prima campagna di prelievi dopo la chiusura dell'impianto di produzione di DDT, avvenuta nel 1996. Anche la variabilità dei dati, che era elevatissima nel 1998, si sta riducendo facendo pensare a una distribuzione più uniforme della contaminazione, che si mantiene in ogni caso, come abbiamo visto, più elevata rispetto all'altro bacino lacustre scelto come area di riferimento.

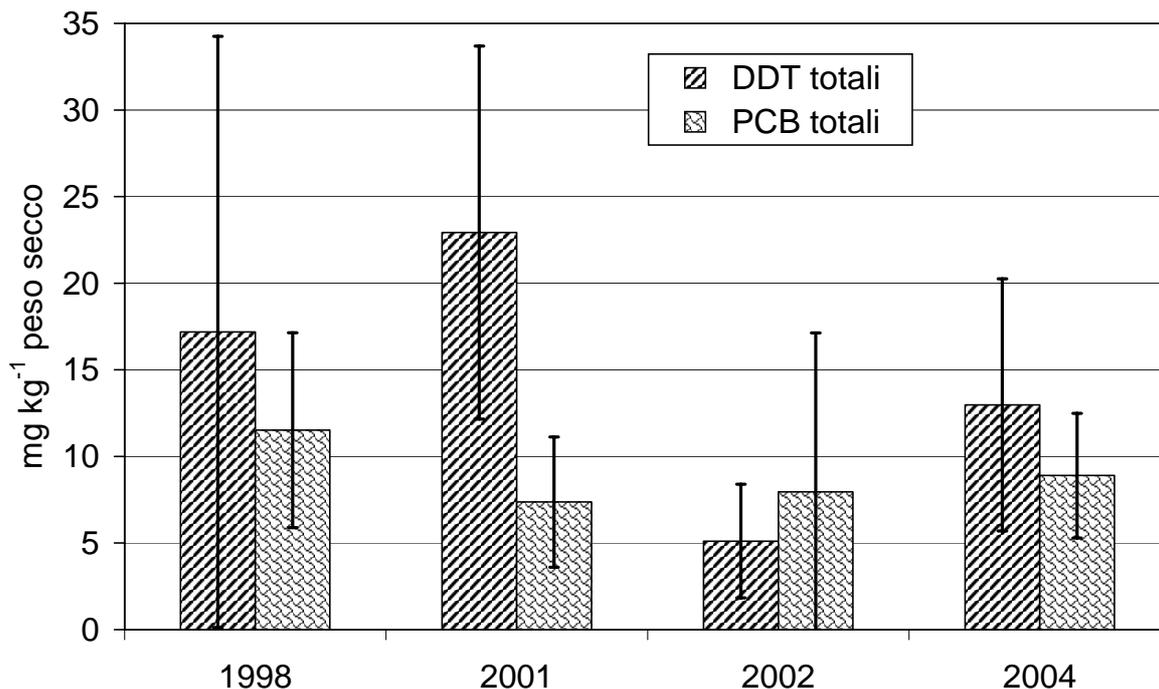


Fig. 6.2.2 Andamento temporale della contaminazione da composti clorurati nelle uova di svasso del Lago Maggiore.

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. In merito agli effetti dell'accumulo del DDT e dei PCB nello svasso maggiore, non esistono in letteratura informazioni relative. Livelli di pp'DDE compresi tra 2,5 e 8 $\mu\text{g g}^{-1}$ in peso fresco dell'uovo sono ritenuti efficaci nel causare una riduzione del successo riproduttivo in alcune specie di uccelli piscivori (Custer *et al.*, 1999). Convertendo i dati finora raccolti in peso fresco, risulta che ben tredici uova campionate sulle rive del Lago Maggiore dal 1998 al 2004 cadono in questo intervallo, mentre nessun campione del Lago di Garda raggiunge tali valori.

Alla contaminazione da pp'DDE si aggiunge quella da PCB per i quali è stata individuata una soglia di effetto di 3-5 $\mu\text{g g}^{-1}$ in peso fresco (Giesy *et al.*, 1994). Le uova del Lago Maggiore non superano questa soglia; tuttavia, potrebbero verificarsi situazioni di additività o sinergismo con il pp'DDE. Tuttavia, data la complessità delle miscele dei PCB e la variabilità delle combinazioni dei diversi contaminanti, non è facile valutare l'effetto cumulativo di questi tossici.

Le misure dello spessore del guscio effettuate su tutte le uova analizzate non hanno mostrato alcuna correlazione significativa con le concentrazioni del pp'DDE e dei PCB. Si osserva, invece, un significativo assottigliamento dello spessore dal 1998 al 2004. È possibile che gli effetti della contaminazione si manifestino sulle generazioni successive a quelle in cui sono stati registrati i massimi livelli, rendendo più complessa l'interpretazione dei risultati.

Bibliografia

- Custer, T.W., Custer, C.M., Hines, R.K., Gutreuter, S., Stromborg, K.L., Allen, P.D., Melancon, M.J. (1999) Organochlorine contaminants and reproductive success of double-crested cormorants from Green Bay, Wisconsin, USA. *Environ. Toxicol. Chem.*, 18: 1209-1217.
- Giesy J. P., Ludwig J. P. & Tillitt D. E. 1994. Deformities in birds of the Great Lakes region. Assigning causality. *Environmental Science and Technology* 28: 128A-135A.

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 giugno, settembre, dicembre 2004 e in aprile 2005 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 pescate nel secondo anno di indagini. Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi di contenuto lipidico, DDTs, PCBs, esaclorobenzene (HCB) e Hg con le stesse metodiche già descritte nei precedenti rapporti. Infine, vengono mostrati gli andamenti, a partire dal luglio 2001 e fino all'aprile 2005, delle concentrazioni di DDT totale (Figg. 7.1–7.7), mercurio (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 quarto anno di indagini nelle acque piemontesi (P) e lombarde (L) del Lago Maggiore: numero di individui e sesso, lunghezza e peso medio.

		giugno 2004			settembre 2004			dicembre 2004			marzo 2005		
		N° e sesso	Lungh. cm	Peso g	N° e sesso	Lungh. cm	Peso g	N° e sesso	Lungh. cm	Peso g	N° e sesso	Lungh. cm	Peso g
Tinca	P	2f	46	2522	3f	39	1659	2f+1m	40	1687	1m	45	2057
	L	3f+3nd	31	1081	6f+3nd	22	308	7f+1nd	19	236	2m	39	1587
Scardola	P	7f+3nd	18	124	10f	17	112	10f	18	134	4m	32	807
	L	5m+5f	16	87	10f	19	145	8f+2nd	19	166	10m	16	90
Cavedano	P	4m+3f	36	798	3f	29	954	9f+1m	27	516	1m	43	1453
	L	2m+4f+1nd	29	520	5f	29	445	7f	20	215	2m	28	480
Pesce Persico	P	1m+9f	16	82	8f+8nd	16	59	10m	15	56	6m+4f	15	57
	L	5m+2f+3nd	11	22	10nd	11	24	10nd	11	18	6m+3f	14	47
Lavarello	P	1m+1f	32	443	2m+8f	29	346	7f+3m	33	547	1m+5f	32	376
	L	2m+8f	24	196	6m+4f	22	194	5f+5m	25	210	9m+1f	24	167
Bondella	P	7m+3f	24	214	6m+4f	24	199	2f+8m	27	284	5m+5f	20	107
	L	2m+8f	24	197	10f	23	186	6f+4m	22	161	10m	24	161
Agone	P	10f	21	97	10f	22	123	10f	21	116	10m	20	86
	L	4m+6f	18	75	10f	18	88	10f	17	61	9m+1f	21	110

Tabella 7.2. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel giugno 2004: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	5,4	1,6	0,8	1,1	1,1	2,0	0,8	0,5	2,0	2,6	2,8	1,6	3,9	8,5
op-DDD	0,079	0,026	0,006	0,005	0,007	0,008	0,010	0,005	0,007	0,009	0,010	0,005	0,085	0,067
pp-DDD	0,109	0,017	0,005	0,002	0,002	0,009	0,007	0,003	0,030	0,034	0,032	0,009	0,159	0,108
op-DDE	0,013	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,010	0,008
pp-DDE	0,347	0,056	0,014	0,005	0,087	0,051	0,015	0,009	<0,001	0,041	0,028	0,010	0,129	0,067
op-DDT	0,001	0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,001	0,024	0,013
pp-DDT	0,040	0,005	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,030	0,034	0,006	0,002	0,038	0,021
DDT totale	0,589	0,107	0,030	0,013	0,097	0,073	0,038	0,024	0,072	0,123	0,081	0,028	0,445	0,284
PCB28	0,002	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001
PCB52	0,013	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,006	0,007
PCB101	0,042	0,012	0,002	0,002	0,005	0,006	0,002	0,005	0,003	0,005	0,005	0,002	0,014	0,010
PCB118	0,026	0,025	0,003	0,003	0,007	0,009	0,003	0,008	0,005	0,003	0,006	0,003	0,021	0,014
PCB138	0,059	0,017	0,002	0,003	<0,001	0,009	0,003	0,007	0,005	0,007	0,006	0,003	0,021	0,013
PCB153	0,064	0,018	0,002	0,002	0,007	0,009	0,003	0,007	<0,001	0,006	0,006	0,003	0,021	0,013
PCB180	0,009	0,006	0,001	<0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	<0,001	0,002	0,002	0,002	0,008	0,005
PCB totale	0,215	0,084	0,013	0,014	0,024	0,039	0,015	0,032	0,016	0,026	0,029	0,015	0,092	0,063
HCB	0,005	0,001	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	<0,001	0,002	0,005
Hg	0,226	0,177	0,077	0,015	0,189	0,092	0,113	0,069	0,113	0,076	0,076	0,053	0,200	0,051

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 2004: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	1,1	0,5	0,7	0,7	1,2	1,8	0,5	1,2	2,6	1,5	1,8	1,8	8,1	10,8
op-DDD	0,013	0,002	0,005	0,002	0,013	0,017	0,004	0,006	0,006	0,009	0,003	0,008	0,064	0,086
pp-DDD	0,014	0,001	0,003	0,001	0,006	0,009	0,003	0,003	0,012	0,016	0,004	0,010	0,108	0,146
op-DDE	0,004	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,006	0,010
pp-DDE	0,083	0,003	0,006	0,004	0,115	0,040	0,006	0,009	0,011	0,022	0,005	0,019	0,103	0,107
op-DDT	0,002	<0,001	0,001	<0,001	0,004	0,002	<0,001	<0,001	0,001	0,005	0,001	0,002	0,026	0,014
pp-DDT	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002	0,002	0,006	0,001	0,002	0,044	0,051
DDT totale	0,119	0,007	0,017	0,008	0,143	0,070	0,014	0,021	0,033	0,060	0,015	0,043	0,351	0,414
PCB28	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
PCB52	0,004	0,001	0,002	0,001	0,004	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,004	0,005
PCB101	0,006	0,002	0,003	0,001	0,008	0,005	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,010	0,011
PCB118	0,008	0,002	0,003	0,002	0,010	0,015	0,003	0,005	0,002	0,003	0,002	0,003	0,006	0,008
PCB138	0,006	0,002	0,002	0,002	0,011	0,015	0,002	0,005	0,002	0,003	0,002	0,003	0,009	0,015
PCB153	0,007	0,002	0,002	0,002	0,012	0,015	0,002	0,005	0,002	0,003	0,002	0,002	0,015	0,016
PCB180	0,002	0,001	0,001	0,001	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003	<0,001	0,002	0,007	0,006
PCB totale	0,034	0,010	0,014	0,010	0,051	0,056	0,013	0,024	0,011	0,017	0,010	0,015	0,053	0,063
HCB	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004
Hg	0,163	0,059	0,043	0,042	0,278	0,098	0,092	0,052	0,057	0,083	0,052	0,050	0,118	0,074

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 2004: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	1,7	0,8	1,3	1,6	1,2	0,7	1,0	1,0	1,6	1,5	1,8	1,4	8,8	12,8
op-DDD	0,042	0,004	0,010	0,008	0,008	0,003	0,005	0,018	0,005	0,004	0,004	0,010	0,031	0,083
pp-DDD	0,106	0,002	0,007	0,002	0,004	<0,001	0,002	0,002	0,012	0,008	0,005	0,003	0,014	0,017
op-DDE	0,017	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,008	0,029
pp-DDE	0,276	0,004	0,037	0,009	0,108	0,005	0,009	0,020	0,021	0,016	0,009	0,010	0,079	0,098
op-DDT	0,026	<0,001	0,002	0,002	0,002	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,062	0,110
pp-DDT	0,033	0,002	0,001	0,001	0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,004	0,002	0,003	0,002	0,023	0,055
DDT totale	0,500	0,012	0,058	0,022	0,124	0,009	0,019	0,041	0,046	0,032	0,024	0,028	0,217	0,392
PCB28	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,006	0,001
PCB52	0,001	0,001	0,002	0,006	0,002	<0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,002	<0,001	0,007
PCB101	0,009	0,002	0,005	0,006	0,005	0,002	0,003	0,007	0,002	0,003	0,003	0,007	0,013	0,015
PCB118	0,026	0,004	0,006	0,006	0,008	0,002	0,003	0,009	0,003	0,004	0,004	0,010	0,019	0,022
PCB138	0,040	0,003	0,005	0,005	0,008	0,002	0,004	0,006	0,003	0,004	0,004	0,008	0,016	0,021
PCB153	0,035	0,004	0,005	0,006	0,007	0,002	0,004	0,007	0,004	0,004	0,005	0,009	0,015	0,022
PCB180	0,020	0,002	0,002	0,002	0,003	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	<0,001	0,007	0,010
PCB totale	0,132	0,016	0,026	0,031	0,033	0,008	0,018	0,034	0,015	0,018	0,019	0,037	0,076	0,098
HCB	0,002	<0,001	0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001	0,005	0,002
Hg	0,630	0,041	0,076	0,057	0,200	0,085	0,131	0,074	0,122	0,075	0,055	0,078	0,145	0,100

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 2005: contenuti di grassi (%), DDT totale e suoi isomeri e metaboliti (mg kg⁻¹), PCBs (mg kg⁻¹), esaclorobenzene HCB (mg kg⁻¹) e mercurio (mg Hg kg⁻¹).

	TINCA		SCARDOLA		CAVEDANO		PERSICO		LAVARELLO		BONDELLA		AGONE	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
grassi %	1,5	7,8	1,6	0,6	1,5	1,7	-	0,9	-	1,1	1,7	1,5	7,5	4,7
op-DDD	0,007	0,194	0,004	0,002	0,008	0,006	0,012	0,006	0,014	0,010	0,008	0,006	0,046	0,027
pp-DDD	0,011	0,056	0,006	<0,001	0,005	0,002	0,010	0,009	0,015	0,023	0,032	0,018	0,063	0,050
op-DDE	0,002	0,003	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005	0,003	0,002	0,002	0,008	0,006
pp-DDE	0,043	0,241	0,017	0,002	0,024	0,039	0,025	0,024	0,018	0,028	0,037	0,029	0,064	0,045
op-DDT	0,001	0,003	0,015	<0,001	0,005	0,002	0,003	0,002	<0,001	0,002	0,003	0,002	0,010	0,009
pp-DDT	0,002	0,009	<0,001	<0,001	0,003	0,002	0,004	0,004	0,006	0,005	0,004	0,005	0,022	0,016
DDT totale	0,066	0,506	0,043	0,005	0,047	0,053	0,056	0,047	0,058	0,071	0,086	0,062	0,213	0,153
PCB28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,004	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003
PCB52	0,002	0,007	0,002	<0,001	0,003	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,005	0,004
PCB101	0,003	0,108	0,002	0,002	0,006	0,005	0,007	0,004	0,010	0,004	0,004	0,004	0,011	0,008
PCB118	0,004	0,195	0,004	0,003	0,008	0,008	0,007	0,005	0,012	0,005	0,006	0,005	0,012	0,011
PCB138	0,004	0,140	0,004	0,002	0,011	0,010	0,007	0,006	0,013	0,007	0,007	0,007	0,014	0,012
PCB153	0,004	0,194	0,004	0,003	0,010	0,007	0,006	0,006	0,012	0,007	0,005	0,006	0,015	0,013
PCB180	0,001	0,036	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005
PCB totale	0,020	0,682	0,020	0,013	0,042	0,035	0,038	0,026	0,057	0,028	0,027	0,027	0,065	0,056
HCB	<0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,002
Hg	0,254	0,163	0,075	0,032	0,067	0,078	0,139	0,087	0,133	0,109	0,096	0,066	0,111	0,129

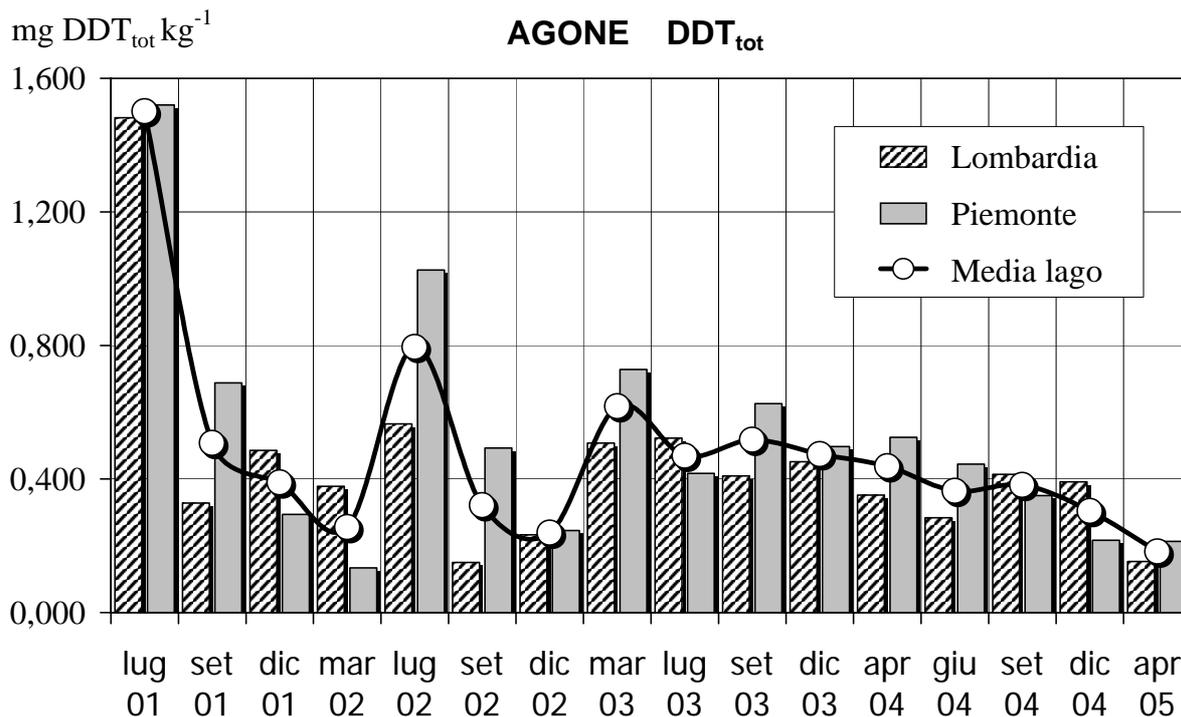


Fig. 7.1. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

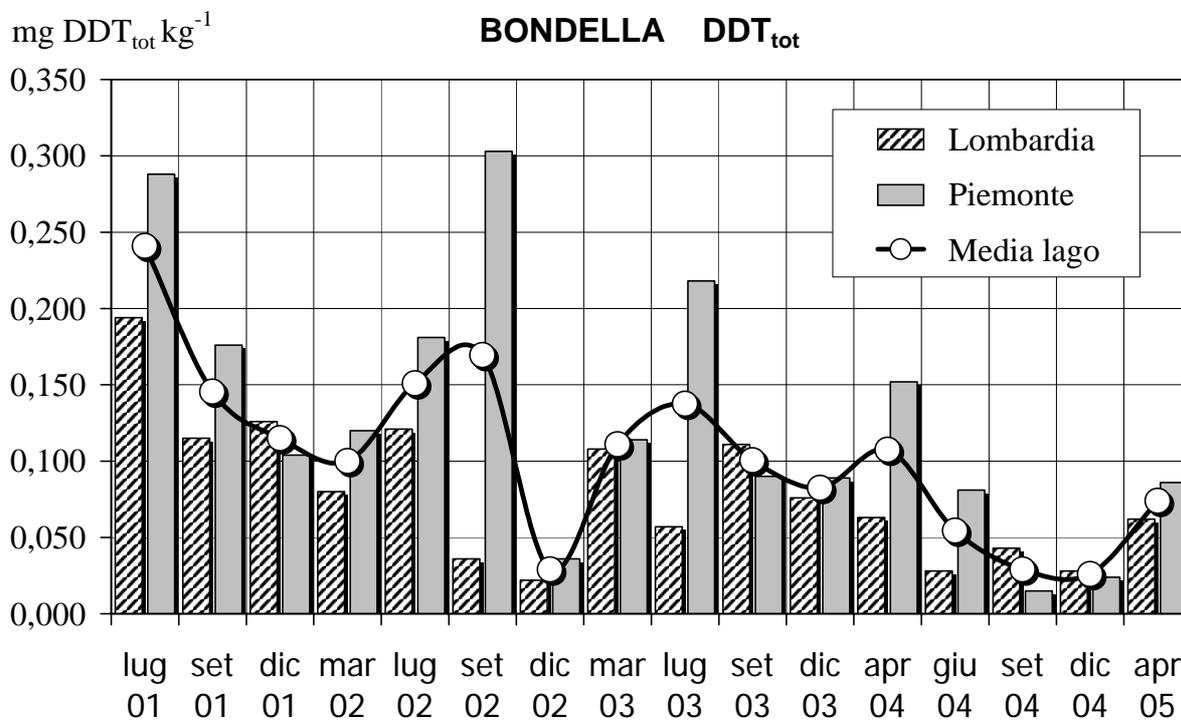


Fig. 7.2. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

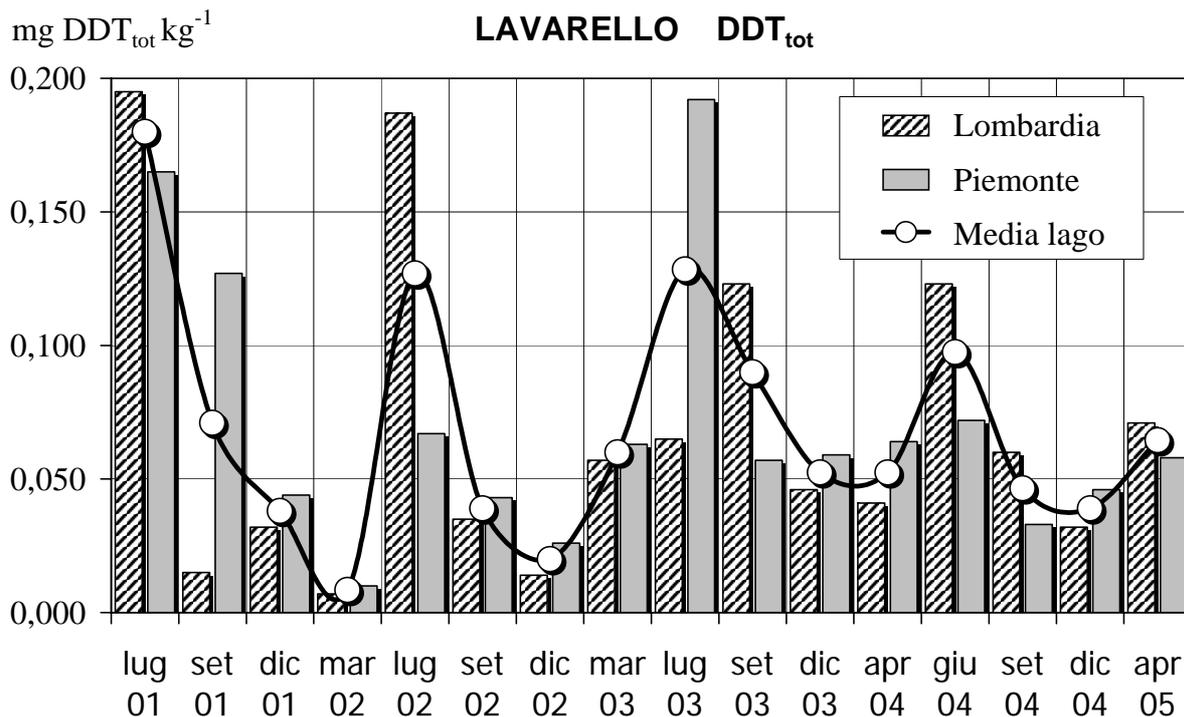


Fig. 7.3. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

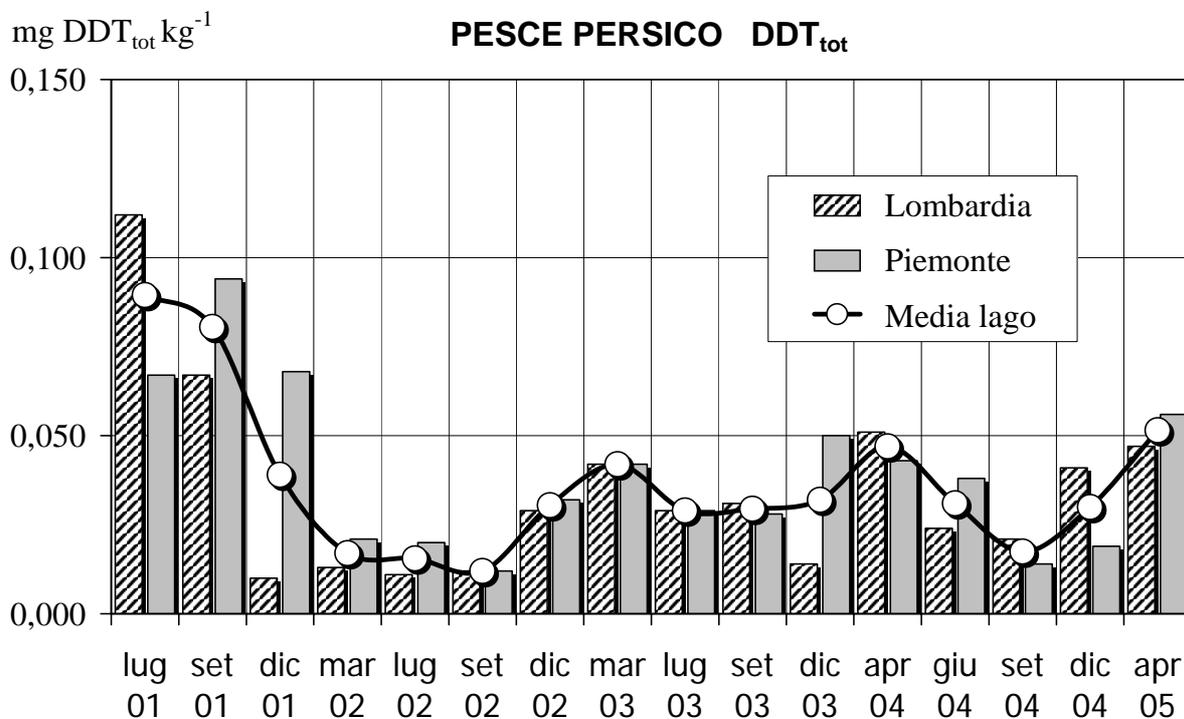


Fig. 7.4. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

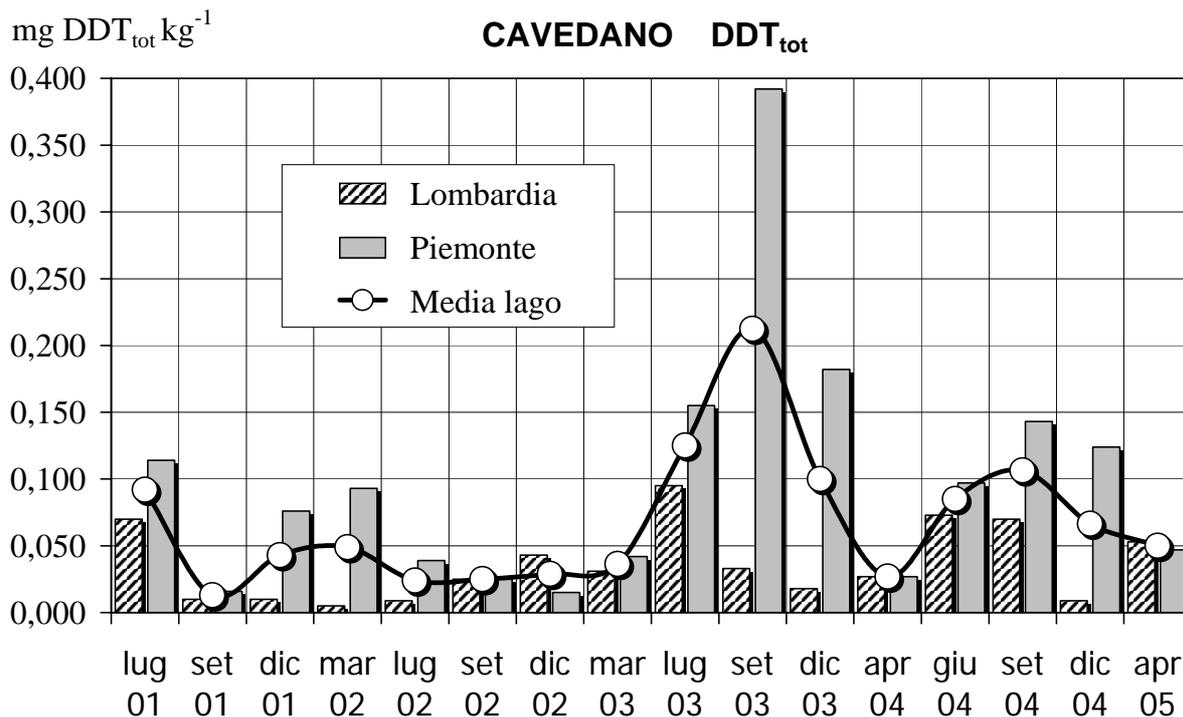


Fig. 7.5. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

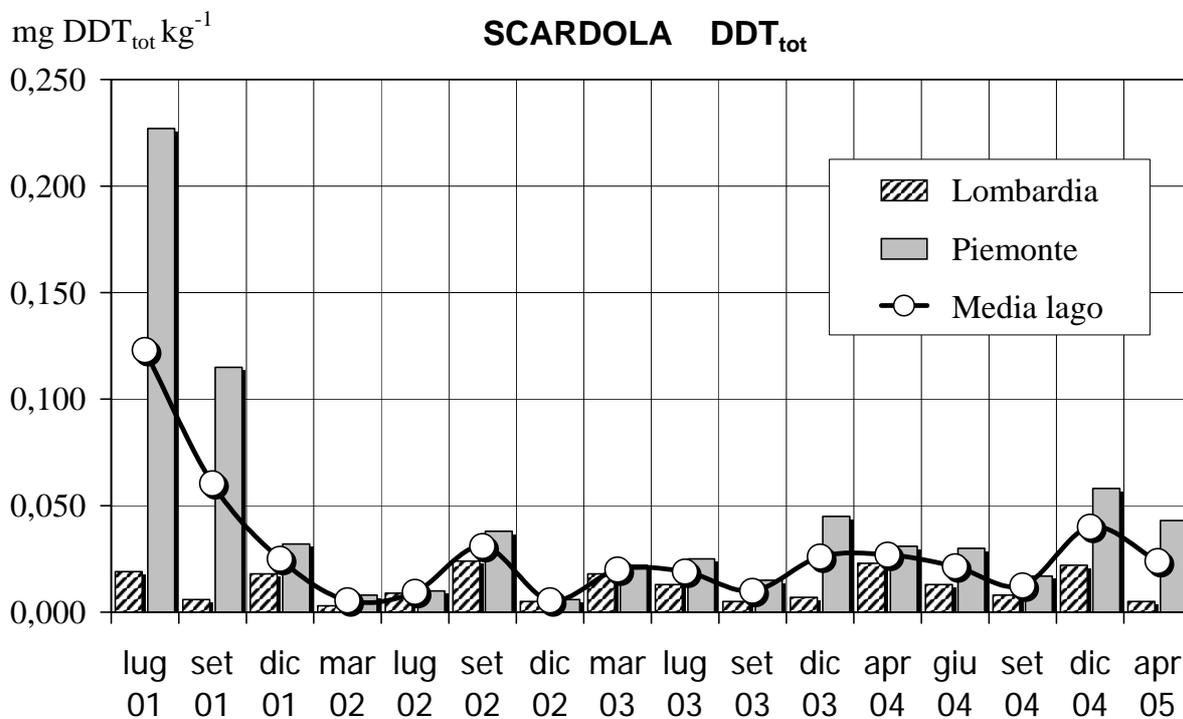


Fig. 7.6. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

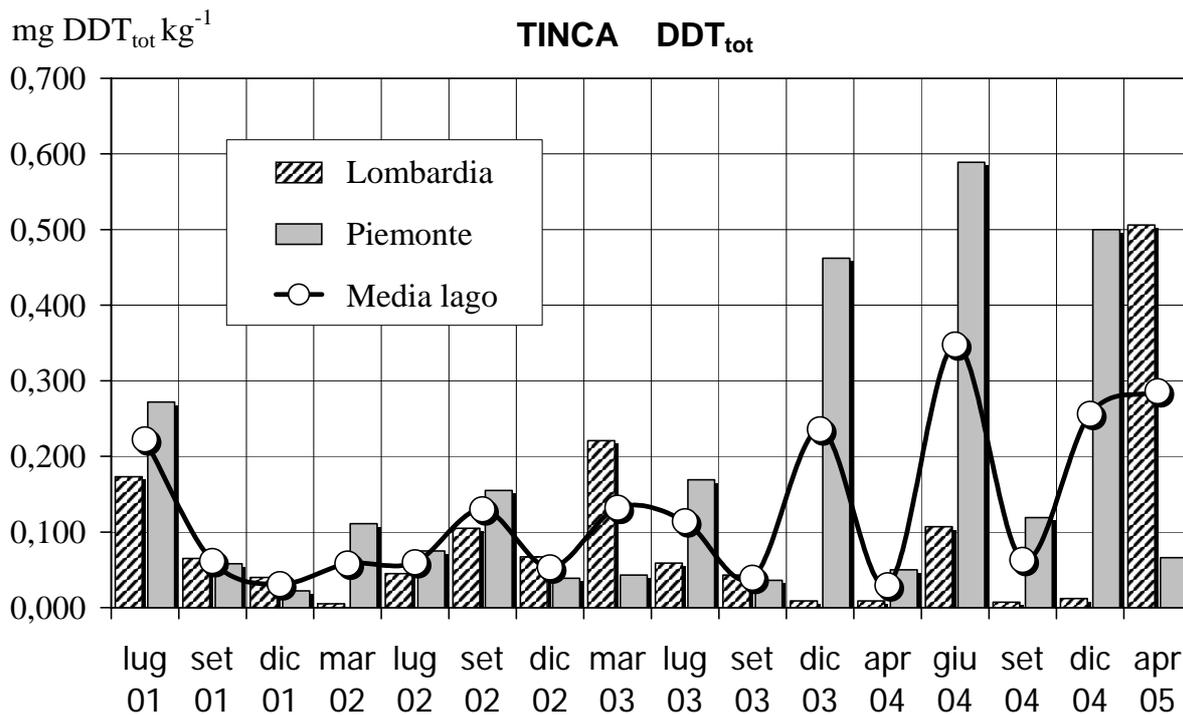


Fig. 7.7. Concentrazioni di DDT totale riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un pool di 10 pesci (solo parte edibile).

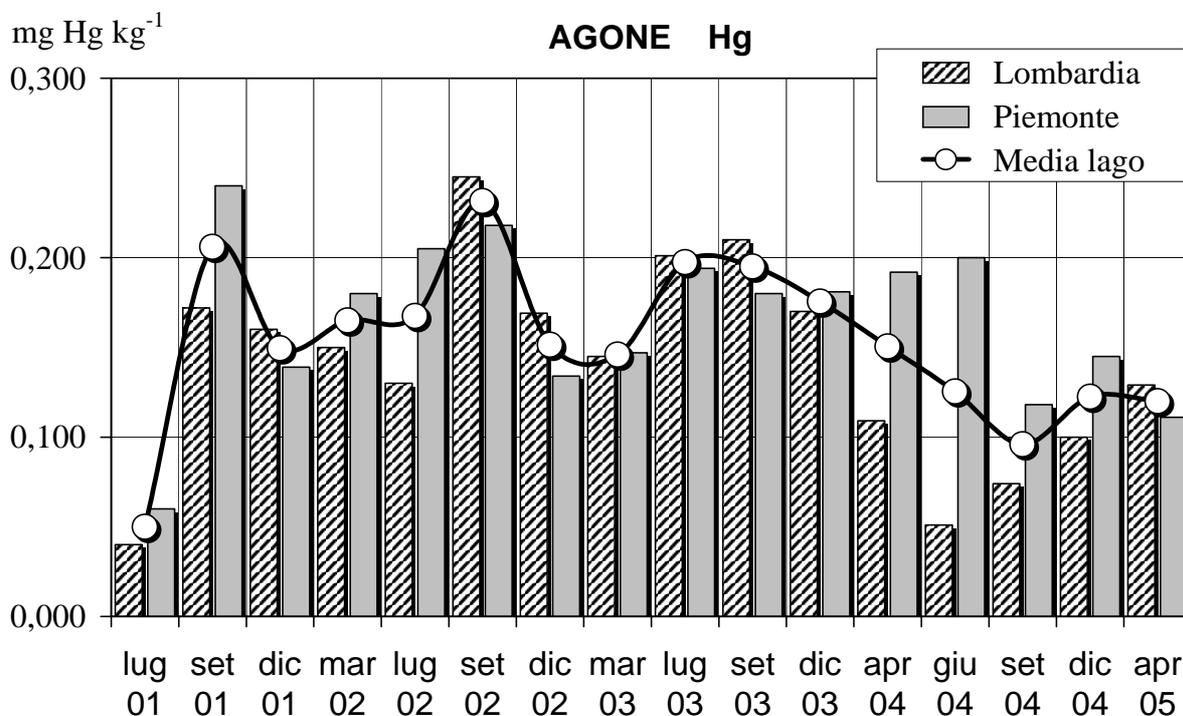


Fig. 7.8. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un pool di 10 pesci (solo parte edibile).

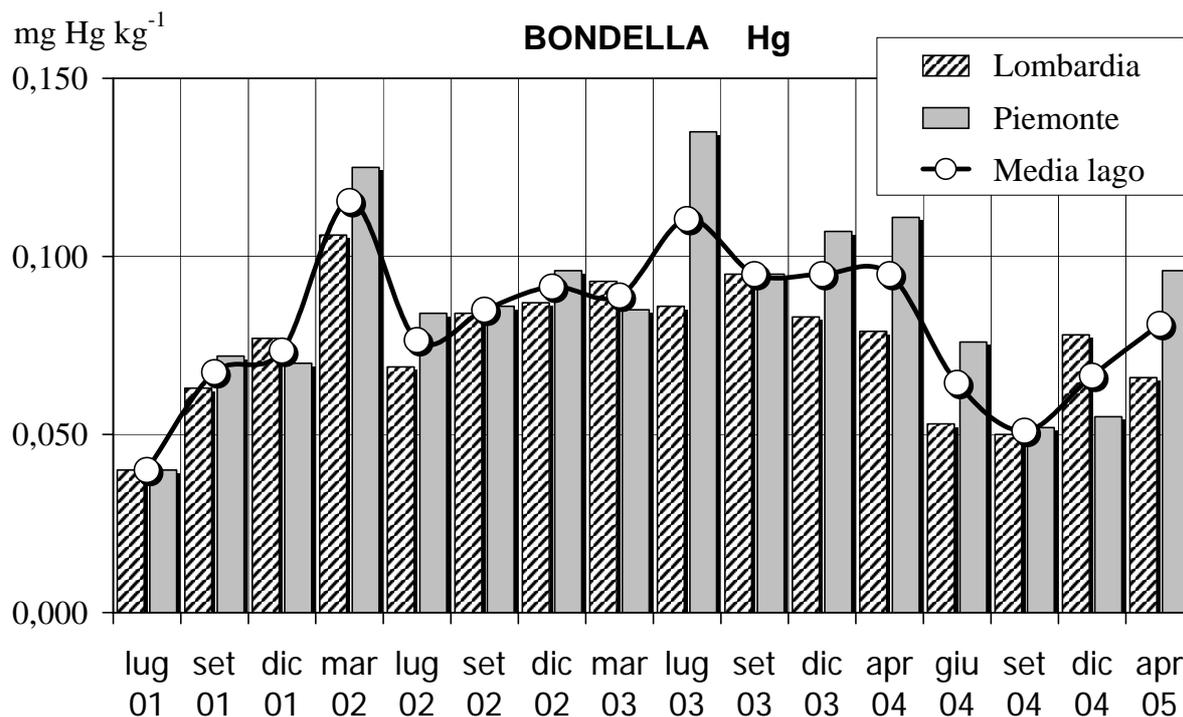


Fig. 7.9. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

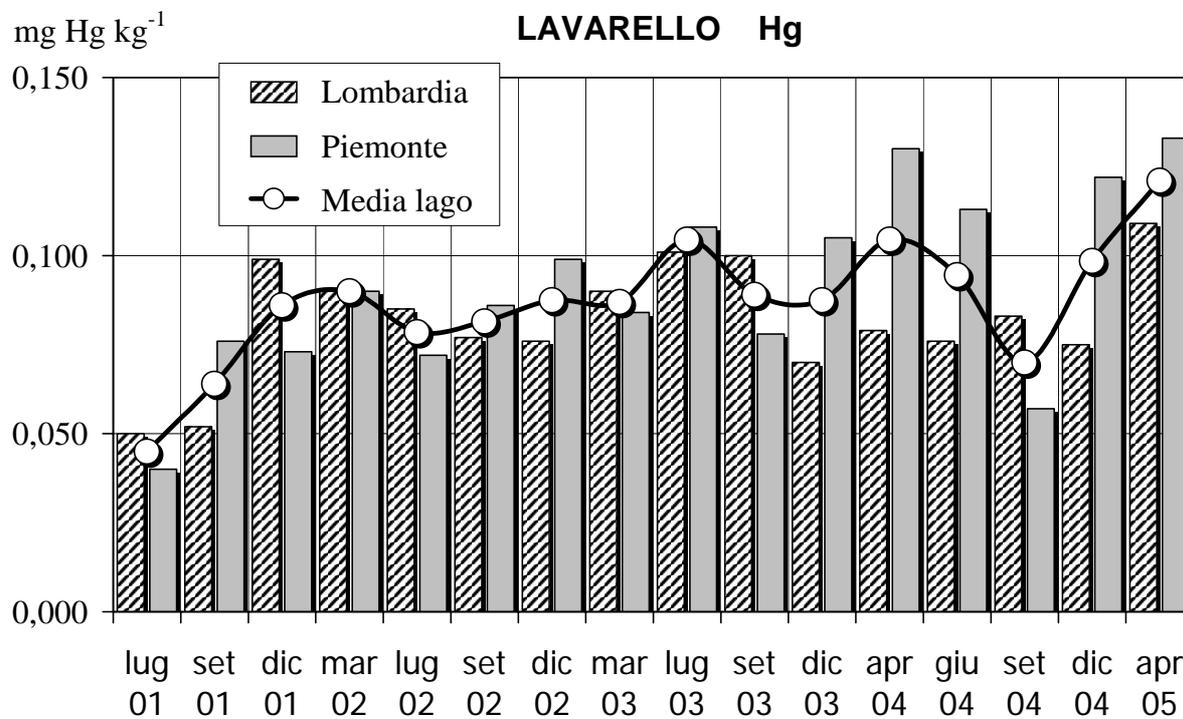


Fig. 7.10. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

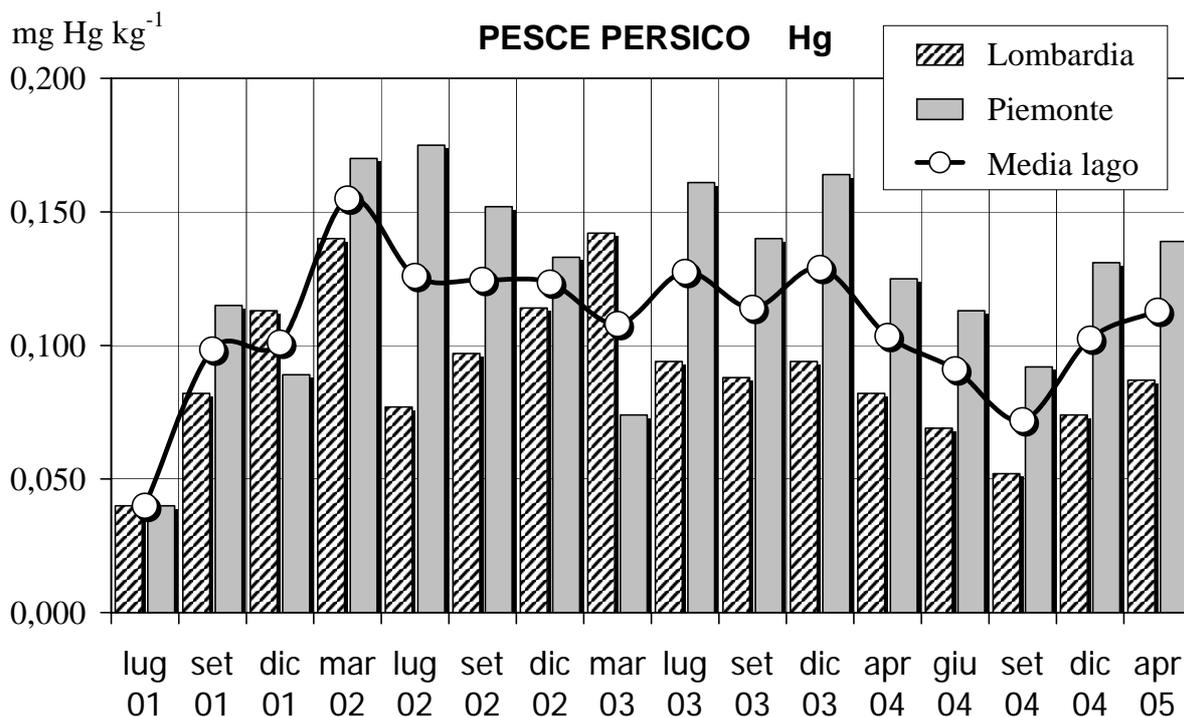


Fig. 7.11. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

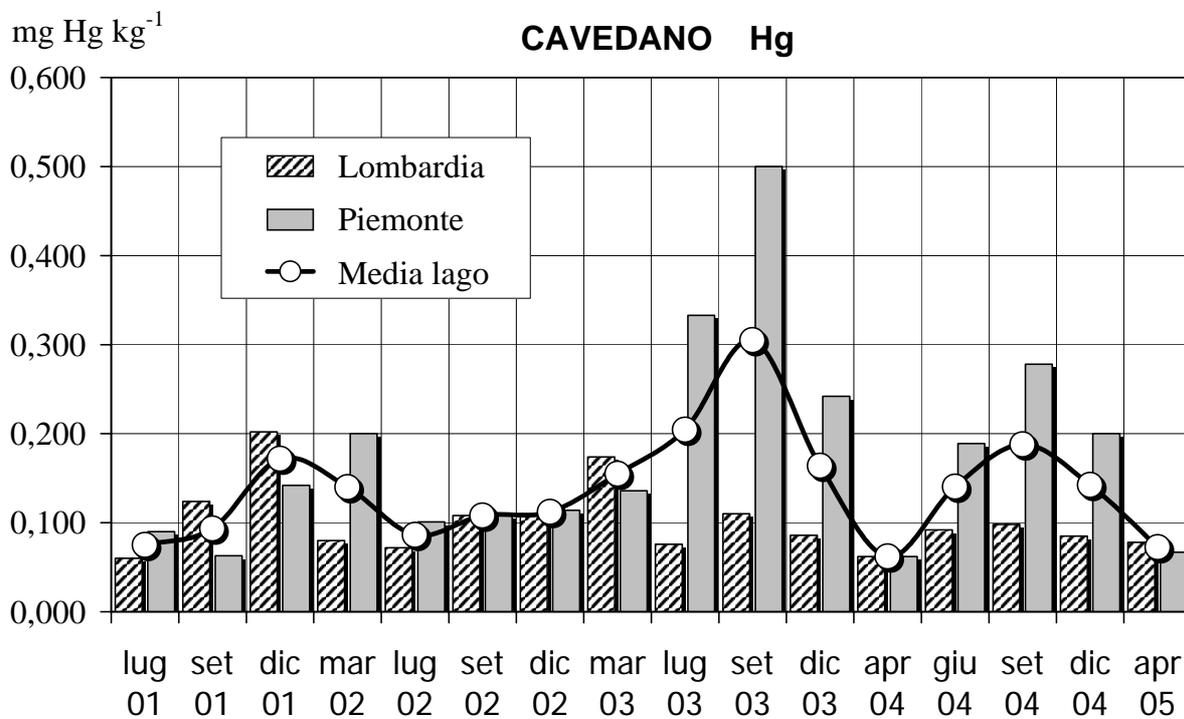


Fig. 7.12. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

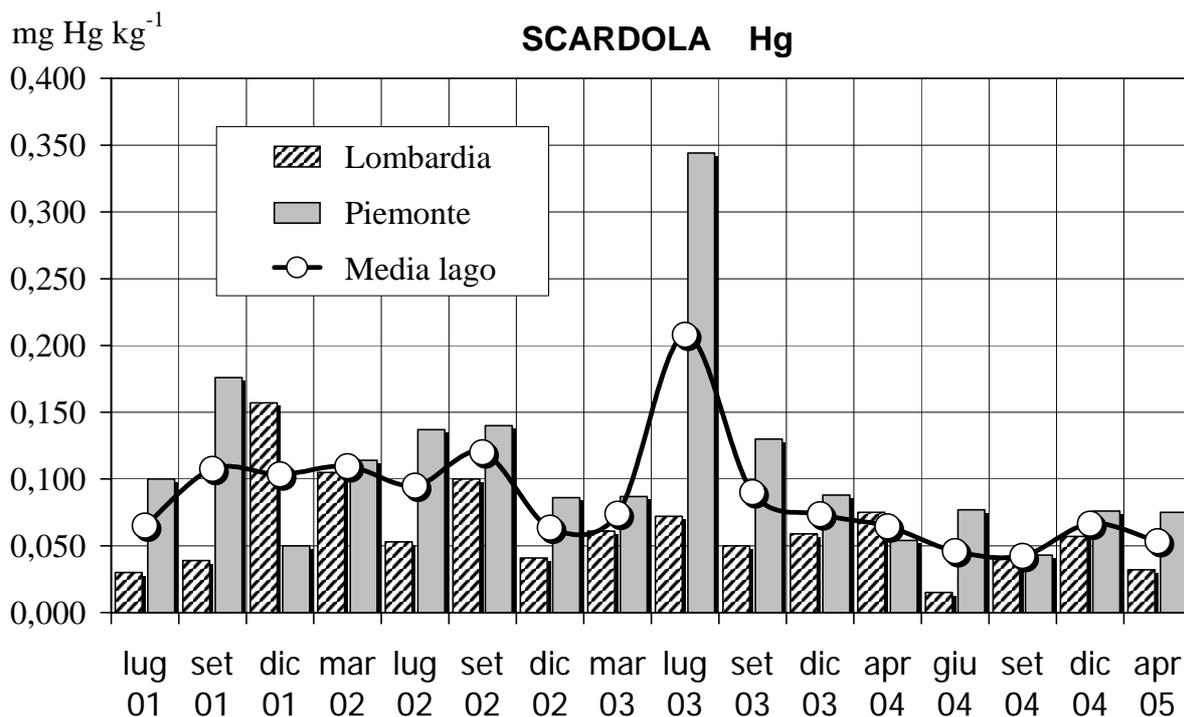


Fig. 7.13. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

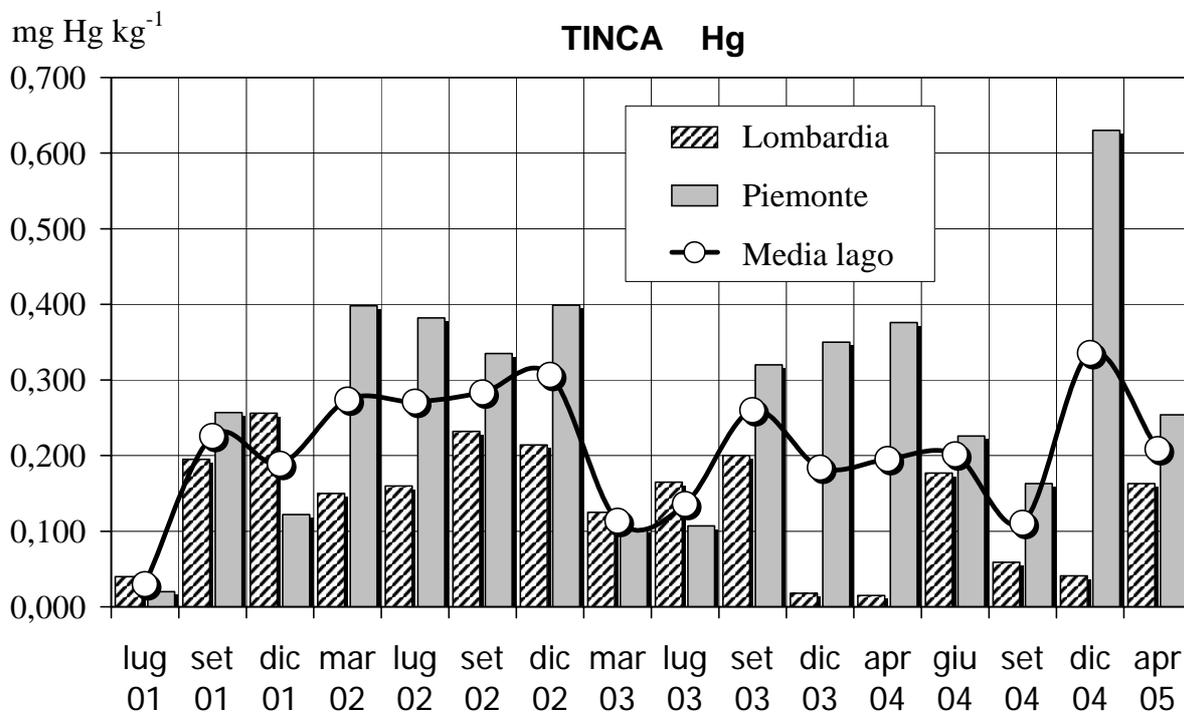


Fig. 7.14. Concentrazioni di mercurio riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

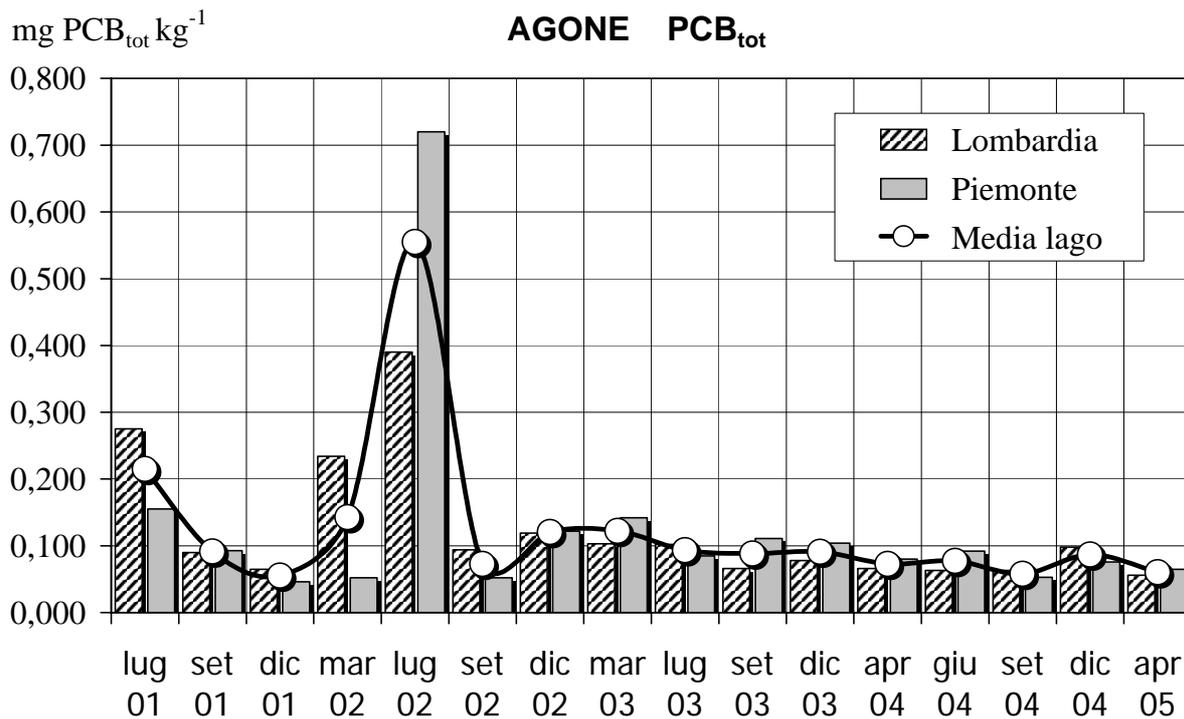


Fig. 7.15. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di agone formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

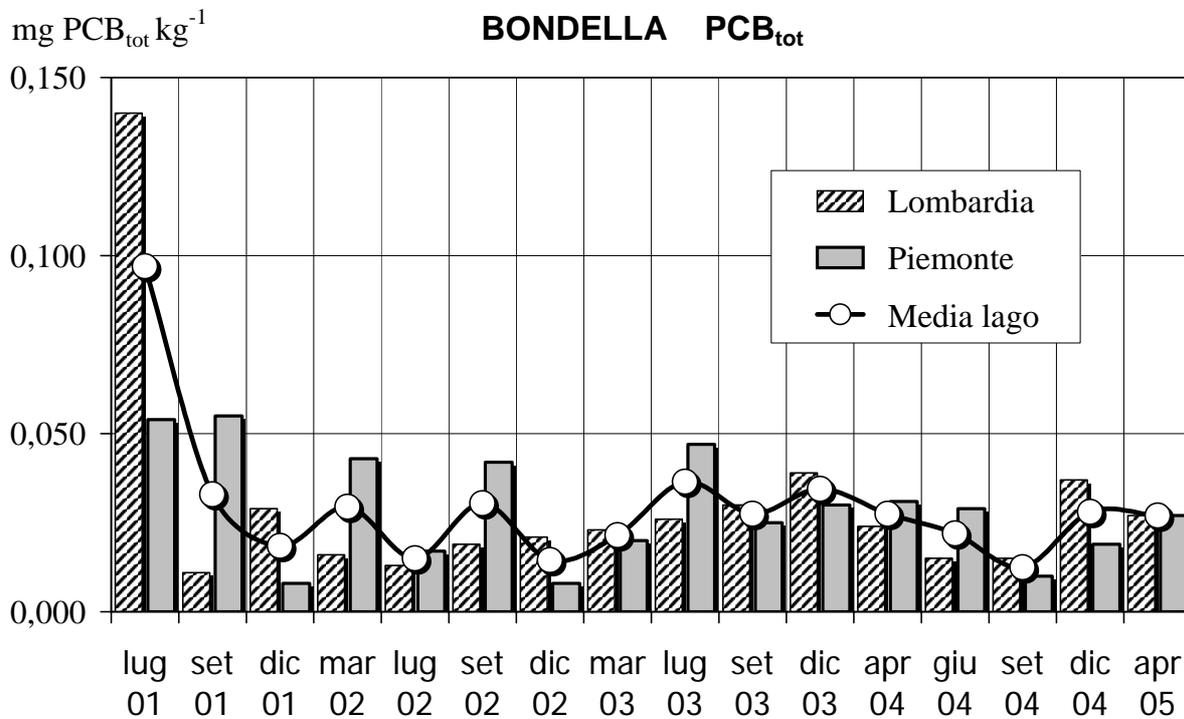


Fig. 7.16. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di bondella formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

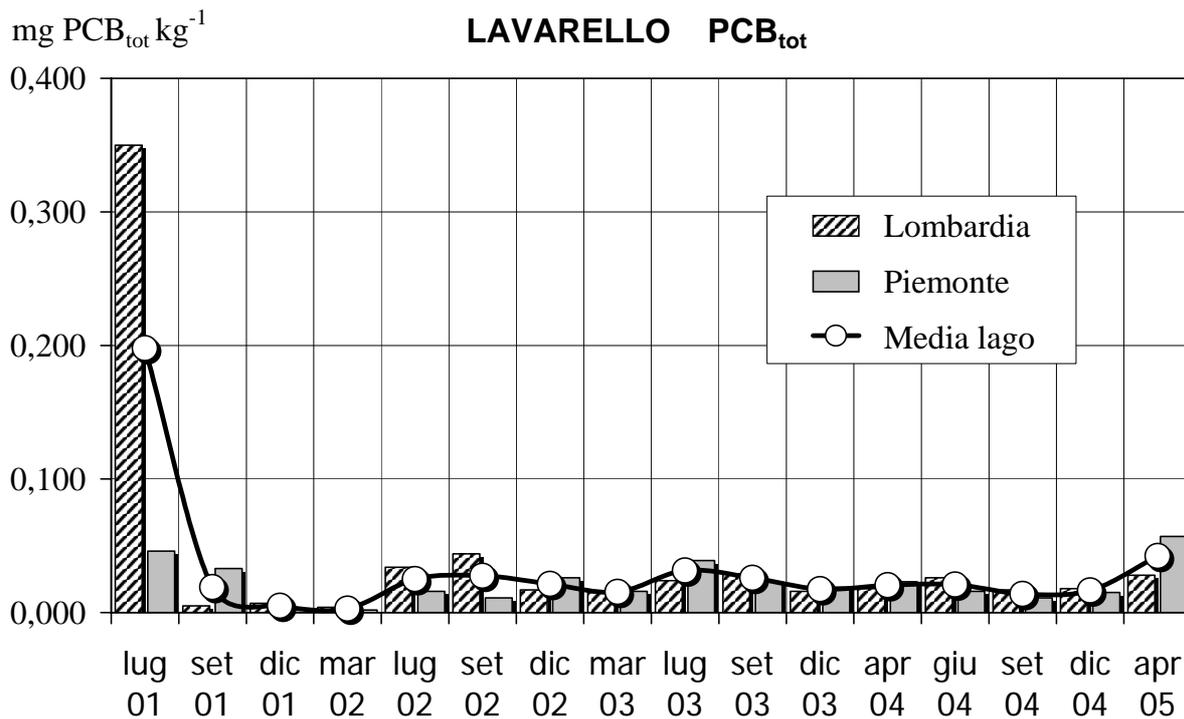


Fig. 7.17. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di lavarello formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

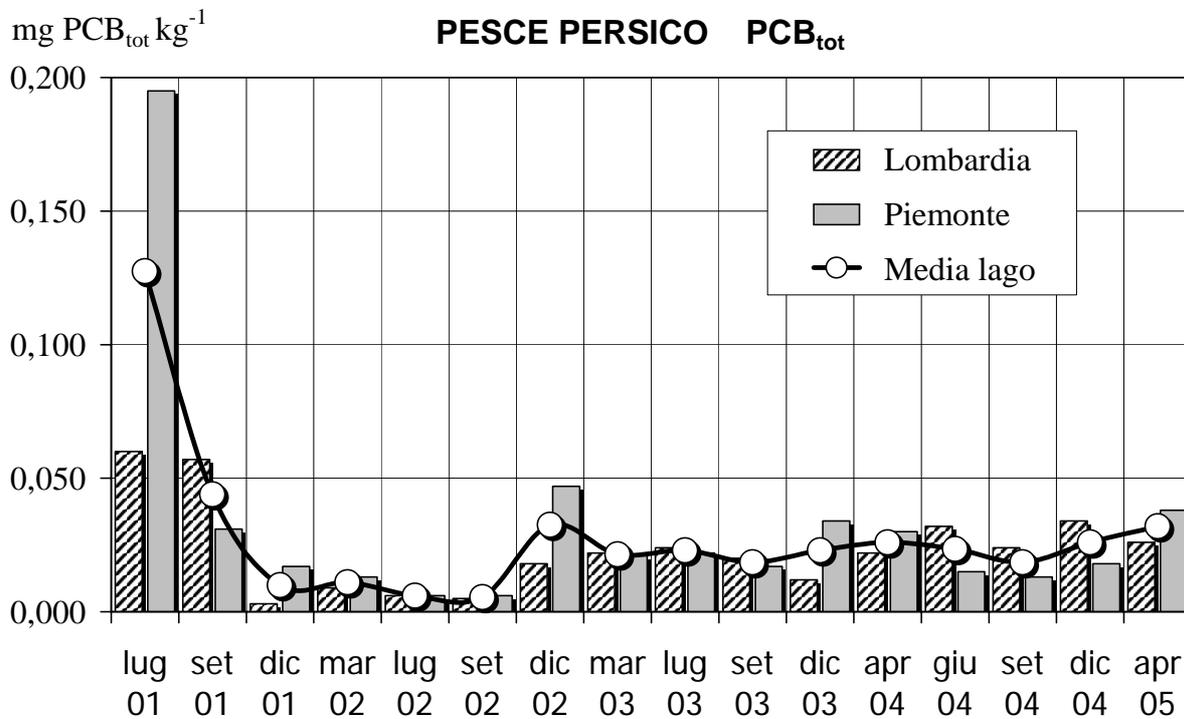


Fig. 7.18. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di pesce persico formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

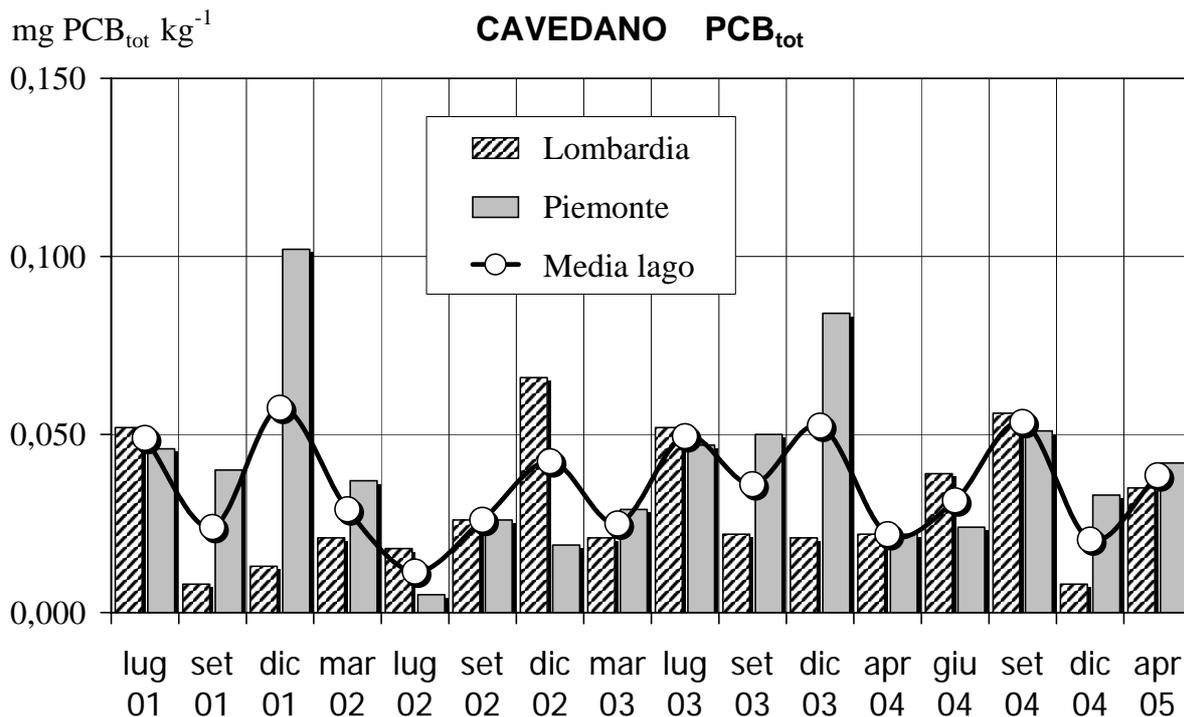


Fig. 7.19. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di cavedano formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

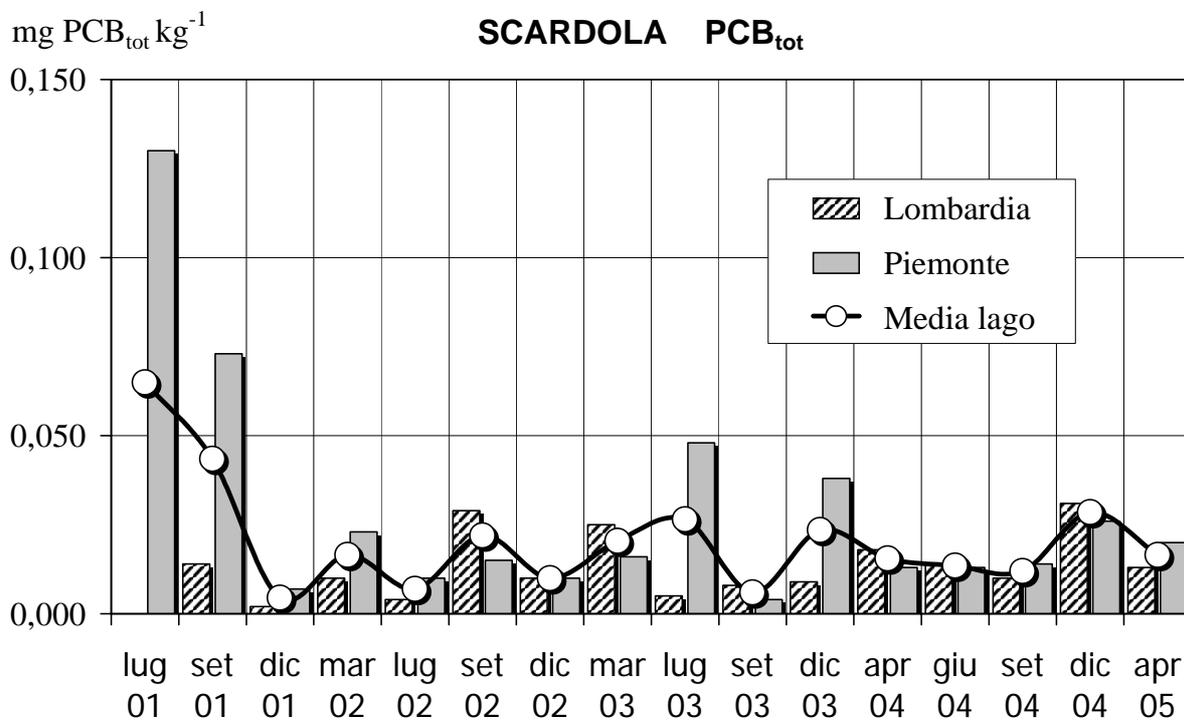


Fig. 7.20. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di scardola formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

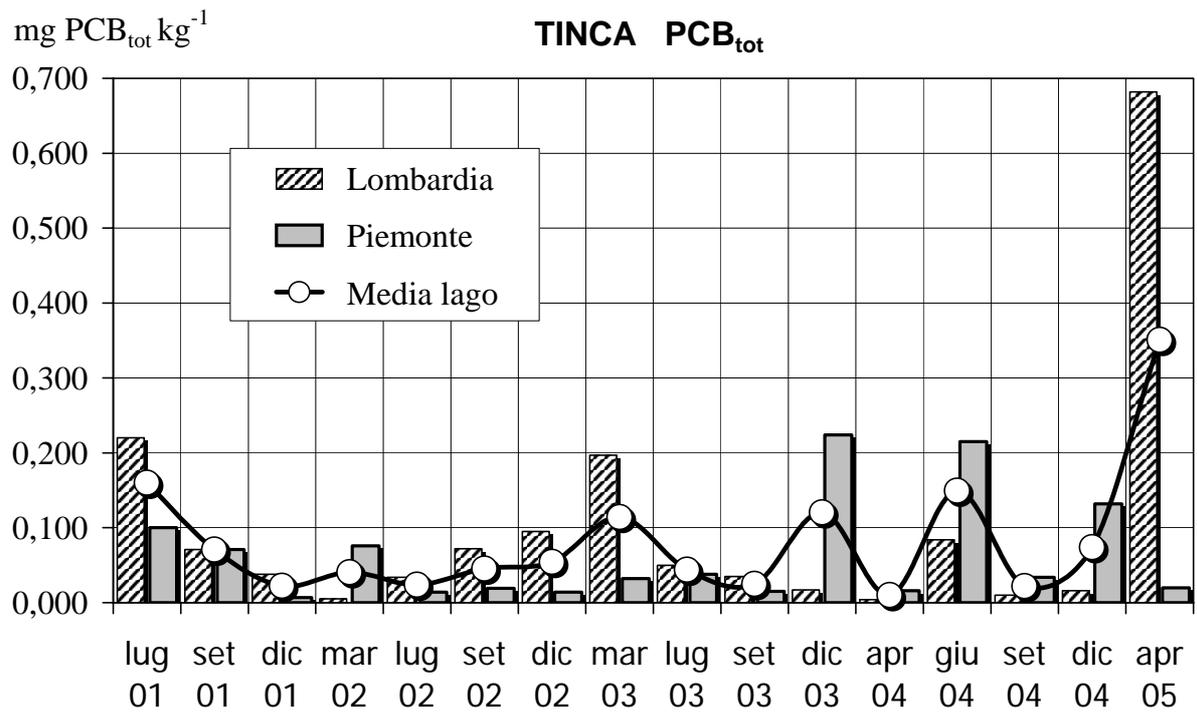


Fig. 7.21. Concentrazioni di PCB totali riscontrate su un campione medio di tinca formato quando possibile da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

8. CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti con la campagna di indagine condotta sulle diverse componenti ecosistemiche del Lago Maggiore tra l'aprile 2004 e il marzo 2005 in merito alla presenza di DDT e di altri contaminanti organici ed inorganici, nonché dal loro confronto con quanto ottenuto dalle campagne analoghe condotte negli anni precedenti, si possono trarre alcune considerazioni di carattere generale, utili a descrivere e ad interpretare il fenomeno della presenza del DDT in questo importante corpo lacustre e della sua evoluzione nel tempo. In particolare, i risultati ottenuti durante l'ultima campagna annuale permettono di dare maggiori conferme sperimentali ad alcune importanti ipotesi formulate in precedenza in merito ai meccanismi di ricarica e redistribuzione del DDT nei vari compartimenti ecosistemici.

Secondo quanto previsto dal programma, si sono svolte ricerche sulla concentrazione di DDT e metaboliti nelle acque lacustri per capire le potenzialità successive di accumulo nella catena alimentare. Il composto parentale pp'DDT non sembra aver subito diminuzioni significative nel corso di quasi tre anni di monitoraggio e altrettanto si può dire per il suo metabolita stabile pp'DDE. Si osservano variazioni delle concentrazioni dovute verosimilmente agli apporti dei fiumi e alla circolazione interna delle acque. Nei momenti di massima contaminazione, che si sono raggiunti a novembre 2003 e a dicembre 2004, la concentrazione media dei DDT totali è stata rispettivamente di 1,4 e 0,8 ng l⁻¹. Dal punto di vista del rischio ecologico, va segnalato che il pp'DDE ha spesso presentato concentrazioni superiori a quelle previste dal Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 367 del 6 novembre 2003 che stabilisce "standard di qualità" da raggiungere entro il 2008 pari a 0,2 ng l⁻¹ per il DDE e il DDT e di 0,3 ng l⁻¹ per il DDD. Preoccupazioni analoghe riguardano anche il pp'DDT, che sebbene mostri concentrazioni stabili e quasi mai superiori a 0,2 ng l⁻¹, genera problemi maggiori dei suoi metaboliti dal punto di vista della potenzialità di bioconcentrazione nei pesci a causa della sua maggiore lipofilia. Per quanto riguarda gli altri composti clororganici, la presenza dei pesticidi riguarda soprattutto la frazione disciolta che è anche quella più biodisponibile. Da ultimo va segnalato che i campioni integrati sembrano dare risultati più attendibili rispetto alle analisi dei campioni singoli e quindi si dovrà valutare in un prossimo futuro l'opportunità di optare su questo sistema d'indagini calibrato in base al profilo termico lacustre.

Un secondo compartimento dell'ecosistema, importante per la sua capacità di memorizzare gli eventi relativi alla presenza dei diversi composti nel lago, è quello dei sedimenti che rappresentano una testimonianza importante dell'evoluzione delle condizioni lacustri. I risultati analitici sui loro strati più superficiali rappresentativi del periodo in studio offrono una discreta panoramica delle tendenze in atto nell'inquinamento da DDT e da altri composti. In particolare, con le indagini dell'ultimo anno condotte nel Bacino di Pallanza si evidenzia che, tra i vari composti organo-clorurati, solo il DDT e i suoi metaboliti sono presenti in concentrazioni significative. Questo fatto è da porre in relazione soprattutto con il trasporto di particelle inquinanti derivanti dal dilavamento dei suoli contaminati del sito industriale di Pieve Vergonte provenienti dal F. Toce. Tali apporti sembrano aver maggiormente e più direttamente influenzato la zona di lago più vicina alla sponda settentrionale, mentre nel resto del bacino le concentrazioni sono più contenute. In questo areale, in base ai risultati ottenuti nell'ultimo quadriennio, risulta comunque evidente una riduzione della contaminazione che tuttavia riguarda soltanto gli anni durante i quali non si sono verificati rilevanti eventi di piena del Toce. Sempre nel Bacino di Pallanza, al contrario, per quanto riguarda i metalli in traccia analizzati (cadmio, mercurio, rame e arsenico), la stazione ubicata in sponda meridionale del bacino in prossimità delle Isole Borromee è risultata quella che presenta i livelli più elevati. Da evidenziare inoltre che in questa stazione

si è osservato un aumento della concentrazione di arsenico rispetto ai valori rilevati negli anni precedenti. Nelle altre due stazioni appaiono in diminuzione cadmio e mercurio mentre rimangono stazionari rame e arsenico.

Se si considera l'asse longitudinale del lago da Nord a Sud, si può osservare che la carota raccolta nel bacino svizzero presenta una contaminazione da composti organo-clorurati minore rispetto a quelle raccolte nella zona centrale e meridionale del lago, anche se in essa si è rilevato un aumento della concentrazione di DDT totale. Un aumento della concentrazione di DDT nei sedimenti, d'altra parte, è stato osservato anche nella carota raccolta nella parte più meridionale del lago, zona in cui risultano più significativi i prodotti della degradazione del DDT. In questo caso, appare evidente che tale aumento, più significativo negli anni recenti, sia da imputare ad un trasporto di materiale particellato dall'area centrale del lago verso l'emissario. I risultati ottenuti mostrano altresì che il DDT totale è progressivamente crescente da Nord a Sud, a partire da una concentrazione di 17 ng g^{-1} nella parte settentrionale, che quasi raddoppia in quella centrale (30 ng g^{-1}), per poi incrementarsi di oltre otto volte nella zona meridionale (143 ng g^{-1}). La contaminazione da altri insetticidi organo-clorurati è invece trascurabile e quella da PCB risulta di $10\text{-}20 \text{ ng g}^{-1}$, valori leggermente più alti di quelli misurati nel Bacino di Pallanza. Nel caso dei metalli si è riscontrata una distribuzione più complessa e differenziata per i diversi elementi: i valori più alti per arsenico, cadmio e mercurio sono stati misurati nella parte meridionale, a conferma del trasporto progressivo del materiale particellato verso l'incile del lago. Nel bacino centrale si sono riscontrate le concentrazioni più elevate di mercurio, pari al livello di probabile effetto, mentre sono risultate più basse quelle di arsenico e intermedie quelle di cadmio e rame. I sedimenti della zona settentrionale hanno presentato valori costanti per cadmio e rame rispetto al periodo precedente, segnalando tuttavia un aumento per l'arsenico nello strato più superficiale; inoltre l'areale in questione ha riconfermato di essere il meno contaminato da mercurio, anche se i valori di questo elemento sembrano in leggera crescita.

Anche durante gli ultimi anni di indagini si è continuata l'attività di ricerca sulla contaminazione presentata dai principali tributari del lago, onde verificare la loro importanza nel trasporto di inquinanti all'ambiente lacustre. Dai risultati ottenuti si può affermare che per la maggior parte dei tributari la contaminazione da DDT è contenuta ed è proporzionale all'arricchimento in carbonio organico del sedimento. Al contrario per Toce, Boesio e Ticino emissario si assiste ad un arricchimento del sedimento in livelli di DDT rispetto al contenuto in carbonio organico. Nel caso del Toce ciò può essere probabilmente avvenuto per il dilavamento dei suoli contaminati di Pieve Vergonte; per il Boesio, ai consistenti lavori di disalveamento e di sistemazione delle rive avvenuti durante l'estate del 2004; per il Ticino emissario, a causa della propagazione verso l'emissario del materiale fine sedimentato. Per quanto concerne i PCB, la contaminazione dei tributari, se normalizzata rispetto al contenuto di carbonio organico, è per lo più simile. Per questi composti i livelli maggiori sono stati osservati nel Ticino emissario e potrebbero essere imputabili anche alla presenza di altre fonti locali di contaminazione oltre che al trasporto dei sedimenti già menzionato.

Anche durante il periodo in studio, gli apporti dell'insetticida e di altri composti organici dovuti alle precipitazioni atmosferiche sono apparsi non trascurabili. Nel caso del DDT totale, è emerso che la stazione di Pallanza, rispetto alle altre, ha presentato le concentrazioni più elevate, con una larga prevalenza di pp'DDT e pp'DDE tra i diversi metaboliti ed isomeri. Anche gli apporti di DDT totale, espressi in termini di carico per unità di superficie, sono risultati i più consistenti. Essi sono simili a quelli misurati nell'anno precedente, risultando la metà di quelli determinati nel 2002-2003 ed appena un quarto rispetto ai valori del 2001-2002. Sotto l'aspetto della qualità delle precipitazioni atmosferiche vanno inoltre sottolineate le evidenze negative emerse dalle analisi eseguite nella stazione in

alta quota di Robiei. Essa è infatti caratterizzata da un carico di DDT pari a circa un terzo di quello misurato a Pallanza, con una prevalente presenza di pp'DDT e pp'DDE. L'arricchimento rispetto alle stazioni in quota di Alpe Devero e di pianura di Locarno Monti è significativo visto che per queste due località si è invece accertato un carico annuale di un ordine di grandezza più basso, con qualche sporadico segnale di inquinamento da pp'DDT. Per quanto concerne il lindano, la stazione di Robiei ha mostrato un carico del 50% più alto di quello di Pallanza, doppio rispetto a quello di Alpe Devero e tre volte quello di Locarno Monti a riconferma, come già osservato nel 2001-2002, del meccanismo di trasporto dei composti organoclorurati più volatili per evaporazione – condensazione (CIP AIS, 2002). Infine, questa stessa stazione, a differenza delle altre, ha evidenziato anche un carico annuale molto elevato di PCB, pari a ben 13 ng cm⁻², a causa di una rilevante contaminazione osservata nei campioni di marzo e aprile 2005 prelevati dopo un lungo periodo di assenza di precipitazioni.

Relativamente ai principali indicatori biologici presi in considerazione nello studio, i risultati ottenuti mediante il biomonitoraggio con *Dreissena polymorpha* hanno confermato che, in assenza di eventi meteorologici particolari come le alluvioni avvenute nel 2000 e 2002, la contaminazione da parte del DDT sembra essere abbastanza stabile. Nonostante ciò, si è potuto evidenziare come l'intero bacino del Verbano rappresenti un'area a forte rischio ambientale in quanto, in presenza di qualunque perturbazione esterna, esiste il rischio concreto di riportare a lago una contaminazione antica, accumulata nei sedimenti degli immissari o nei suoli, come testimoniato dall'aumento dell'inquinamento da DDT nella parte centrale del lago, a causa dei lavori eseguiti sul T. Boesio. I dati di DDT misurati nel Verbano nel 2004 confermano, inoltre, il calo osservato già a partire dal 2003 (CIP AIS, 2004), successivo agli elevati livelli osservati nel biennio 2001-2002, nel quale la contaminazione da DDT aveva raggiunto e addirittura superato quelli riscontrati nei paesi in via di sviluppo (Tanabe *et al.*, 2000), dove tale insetticida viene ancora utilizzato per combattere gli insetti vettori di malattie e, illegalmente, in numerose pratiche agricole. Il dato preoccupante, però, è che analizzando meglio i dati delle due stazioni "storiche" possiamo notare come la contaminazione riscontrata nel 2003 e 2004 sia esattamente paragonabile a quella degli anni 1998 e 2000, antecedenti cioè gli eventi alluvionali, e addirittura maggiore dell'inquinamento rilevato nel 1999. Ciò significa che non sembra esserci una reale regressione della contaminazione da DDT, ma una semplice tendenza a mantenersi attorno ad un certo valore di concentrazione, ben lontano da quello considerato di *background*, misurato negli altri grandi laghi italiani subalpini (Binelli & Provini, 2003). Sarà quindi indispensabile prestare ancora particolare attenzione alle diverse fonti di contaminazione che gravitano sul bacino imbrifero, soprattutto in considerazione del futuro completamento della bonifica del sito industriale di Pieve Vergonte.

Le stesse considerazioni valgono per quanto rinvenuto nella stazione di Fondo Toce nelle uova di svasso maggiore, uccello ittiofago, considerato rappresentativo dei predatori terminali. Infatti, anche per questo bioindicatore non si può parlare di un vero e proprio calo della contaminazione nel tempo, ma di fluttuazioni che oscillano attorno a valori di contaminazione da DDT totali in ogni caso più elevati e all'incirca doppi rispetto a quelli della stazione di riferimento sulle rive del Garda (Desenzano). Tuttavia, nelle uova raccolte in quest'ultima località, sono emersi valori preoccupanti dei PCB, che hanno mostrato una mediana delle concentrazioni di oltre 2,5 volte più alta dei contenuti registrati a Fondo Toce sul Lago Maggiore. Ne consegue quindi che la stazione del Garda è assai problematica e poco indicata come area di riferimento per uno studio finalizzato all'individuazione degli effetti del DDT di assottigliamento del guscio delle uova di svasso, proprio per il fatto che un'analoga influenza negativa può derivare dagli alti livelli di PCB osservati.

Dai risultati ottenuti dalle analisi condotte sulle diverse specie ittiche, risulta che le concentrazioni di DDT rinvenute si collocano su valori simili a quelli ritrovati l'anno precedente, confermando un leggero trend alla diminuzione osservata nel 2003. Le maggior contaminazioni riguardano le specie più ricche di grassi quali l'agone, oppure di età più avanzata. Da rilevare a questo proposito come gli elevati valori di DDT e mercurio ritrovati nella tinca sono quasi certamente attribuibili al fatto che per questa specie si sono analizzati esemplari di grande taglia, che quindi hanno potuto accumulare gli inquinanti per lungo tempo rispetto alle altre specie ittiche. Anche nel corso del periodo in studio sono state evidenziate fluttuazioni stagionali legate al ciclo biologico delle diverse specie e al verificarsi di particolari situazioni idrologiche. In ogni caso, per tutte le sette specie analizzate, si può affermare che il fenomeno di contaminazione da DDT sembra essersi stabilizzato su valori inferiori o prossimi ai limiti di consumo alimentare umano vigenti in Italia. Un'ulteriore diminuzione avverrà compatibilmente con la lenta degradazione di questo composto e dei suoi metaboliti, mentre è sempre presente il rischio di una repentina ricrescita associata ad eventi alluvionali e di piena.

Del resto, pur in presenza di alcuni segni di una modesta regressione relativamente ai composti abiotici, le concentrazioni di DDT attualmente rilevate nell'acqua e nei sedimenti sono ancora sufficienti per mantenere attivo l'accumulo nel tessuto degli organismi fino ai contenuti riscontrati. In effetti, se è vero che nell'ultimo triennio, dopo i forti incrementi del 2001 e 2002, si è constatato un calo nei pesci e nelle altre componenti biologiche dell'ecosistema fino a raggiungere i livelli mediamente riscontrati nel 1998 (CIPAIS, 1999), è pure indubitabile che eventuali fenomeni di precipitazioni intense, soprattutto derivanti dal bacino del Toce, possono rappresentare una nuova importante fonte di ricarica del sistema, come già avvenuto in passato, prolungando nel tempo il persistere di questa forma di inquinamento. Altri rischi per il futuro potrebbero essere legati alle azioni di bonifica che, se non condotte con le opportune cautele, potrebbero mettere in ciclo del DDT storico accumulato nei siti industriali. Risulta pertanto evidente la necessità di continuare con le indagini in corso, al fine di monitorare con accuratezza l'evolversi del fenomeno, pronti ad adattare le ricerche stesse all'approfondimento di eventuali processi che si dovessero mettere in luce, sia in relazione ai processi di degradazione del DDT che ai suoi diversi meccanismi di rifornimento a lago.

Bibliografia

- Binelli, A. & A. Provini. 2003. DDT is still a problem in developed Countries: the heavy pollution of Lake Maggiore. *Chemosphere*, 52 (4): 717-723.
- CIPAIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 81 pp.
- CIPAIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2001 - Marzo 2002*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 89 pp.
- CIPAIS. 2004. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale Aprile 2003 - Marzo 2004*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 78 pp.
- Tanabe, S., Prudente, M. S., Kan-attireklap, S. & A. Subramanian. 2000. Mussel watch: marine pollution monitoring of butyltins and organochlorines in coastal water of Thailand, Philippines and India. *Oc. Coast. Manag.* 43: 819-839.