



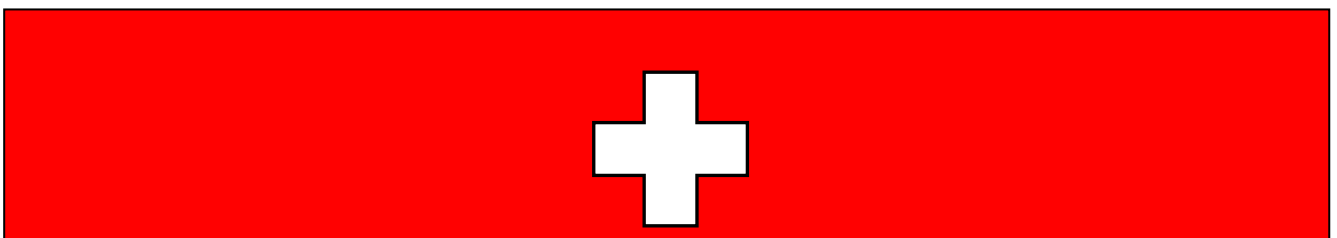
Commissione Internazionale
per la protezione delle acque italo-svizzere

Monitoraggio della presenza del DDT e di altri
Contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore

RAPPORTO ANNUALE
APRILE 2002 – MARZO 2003

Edito a cura a cura di A. Calderoni

Pallanza 2003



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 2002 – MARZO 2003**

Edito a cura di A. Calderoni

Pallanza 2003

INDICE

1. PRESENTAZIONE	1
<i>(A. Calderoni & R. de Bernardi)</i>	
2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI	3
<i>(S. Galassi, P. Volta & F. Ciceri)</i>	
3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI	8
3.1. Campionamento, preparazione dei campioni per le analisi di DDT e correlazione tra carote mediante studio diatomologico	8
<i>(A. Marchetto, P. Guilizzoni & A. Lami)</i>	
3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore	12
<i>(L. Guzzella, M. Camusso, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
4. APPORTI DI CONTAMINANTI DAL BACINO DEL FIUME TOCE	22
<i>(A. Calderoni, G. Fornara, G. Negro & M. Turco)</i>	
5. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI	27
<i>(L. Guzzella, C. Roscioli & A. De Paolis)</i>	
6. RICERCHE SULLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE	39
<i>(L. Guzzella, C. Roscioli, A. De Paolis, R. Mosello, M. Veronesi, A. Barbieri & A. Pranzo)</i>	
7. MONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DA DDT NEL LAGO MAGGIORE MEDIANTE L'ANALISI DI ORGANISMI INDICATORI	49
7.1. Biomonitoraggio con molluschi	49
<i>(A. Binelli & F. Ricciardi)</i>	
7.2. Biomonitoraggio con uova di svasso maggiore.....	52
<i>(S. Galassi & N. Saino)</i>	
8. INDAGINI SUL COMPARTO ITTICO	54
<i>(M.R. Bertola & E. Bielli)</i>	
9. CONCLUSIONI	64
<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 Luciana Nobili per la preziosa assistenza fornita durante tutte le fasi del presente lavoro, nonché Stefano Vanetti per il valido supporto tecnico nelle operazioni di campagna.

1. PRESENTAZIONE

Tra l'aprile 2002 ed il marzo 2003 le indagini per la valutazione del contenuto del DDT e di altri inquinanti nei diversi comparti biotici ed abiotici del Lago Maggiore e dei suoi principali tributari sono proseguite regolarmente secondo quanto previsto dal progetto esecutivo per il "Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminati nell'ecosistema Lago Maggiore" approvato nel marzo 2001 dalla Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere. A variazione ed in aggiunta alle indicazioni del programma originario di ricerche quinquennali, sono state tuttavia approvate dalla Commissione stessa le seguenti modifiche:

- rinuncia alle determinazioni dei composti del DDT nelle acque campionate alla foce dei principali tributari del lago e sul Ticino emissario a causa delle modestissime concentrazioni riscontrate nelle indagini precedenti, spesso inferiori ai limiti di rilevabilità; sostituzione di tali ricerche con analisi delle acque lacustri prelevate stagionalmente a diverse profondità, da Nord a Sud, nelle stazioni di Ghiffa, Pallanza e Lesa;
- continuazione anche per la campagna 2002 del campionamento ed analisi stagionale di un pool d'individui di *Dreissena polymorpha* nelle stazioni di Baveno e di Villa Taranto, in modo da verificare se gli elevati valori di DDT osservati nello studio precedente, probabilmente dovuti alla piena eccezionale dell'ottobre 2000, si sarebbero mantenuti tali o avrebbero presentato significative ed importanti diminuzioni;
- conferma del proseguimento del monitoraggio del contenuto di mercurio nelle stesse specie ittiche indagate per il DDT tramite aggiornamento del contratto con ARPA Dipartimento provinciale di Novara;
- allargamento delle ricerche sui PCBs nei sedimenti alla foce dei principali tributari del Lago Maggiore al Torrente Boesio e al Fiume Bardello.

Inoltre la Regione Piemonte, accogliendo le istanze della Commissione, ha messo a disposizione i risultati delle proprie indagini condotte nel 2002 tramite ARPA, dipartimenti provinciali di Novara e del VCO, sul sistema idrico a valle dell'insediamento industriale di Pieve Vergonte con il duplice obiettivo di valutare la compromissione ambientale del Fiume Toce e di stimare gli apporti al Lago Maggiore di DDT, mercurio ed esaclorobenzene (HCB).

Complessivamente, i comparti ambientali dell'ecosistema Lago Maggiore sui quali sono state effettuate le ricerche nel secondo anno di indagini sono qui di seguito elencati insieme con una sintetica descrizione delle attività svolte.

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

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

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

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

Precipitazioni atmosferiche: raccolta di campioni ponderati settimanali in due stazioni italiane (Pallanza e Devero) e svizzere (Stabbio 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 con frequenza mensile nel Golfo Isole Borromeo; analisi di DDT su uova di svasso maggiore raccolte a Fondo Toce, Bolle Magadino, Angera.

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.

Nel presente rapporto vengono pertanto riportati e commentati gli esiti degli studi condotti tra aprile 2002 e marzo 2003 dai seguenti esecutori delle ricerche:

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

2. CONTAMINANTI NELLE ACQUE LACUSTRI

Nel corso del 2002-2003, si è passati, previa approvazione del gruppo di ricerca e della Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere, all'analisi dell'acqua del lago invece di quella dei tributari, come era stato inizialmente stabilito, in quanto la maggior parte dei campioni prelevati nei tributari mensilmente nel precedente anno di campionamento mostrava concentrazioni molto basse di contaminanti, spesso al di sotto dei limiti di rilevabilità. Lo scopo dell'analisi delle acque del lago, prelevate in diverse situazioni di stratificazione nelle stazioni di Ghiffa, Pallanza e Lesa, è quello di valutare l'eventuale rilascio del carico interno di DDT e composti omologhi accumulati nei sedimenti e di valutare le variazioni di concentrazione in acqua e nel particolato sospeso alle diverse profondità e in diversi periodi stagionali. Nel 2002 i campionamenti sono stati effettuati in giugno e in ottobre e nel 2003 in maggio-giugno. Era stato previsto un campionamento a febbraio ma è stato sostituito da un campionamento del Toce e delle acque della Baia di Pallanza che è stato effettuato in novembre 2002 in seguito al verificarsi di un fenomeno di piena.

A giugno 2002 è stato possibile determinare i pesticidi clorurati solo nei campioni prelevati nella colonna d'acqua di Ghiffa in quanto a Pallanza e Lesa erano presenti sostanze interferenti con l'analisi, dovute probabilmente a inquinanti di varia natura trasportati dalle acque del Toce in cui si è verificata una piena di notevole entità in maggio. I risultati delle analisi dei singoli campioni, prelevati a varie profondità sono riportati nella Tabella 2.1 insieme all'andamento della temperatura. Il profilo della concentrazione del pp'DDE e della temperatura è riportato nel grafico della Fig. 2.1. Per aumentare la sensibilità analitica, i campioni corrispondenti a epilimnio e ipolimnio sono stati integrati e in questo caso è stato possibile determinare un maggior numero di pesticidi clorurati (Tabella 2.2).

La concentrazione del pp'DDE è generalmente più elevata nell'epilimnio, l'unico campione ipolimnico contenente pp'DDE sopra il limite di rilevabilità (pari a $0,05 \text{ ng l}^{-1}$ per i campioni singoli e $0,01 \text{ ng l}^{-1}$ per quelli integrati) era quello vicino al fondo, che probabilmente risente direttamente del rilascio dai sedimenti. Il pp'DDT, composto parentale è presente solo in alcuni campioni dell'epilimnio a concentrazioni inferiori a quelle del pp'DDE. Anche gli altri isomeri e metaboliti erano presenti in modo sporadico a concentrazioni molto basse.

Nella Tabella 2.3 vengono riportati i risultati delle analisi dei campioni prelevati a Ghiffa nel mese di ottobre 2003, mentre quelli dei campioni integrati per la medesima stazione sono mostrati nella Tabella 2.4. Analogamente, i risultati dei campioni singoli di Pallanza e Lesa vengono riportati nella Tabella 2.5 e quelli dei campioni integrati nella Tabella 2.6. Se in giugno la concentrazione del pp'DDE, principale composto della serie dei DDT rinvenuto nelle acque del lago, sembrava seguire il profilo della temperatura (Fig. 2.1), in ottobre solo a Lesa e Pallanza si osservano concentrazioni più elevate nella zona dell'epilimnio mentre a Ghiffa l'andamento sembra del tutto casuale (Figg. 2.2 e 2.3). In ogni caso, le acque dello strato più superficiale (30 m) della colonna d'acqua di Pallanza sembrano essere più contaminate da pp'DDE rispetto a quelle di Ghiffa e Lesa. Quest'ultima risulta essere la meno contaminata delle tre stazioni.

Nel novembre 2003, in concomitanza con la piena del Fiume Toce, è stato eseguito un campionamento sia delle acque del fiume sia di quelle del lago nella Baia di Pallanza. Come si può osservare dai risultati riportati nella Tabella 2.7, la contaminazione da pp'DDE è maggiore nel lago rispetto alle acque del Toce e a Pallanza si osserva un leggero incremento della concentrazione di pp'DDE rispetto al mese precedente. Si deve notare, tuttavia, che nelle acque del Toce era ancora presente pp'DDT parentale trasportato dal materiale in sospensione.

Tabella 2.1. Risultati delle analisi della colonna d'acqua a Griffa del 13 giugno 2002.

profondità	pp'DDE (ng l ⁻¹)		pp'DDT (ng l ⁻¹)		temperatura
	<i>disciolto</i>	<i>particellato</i>	<i>disciolto</i>	<i>particellato</i>	
m					°C
0	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	19,50
5	0,16	<0,05	0,07	<0,05	15,61
10	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	12,52
20	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	11,00
50	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	7,51
100	0,09	0,06	0,08	<0,05	6,72
150	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	6,62
200	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	6,61
250	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	6,59
300	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	6,59
350	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	6,58

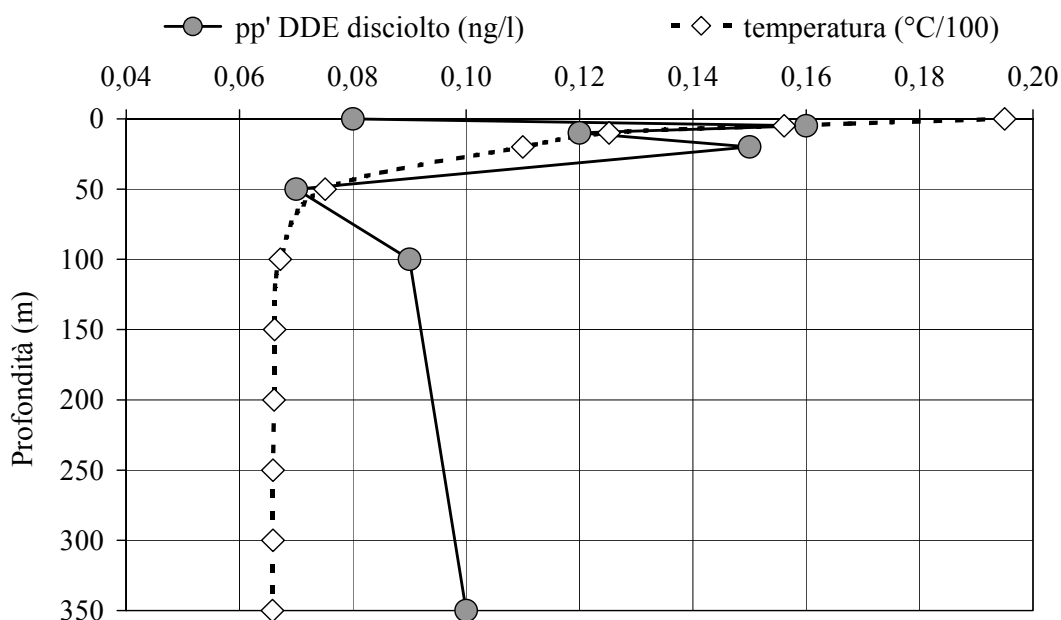


Fig. 2.1. Andamento della concentrazione del pp'DDE con la profondità a Griffa in giugno 2002.

Tabella 2.2. Contaminanti (ng l⁻¹) in campioni integrati raccolti in epi- ed ipolimnio nella stazione di Griffa nel giugno 2002.

	integrato (0-5-20 m)		integrato (150-200-250-300 m)	
	<i>disciolto</i>	<i>particellato</i>	<i>disciolto</i>	<i>particellato</i>
op'DDE	interferenze	<0,01	0,04	0,01
pp'DDE	0,18	<0,01	<0,01	0,03
op'DDD	0,06	<0,01	interferenze	0,05
pp'DDD	<0,01	0,03	0,02	0,01
op'DDT	0,04	<0,01	0,04	0,01
pp'DDT	0,04	<0,01	<0,01	0,01
HCB	0,06	0,02	0,02	0,02
lindano	0,15	0,01	0,09	0,01

Tabella 2.3. Concentrazioni (ng l⁻¹) misurate a Ghiffa nell'ottobre 2002.

Profondità	disciolto		particellato	
	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT
0	0,06	<0,05	0,07	<0,05
5	0,09	<0,05	<0,05	<0,05
10	0,08	<0,05	0,18	<0,05
20	0,12	<0,05	0,12	<0,05
30	0,25	<0,05	0,13	<0,05
50	0,18	<0,05	0,07	<0,05
100	0,11	<0,05	<0,05	<0,05
150	0,20	<0,05	<0,05	<0,05
200	0,23	<0,05	0,05	<0,05
250	0,12	<0,05	0,10	<0,05
300	0,30	0,05	<0,05	<0,05
350	0,13	<0,05	<0,05	<0,05

Tabella 2.4. Risultati delle analisi di contaminanti in campioni integrati (ng l⁻¹) raccolti nella stazione di Ghiffa nell'ottobre 2002.

	disciolto			particolato		
	0-30 m	50 m	100-350 m	0-30	50 m	100-350m
op'DDE	0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01
pp'DDE	0,16	0,18	0,21	0,18	0,07	0,09
op'DDD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pp'DDD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
op'DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd
pp'DDT	0,03	0,02	0,01	0,01	<0,01	<0,01
alfa-HCH	0,05	0,09	0,13	0,01	0,50	<0,01
beta-HCH	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03	<0,01
gamma-HCH	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
delta-HCH	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HCB	0,06	0,06	0,08	0,07	0,06	0,05

Tabella 2.5. Contaminanti (ng l⁻¹) in campioni prelevati nelle stazioni di Pallanza e Lesa nell'ottobre 2002.

profondità	PALLANZA				LESA			
	disciolto		particolato		disciolto		particolato	
	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT
0	0,11	<0,05	0,10	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
5	0,19	<0,05	0,05	<0,05	0,12	<0,05	<0,05	<0,05
10	0,14	<0,05	0,06	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
20	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
30	0,28	0,07	0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
50	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	0,05	<0,05
100	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	<0,05	<0,05
150	0,09	<0,05	0,07	<0,05				

Tabella 2.6. Contaminanti (ng l⁻¹) nei campioni integrati raccolti nelle stazioni di Pallanza e Lesa nell'ottobre 2002.

	PALLANZA				LESA	
	disciolto		particellato		disciolto	particellato
	0-30 m	50-150 m	0-30 m	50-150 m	0-100 m	0-100 m
op'DDE	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pp'DDE	0,25	0,11	0,05	0,03	0,14	0,03
op'DDD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pp'DDD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
op'DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd
pp'DDT	0,05	0,02	<0,01	<0,01	0,01	0,01
alfa-HCH	0,09	0,16	0,01	0,01	0,03	0,01
beta-HCH	0,05	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
gamma-HCH	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
delta-HCH	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HCB	0,06	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03

Tabella 2.7. Analisi delle acque del Fiume Toce e della Baia di Pallanza in occasione della piena del novembre 2003 (ng l⁻¹).

	piena F. Toce		Baia di Pallanza (0-30 m)	
	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT
disciolto	0,16	<0,05	0,38	0,05
particellato	0,10	0,57	<0,01	<0,01

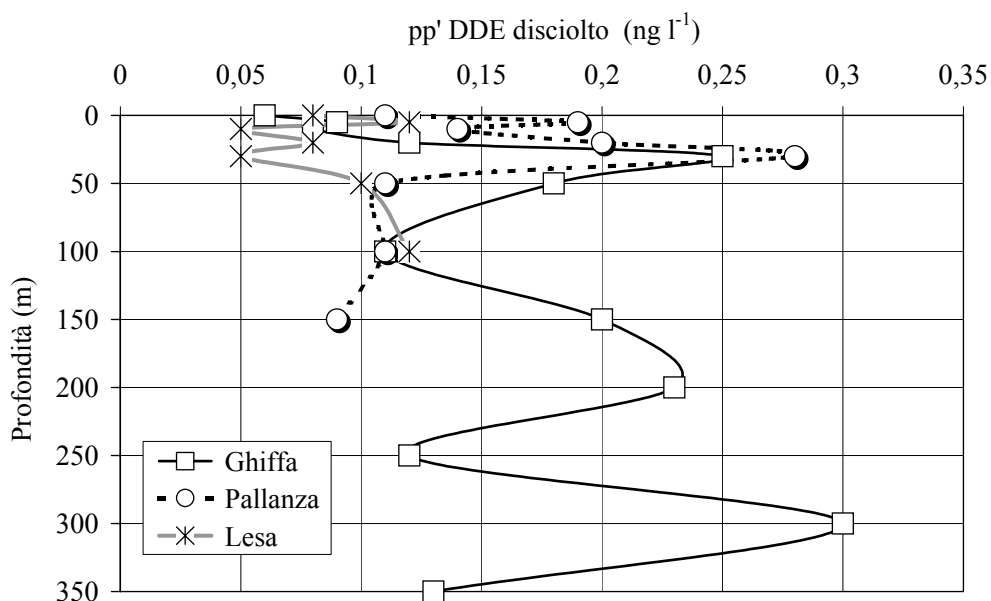


Fig. 2.2. Andamento delle concentrazioni di pp'DDE con la profondità in ottobre 2002 nelle stazioni di Ghiffa, Pallanza e Lesa.

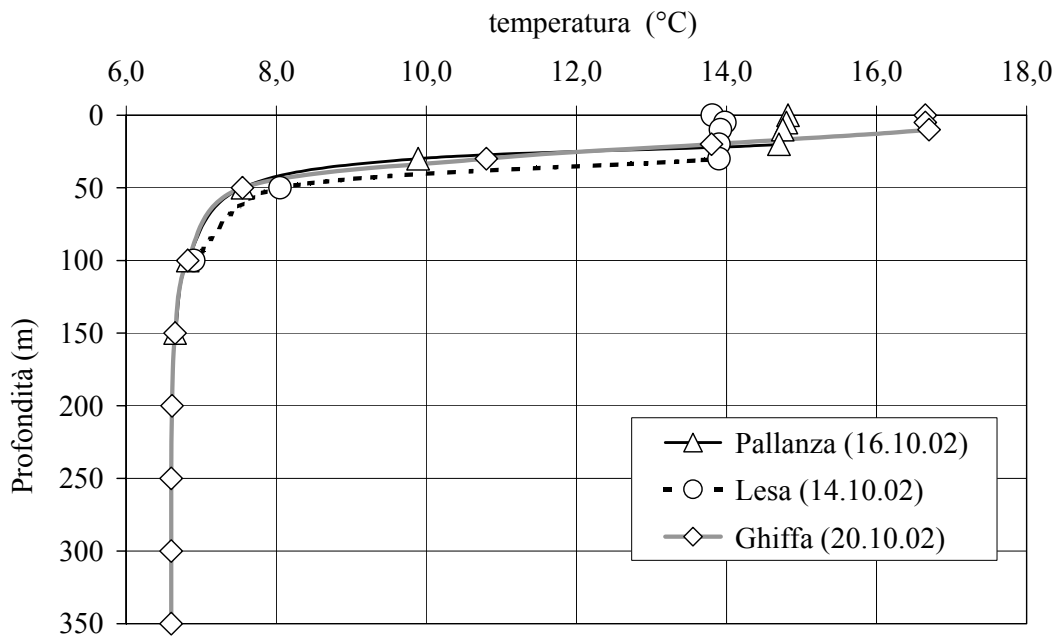


Fig. 2.3. Profili delle temperature in ottobre 2002 nelle stazioni di Ghiffa, Pallanza e Lesa.

3. INDAGINI SUI SEDIMENTI LACUSTRI

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

Dall'aprile 2002 al maggio 2003, è stato effettuato il previsto campionamento secondo le modalità qui di seguito riportate. Per il bacino di Pallanza (frequenza di campionamento bi-annuale) sono state selezionate le seguenti stazioni¹: 13, 17 e 16 (Tabella 3.1.1; Fig. 3.1.1), mentre per la rimanente parte di lago si è stabilito di campionare le aree corrispondenti alle stazioni già denominate 30b, 32b e 27 negli studi precedenti condotti nel corso del 2001 (frequenza di campionamento annuale; Tabella 3.1.2). I criteri di scelta di tali stazioni sono stati descritti in precedenti relazioni. Il primo campionamento relativo al secondo anno di contratto (aprile 2002-aprile 2003) è stato condotto nel mese di agosto e dal 10 settembre-12 settembre 2002. Si sono raccolte carote in tre stazioni del bacino di Pallanza (13, 16, 17) e tre (30, 32, 27) lungo l'asse principale del lago (Figg. 3.1.1 e 3.1.2). Il secondo campionamento è stato effettuato, per il solo bacino di Pallanza, il 13 marzo 2003.

Tutte le carote sono state tagliate, fotografate e sub-campionate in sezioni di sedimento in funzione della velocità di sedimentazione. I risultati delle analisi di composti organoclorurati e di metalli in traccia relative ai campioni di sedimento più superficiali sono riportati nel successivo capitolo 3.2. In ogni carota si sono condotte anche le previste analisi di diatomee sub-fossili al fine di una loro datazione indiretta e per una loro correlazione.

Alcune carote (es. 17 e 27) prelevate nelle medesime stazioni degli anni precedenti hanno rivelato una sedimentazione differente, vale a dire molto più bassa (0,17 cm a⁻¹; Tabella 3.1.3) di quelle relative agli anni precedenti. Ciò ha comportato un diverso piano di sub-campionamento al fine di un prelievo della sezione di sedimento in conformità con la velocità di sedimentazione. Per tutte le altre carote il tasso di sedimentazione è molto simile. In alcune carote si è notata la presenza di uno strato di torbida riferibile all'evento alluvionale dell'ottobre del 2000 (cf. Tabella 3.1.3). A questo strato se n'è depositato un altro contenente un successivo importante evento di piena avvenuto nel novembre 2002. In 16 giorni sono stati misurati 814,8 mm di pioggia (359, 8 mm in soli tre giorni, dal 14 al 16 novembre).

Tabella 3.1.1. Stazioni di campionamento dei sedimenti per gli anni 2002-2003 nel bacino di Pallanza. Le velocità di sedimentazioni sono state calcolate con vari metodi negli studi condotti precedentemente.

Stazioni	13 (Baveno)	16	17 (Suna)
Picco ¹³⁷ Cs (cm)	9	ND	10
Velocità sedimentazione (cm a ⁻¹)	0,58-0,67	0,83-1,0 0,75-0,91 (*)	0,6
Anno 1989 (prof. nella carota, cm)	8	9-11	8
Profondità prelievo	32	117	123
Latitudine	45°54'15"	45°55'4"	45°55'27"
Longitudine	8°30'47"	8°31'52"	8°31'56"

ND analisi non eseguita

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

¹ La numerazione fa riferimento al precedente studio del 2001 (Fig. 2.1.1 del rapporto annuale 2001).

Tabella 3.1.2. Stazioni di campionamento dei sedimenti per gli anni 2002-2003 lungo l'asse principale del Lago Maggiore (da Nord a Sud).

Stazioni	30b (Brissago)	32b (Ghiffa)	27 (Ispra)
Picco ^{137}Cs (cm)	5	21	7
Velocità sedimentazione (cm a^{-1})	0,33	1,4	0,47
Anno 1989 (prof. nella carota, cm)	3-5	17	6
Profondità prelievo	241	375	94
Latitudine	46°7'27"	45°57'28"	45°48'45"
Longitudine	8°45'13"	8°38'6"	8°34'8"

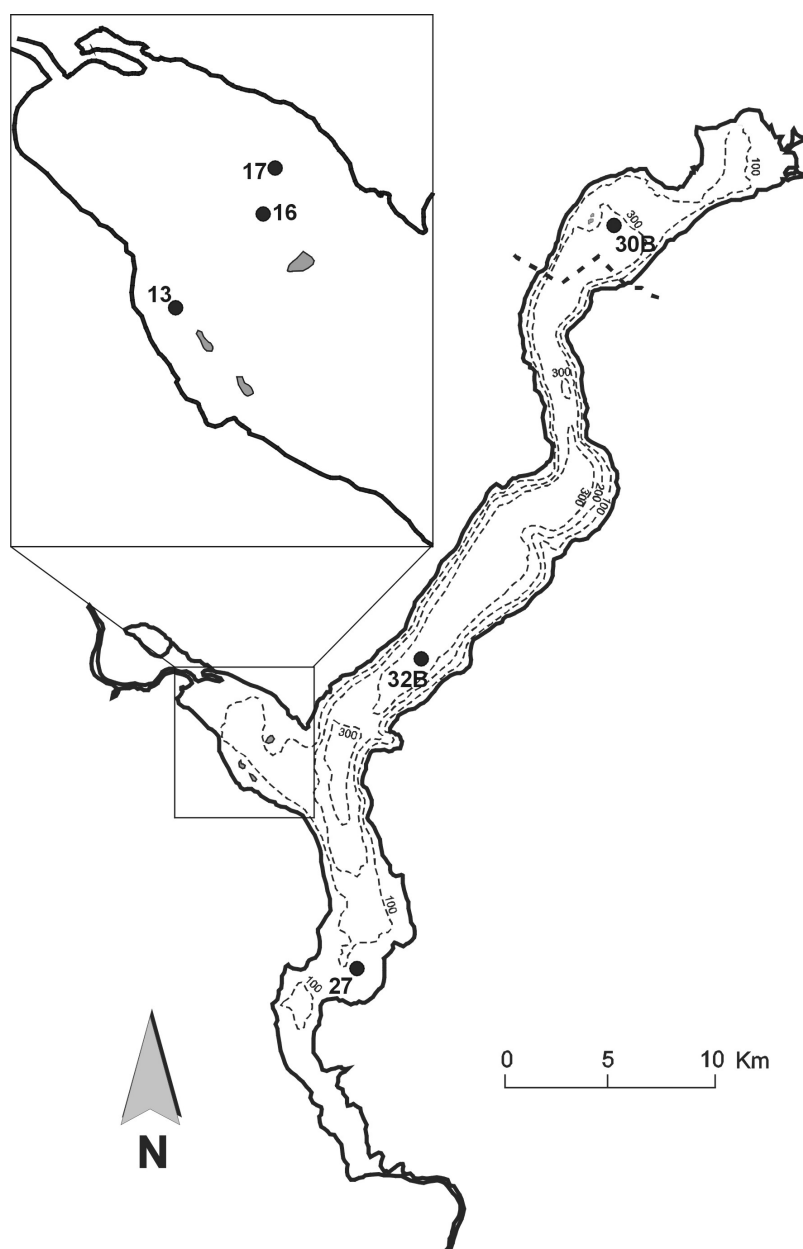


Fig. 3.1.1. Stazioni di campionamento.



Fig. 3.1.2. Carote di sedimento campionate nell'agosto e settembre 2002. Per la localizzazione si veda la Fig. 3.1.1. Ben visibili sono le laminazioni chiare e scure di vario spessore da riferirsi a sedimentazione elevata di materiale minerale ed organico.

Tabella 3.1.3. Confronto tra il tasso di sedimentazione (cm a⁻¹) delle carote prelevate nel 2002 (LM2002...; 1° campionamento del 2° anno) con quelle prelevate nel 2003 (LM 2003...; 2° campionamento del 2° anno).

EVENTO: CAROTA	torbida (ottobre 2000)			transizione <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i> (1989)			transizione <i>Cyclot./Steph.</i> (1963)	
	prof.	spessore	tasso	cm	tasso	esclusa torbida	cm	tasso
LM2003/13/3/1	1,7	0,4	0,68	7,5	0,54	0,51	16	0,40
LM2003/16/3/1	1,4	1,2	0,56	10	0,71	0,63	27	0,68
LM2003/17/3/1	2,7	1,2	1,08	14	1,00	0,91	31	0,78
				picco <i>Stephanodiscus</i> (1983)				
LM2002/13/9/2				8	0,42			
LM2002/16/9/2		8		17	0,89	0,45		
LM2002/17/9/2				3	0,16			
LM2002/27/9/1							8	0,21
LM2002/27/9/2							1	0,03
LM2002/30b/9/2				5,5	0,29			
LM2002/32b/9/1				>30	1,50		59	1,51

Legenda sigle tipo LM2003/13/3/1

2003 = anno di prelievo

/13 = numero stazione

/3 = mese di prelievo

/1 = numero carota

3.2. Contaminanti nei sedimenti del Lago Maggiore

Durante il mese di settembre 2002 e marzo 2003 si è provveduto a raccogliere le carote di sedimento nelle stazioni previste dal programma (vedi capitolo 3.1).

In base alle conoscenze acquisite in precedenti studi, per il bacino di Pallanza (quello più vicino alla sorgente inquinante), sono state individuate 3 stazioni (13, 16 e 17) distribuite lungo un transetto che unisce idealmente gli abitati di Suna a Baveno in modo tale da rappresentare le diverse caratteristiche sedimentologiche, morfometriche e geografiche dell'area allo studio.

Altre tre stazioni sono state individuate lungo l'asse principale del lago a Brissago (30b), Ghiffa (32b) e Ispra (27).

Il campionamento del bacino di Pallanza è stato condotto con modalità biennale, mentre quella del resto del lago è stato annuale.

I dettagli relativi al campionamento e al calcolo della rata di sedimentazione sono riportati nel capitolo 3.1.

Per l'estrazione, la preparazione dei campioni e l'analisi dei composti organici si fa riferimento alla metodica precedentemente utilizzata (CIPAIS, 1999).

Per il trattamento dei campioni e l'analisi dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) si sono utilizzate le stesse procedure e metodi analitici riportati nel rapporto precedente (CIPAIS, 2002).

3.2.1. Composti organoclorurati nella Baia di Pallanza

Le concentrazioni dei composti organoclorurati delle carote raccolte nel bacino di Pallanza sono riportate nella Tabella 3.2.1. Sono stati analizzati 12 campioni anziché i sei previsti dal programma che richiedeva soltanto l'analisi della prima sezione.

Per quanto riguarda la contaminazione da DDT, si osservano due picchi che potrebbero con buona probabilità essere correlati agli eventi di piena del Fiume Toce verificatisi nel novembre 2002 ed ottobre 2000 (Tabella 3.2.1 e Fig. 3.2.1): il primo evento, quello del 2002, è evidente soprattutto nelle carote campionate presso le stazioni 16 e 17, quelle più direttamente influenzate dal trasporto del materiale particolato del Fiume Toce. In queste stazioni le concentrazioni di DDT totale osservate sono per gli anni recenti le più elevate, pari a 140-170 ng g⁻¹. Meno contaminata è la stazione presso Baveno, la 13, anche se sono evidenti gli apporti degli stessi eventi di piena.

Valutando in dettaglio la presenza dei vari metaboliti del DDT, si osserva che nei sedimenti relativi alla piena del 2000 il pp'DDT e il pp'DDD sono i composti prevalenti, evidenziando fenomeni di degradazione in corso in condizioni di anaerobiosi che trasformano il pp'DDT in pp'DDD.

Al contrario nei sedimenti relativi alla piena del novembre 2002 i composti prevalenti sono il pp'DDT e il pp'DDE, il che da una parte evidenzerebbe una degradazione in corso nei sedimenti in aerobiosi da pp'DDT a pp'DDE e, dall'altra, il trasporto di DDT di origine più antica già in parte degradato a pp'DDE.

Per quanto riguarda gli altri insetticidi organoclorurati, il lindano è prevalente rispetto agli altri isomeri e la sua contaminazione, inferiore a 3 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 praticamente assenti 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.

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

Campioni	Carota 13 marzo 2003		Carota 13 settembre 2002		Carota 16 marzo 2003		Carota 16 settembre 2002		Carota 17 marzo 2003		Carota 17 settembre 2002		
	Sezione (cm)	0-0,25	0,25-0,5	0-0,6	0,6-1,2	0-0,30	0,3-0,6	0-1,0	1,0-2,0	0-0,45	0,45-0,9	0-0,6	0,6-1,2
Periodo	03/03	09/02	09/02	04/01	03/03	09/02	09/02			03/03	11/02	09/02	12/98
	10/02	04/02	05/01	02/99	10/02	04/02	10/00	10/00		12/02	08/02	01/99	03/95
op'DDT	5,2	6,4	2,1	<2,0	4,2	5,1	<2,0	<2,0	4,8	18,9	<2,0	<2,0	
pp'DDT	26,6	11,3	10,6	6,8	21,8	8,7	71,4	16,4	4,9	78,4	5,5	13,1	
op'DDE	1,1	0,6	<1,0	1,6	3,3	1,0	2,0	2,1	0,6	2,2	1,5	2,4	
pp'DDE	7,4	3,5	7,0	9,8	102,7	9,1	8,0	10,8	3,8	41,9	5,8	6,0	
op'DDD	1,4	1,7	6,5	7,1	1,3	1,5	11,8	9,2	1,5	8,8	8,6	12,4	
pp'DDD	5,8	6,7	13,9	20,8	9,6	6,2	32,0	31,3	4,6	24,3	21,0	37,7	
DDT Totale	47,5	30,2	40,0	46,3	142,9	31,6	125,2	69,9	20,2	174,5	42,4	71,6	
Alfa-HCH	<1,00	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	
Beta-HCH	<4,00	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	
Gamma-HCH	0,2	0,2	<2,0	2,2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Delta-HCH	<2,00	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
HCH Totale	0,2	0,2	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
HCB	0,7	0,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	
t-eptacloro	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	
dieldrin	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	
endrin	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	
metoxyclor	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	
mirex	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	
Totale	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
PCB 18	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	0,10	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
PCB 28	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	0,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	
PCB 31	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	0,2	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	
PCB 44	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	0,4	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	
PCB 52	<2,0	<2,0	nd	nd	<2,0	<2,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
PCB 101	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,6	<2,0	<2,0	<2,0	5,9	<2,0	
PCB 149	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PCB 118	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PCB 153	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PCB 138	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PCB 180	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PCB 170	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PCB 194	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PCB Totale	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	2,6	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	

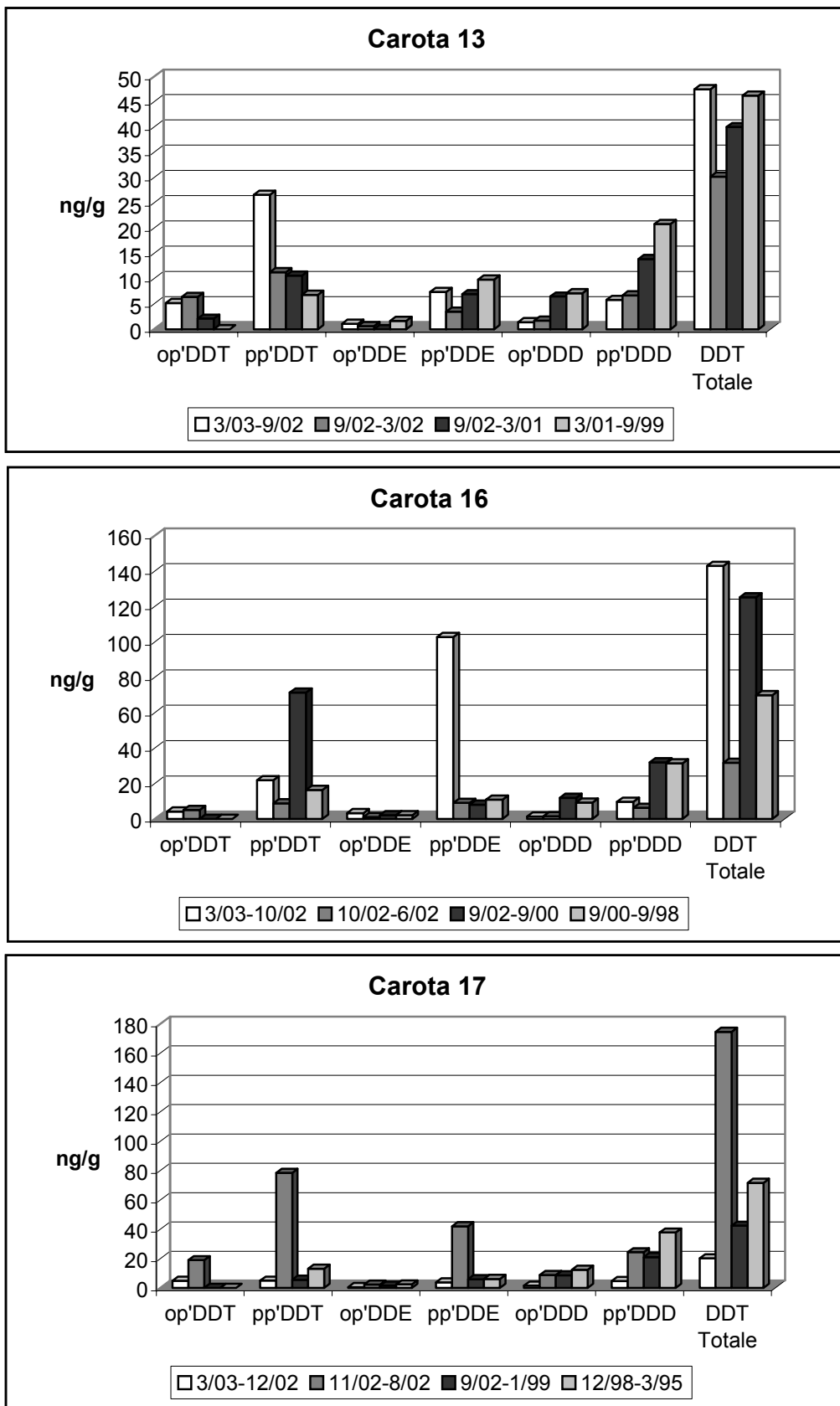


Fig. 3.2.1. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni del bacino di Pallanza.

3.2.2. Metalli nella Baia di Pallanza

Per il trattamento dei campioni e l'analisi dei metalli (As, Cd, Cu, Hg) si sono utilizzate le stesse procedure e gli stessi metodi analitici riportati nel rapporto precedente (CIP AIS, 2002). Ulteriori dettagli sulle procedure utilizzate sono riportati in Camusso *et al.* (2002). Per il controllo di qualità dei dati analitici, insieme ai campioni di sedimento sono stati mineralizzati ed analizzati alcuni campioni in triplicato, bianchi di procedura e materiali certificati di sedimento del BCR (CRM 280 e S7). L'accuratezza percentuale è stata del 96 - 107% per tutti gli elementi e la ripetibilità (come deviazione standard relativa) è stata del 3-6% a seconda degli elementi. Sono stati analizzati gli elementi As, Cd, Cu e Hg in 22 campioni sui 9 previsti, per un totale di 88 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 2002) e secondo campionamento (marzo 2003) sono riportate nella Tabella 3.2.2. Nella tabella sono riportati oltre alla sezioni (in cm) di carota di sedimento, anche i periodi corrispondenti in base ai tassi di sedimentazione (cf. cap. 3.1)

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 2003	13	0-0,25	03/03-10/02	108	0,532	76,3	0,367
		0,25-0,50	09/02-04/02	57,2	0,539	81,8	0,371
settembre 2002	13	0-0,6	09/02-05/01	136	0,544	76,8	0,398
		0,6-1,2	04/01-12/99	56,6	0,451	117	0,373
		1,3-1,8	11/99-07/98	27,5	0,477	60,7	0,305
marzo 2003	16	0-0,3	03/03-10/02	98,2	0,413	150	0,336
		0,3-0,6	09/02-04/02	45,4	0,340	46,1	0,297
settembre 2002	16	0-1	09/02-10/00	43,8	0,436	60,0	0,289
		1-2	10/00	29,1	0,295	142	0,301
		2-3	10/00	22,3	0,282	40,8	0,302
marzo 2003	17	0-0,45	03/03-12/02	35,8	0,380	63,4	0,308
		0,45-0,9	11/02-08/02	95,3	0,513	69,9	1,549
settembre 2002	17	0-0,6	09/02-01/99	32,3	0,403	56,7	0,339
		1,3-1,8	02/95-05/91	23,9	0,339	50,1	0,360

Le concentrazioni di arsenico nei sedimenti superficiali del 2003 sono più elevate nelle carote 13 e 16 rispetto alla 17 (108 e $98,2 \text{ mg kg}^{-1}$ rispetto a $35,8 \text{ mg kg}^{-1}$); cadmio e mercurio mostrano valori decrescenti dalla carota 13 alla carota 17 con differenze più contenute tra loro. Le concentrazioni di rame sono più alte nello strato superficiale della carota 16 (150 mg kg^{-1}) rispetto alle altre due ($76,3$ e $63,4 \text{ mg kg}^{-1}$). Nei sedimenti del semestre precedente (settembre 2002) è meno facile individuare gli andamenti dei metalli in quanto le sezioni di due carote corrispondono a un periodo relativo a più di tre anni (carota 17) o includono una parte della piena dell'ottobre 2000 (carota 16). Le concentrazioni più alte di tutti i metalli sono state misurate nei sedimenti della carota 13 rispetto alle altre due. Nelle carote 13 e 17 tutti i metalli mostrano un andamento analogo con concentrazioni confrontabili nel settembre 2002 rispetto a quelle del marzo 2003; mentre nella carota 16 le concentrazioni di arsenico e rame del settembre 2002 sono più basse (di circa la metà) di quelle di marzo 2003, leggermente più alte quelle di cadmio e mercurio. Questa differenza nelle concentrazioni è imputabile alla diluizione e/o distribuzione in più sezioni del materiale alloctono trasportato dalla piena dell'ottobre 2000.

In generale si osserva che nei sedimenti superficiali della Baia di Pallanza le concentrazioni di arsenico sono più elevate e circa doppie in corrispondenza degli eventi di piena (novembre 2002) rispetto a quelle degli altri periodi (Fig. 3.2.2). Andamento simile si osserva per le concentrazioni di rame nella sola carota 16, nell'area a maggiore sedimentazione di materiale alloctono nella parte centrale della Baia. Comportamenti analoghi all'arsenico, ma meno evidenti si osservano per le concentrazioni di cadmio e mercurio che presentano valori più elevati in corrispondenza dei periodi di piena (2002 e 2000). Un valore particolarmente elevato di mercurio è stato misurato nella seconda sezione della carota 17, nella stazione di fronte a Baveno (Fig. 3.2.3).

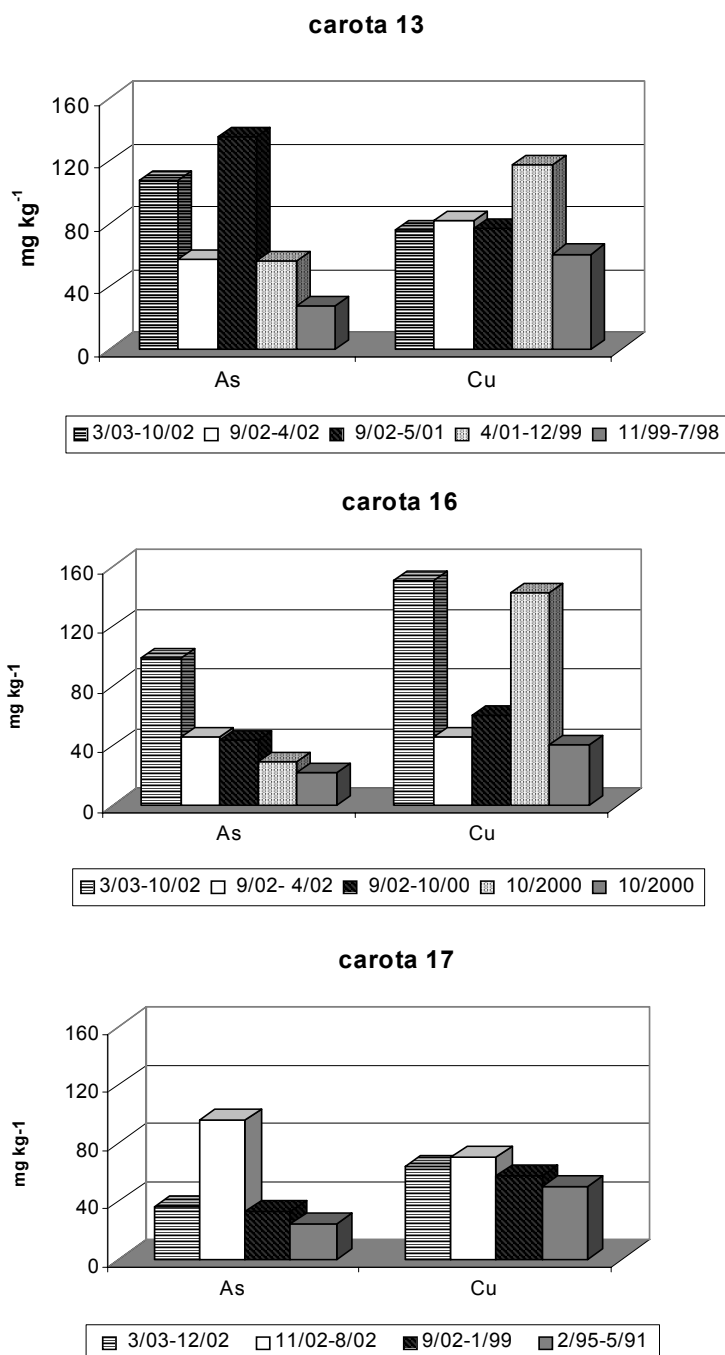


Fig. 3.2.2. Concentrazioni di arsenico e rame nel bacino di Pallanza.

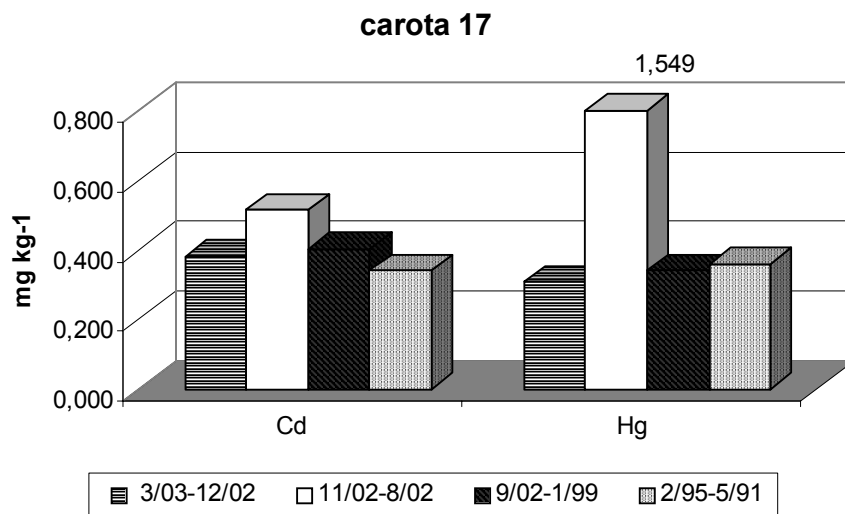
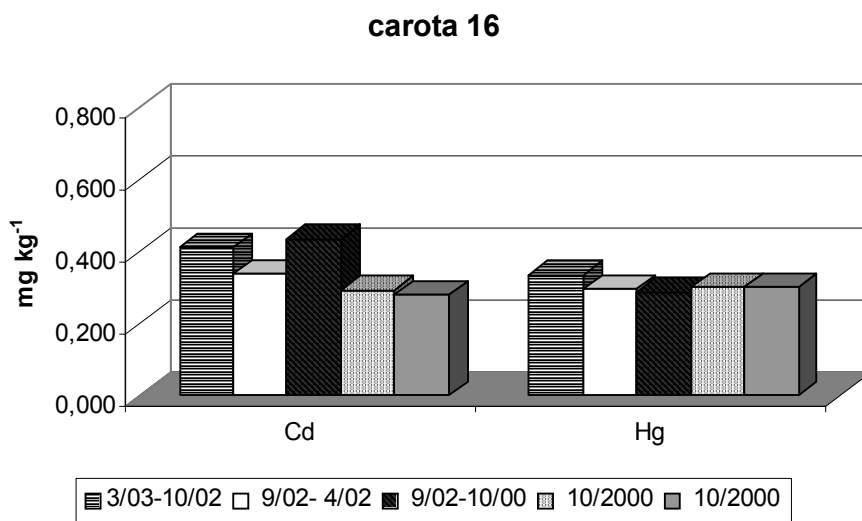
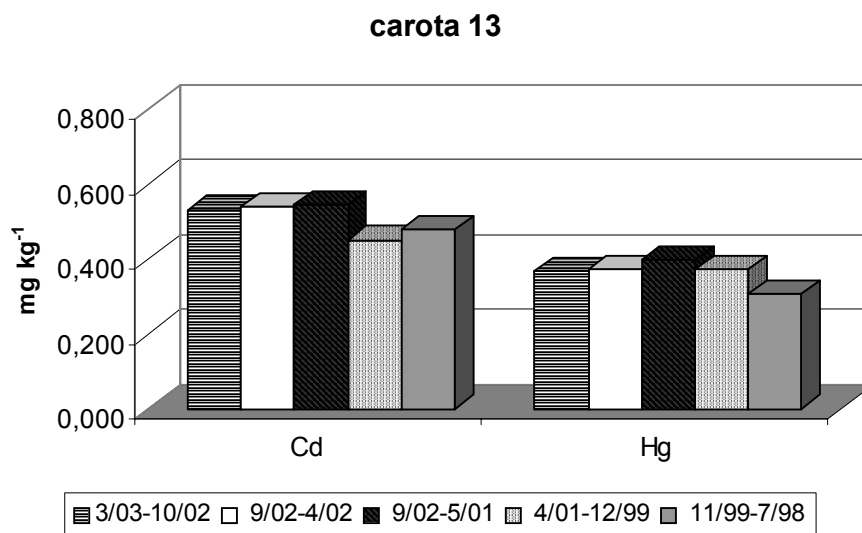


Fig. 3.2.3. Concentrazioni di cadmio e mercurio nel bacino di Pallanza.

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

I dati relativi alle tre carote analizzate lungo l'asse principale del lago sono riportati nella Tabella 3.2.3 e in Fig. 3.2.4. Da Nord a Sud le stazioni campionate sono: Brissago (30B), Ghiffa (32B) e Ispra (27).

La carota 30B, campionata nel bacino nord del Lago Maggiore, è caratterizzata da una minore contaminazione rispetto alla rimanente parte del lago, ma si evidenzia un aumento del DDT totale negli anni più recenti (Tabella 3.2.3 e Fig. 3.2.4). 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 della Baia di Pallanza abbia raggiunto per effetto delle correnti anche il bacino Nord del lago 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).

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

Campionamento	Carota 30B		Carota 32B		Carota 27		
	settembre 2002		settembre 2002		settembre 2002		
	Sezione (cm)	0-0,5	0,5-1,0	0-1,5	1,5-3,0	0-0,2	0-0,5
Periodo	09/02-02/01	01/01-05/99	09/02-10/01	09/01-10/00	09/02-10/01	09/02-02/86	01/86-06/69
op'DDT	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
pp'DDT	<2,0	<2,0	3,8	<2,0	5,4	7,4	10,0
op'DDE	1,6	<1	3,5	7,8	5,6	24,6	44,5
pp'DDE	8,7	4,1	14,9	39,8	16,5	86,1	171,0
op'DDD	11,3	3,9	12,2	27,3	13,3	48,2	102,4
pp'DDD	22,3	4,5	18,9	47,8	31,8	100,8	183,3
DDT Totale	44,0	12,5	53,3	122,7	72,6	267,3	511,2
Alfa-HCH	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Beta-HCH	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Gamma-HCH	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Delta-HCH	<2,0	<2,0	<2,0	3,4	<2,0	<2,0	<2,0
HCH Totale	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0
HCB	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
t-eptacloro	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
dieldrin	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
endrin	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
metoxyclor	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
mirex	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Totale	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PCB 18	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
PCB 28	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
PCB 31	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
PCB 44	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 101	<2,0	3,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
PCB 149	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,8	5,6
PCB 118	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,5	<2,0	4,1
PCB 153	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,5	2,4	5,0
PCB 138	3,4	<2,0	2,1	2,8	2,2	3,3	5,8
PCB 180	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
PCB 170	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,4
PCB 194	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
PCB Totale	3,4	3,0	2,1	2,8	7,2	8,5	22,9

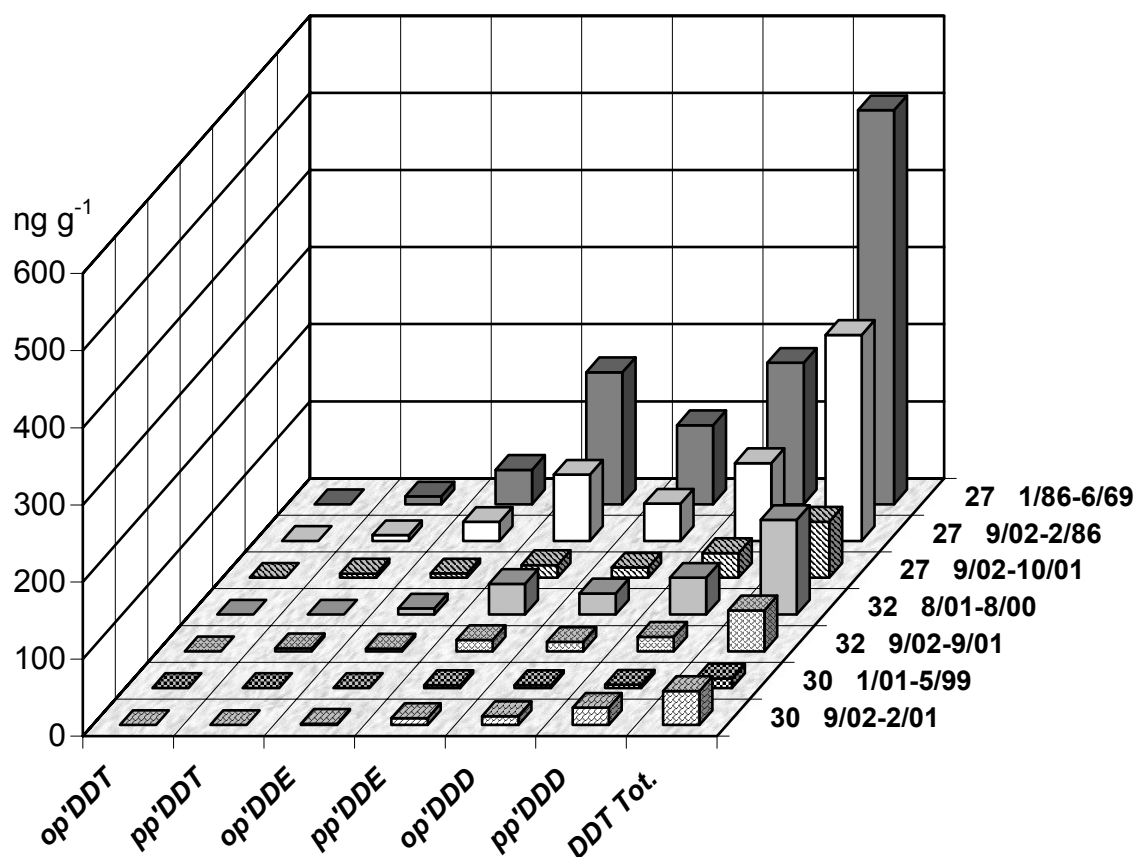


Fig. 3.2.4. Valori di DDT e dei suoi isomeri e metaboliti nei campioni dell'asse N-S.

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, ma probabilmente già parzialmente sottoposto a fenomeni di degradazione. La contaminazione da PCB ed altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile.

Per la carota 32B, campionata nel bacino centrale, le due sezioni di sedimento analizzato evidenziano una contaminazione da DDT relativa alla piena dell'ottobre 2000 del Toce, mentre i sedimenti più recenti sono meno contaminati. La contaminazione da PCB ed altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile.

Per la carota 27 che appartiene al bacino sud del Lago Maggiore, la rata di sedimentazione è risultata molto ridotta, per cui per poter distinguere l'ultimo anno di sedimentazione dal resto della carota si è dovuto procedere al sub-campionamento della carota in sezioni da 2 mm. Questo campione permette di evidenziare un arricchimento della parte sud del bacino rispetto a quella Nord per quanto concerne il DDT totale.

In un ideale asse Nord-Sud l'andamento delle concentrazioni totali di DDT è il seguente: 44 ng g⁻¹ (30B) → 53 ng g⁻¹ (32B) → 73 ng g⁻¹ (27), con un incremento pari al 66%.

I campioni di sedimento relativi ai periodi più antichi, anni '70-'80, rivelano una contaminazione da DDT totale che supera i 500 ng g⁻¹.

Per quanto concerne i PCB, la contaminazione è modesta negli anni recenti, mentre ha un picco tra gli anni '70 e '80.

3.2.4. Metalli nel lago (asse N-S)

Le concentrazioni di arsenico, cadmio, rame e mercurio determinate nelle sezioni superficiali delle carote raccolte lungo l'asse Nord-Sud sono riportate nella Tabella 3.2.4, insieme ai livelli degli stessi metalli analizzati nelle sezioni corrispondenti a periodi precedenti.

In generale si osserva che per arsenico e rame le concentrazioni relative all'ultimo anno (2002-2001) vanno da valori più bassi nel bacino settentrionale (As = 32,5 mg kg⁻¹ e Cu = 61,9 mg kg⁻¹) a valori leggermente più alti nel bacino centrale (As = 45,0 mg kg⁻¹ e Cu = 82,1 mg kg⁻¹) e a valori molto alti e almeno tripli per arsenico (As = 170 mg kg⁻¹) e leggermente più alti per rame (Cu = 88,9 mg kg⁻¹) nel bacino meridionale.

Per cadmio e mercurio gli andamenti sono diversi: i valori del primo sono alti e simili in tutte e tre le stazioni (rispettivamente da Nord a Sud: 0,979, 0,975 e 1,009 mg kg⁻¹); la concentrazione di mercurio è più bassa nel bacino settentrionale (0,119 mg kg⁻¹), quasi tripla in quello meridionale (0,344 mg kg⁻¹) e molto alta in quello centrale (1,635 mg kg⁻¹).

Da un confronto con gli strati più profondi (Tab. 3.2.4 e Figg. 3.2.5 e 3.2.6) e con i dati pubblicati nel precedente rapporto (CIP AIS, 2002), si osserva che nel bacino settentrionale (carota 30B) le concentrazioni di tutti e quattro gli elementi mostrano un andamento in crescita, soprattutto per mercurio e cadmio.

Nel bacino centrale, nella Stazione di Ghiffa, le concentrazioni di tutti gli elementi sono complessivamente elevate, soprattutto per mercurio e cadmio e confrontabili (o leggermente più alte per Cd e Hg) con quelle dei periodi precedenti; va tuttavia sottolineato che erano stati osservati già con il campionamento del 2001 livelli di Hg elevati (7,234 mg kg⁻¹) nella stessa stazione in corrispondenza alla piena dell'ottobre 2000 (CIP AIS, 2002).

Se si confrontano i dati ottenuti nelle campagne del 2002 con quelli delle carote campionate nel 2001 (CIP AIS, 2002), i valori misurati nella stazione di Ispra nel bacino meridionale sono elevati per tutti i metalli, ma non si osserva un aumento delle concentrazioni per rame e mercurio, mentre i livelli di arsenico e cadmio sono in relativa crescita nel 2002.

Tabella 3.2.4. Concentrazioni dei metalli in mg kg⁻¹ nei sedimenti del lago (N-S).

Campionamento	Carota N°	Sezione (cm)	Periodo	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹
settembre 2002	27	0-0,2	09/02-10/01	170	0,975	88,9	0,344
		0-0,5	09/02-02/86	99,0	2,056	88,6	1,399
		1,0-1,5	05/69-10/52	149	2,666	122	8,567
settembre 2002	30B	0-0,5	09/02-02/01	32,5	0,979	61,9	0,119
		1,0-1,5	08/99-03/97	25,6	0,705	57,1	0,088
settembre 2002	32B	0-1,5	09/02-10/01	45,0	1,009	82,1	1,635
		1,5-3,0	09/01-10/00	46,4	0,914	77,5	1,173
		3,0-4,5	10/00-10/99	48,1	1,017	75,5	1,263

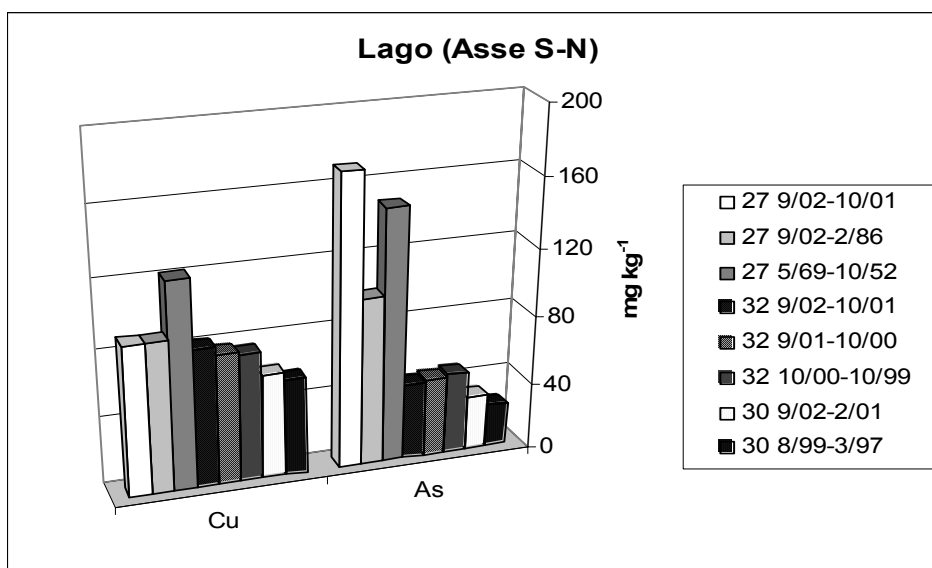


Fig. 3.2.5. Concentrazioni di rame e arsenico nell'asse Sud-Nord.

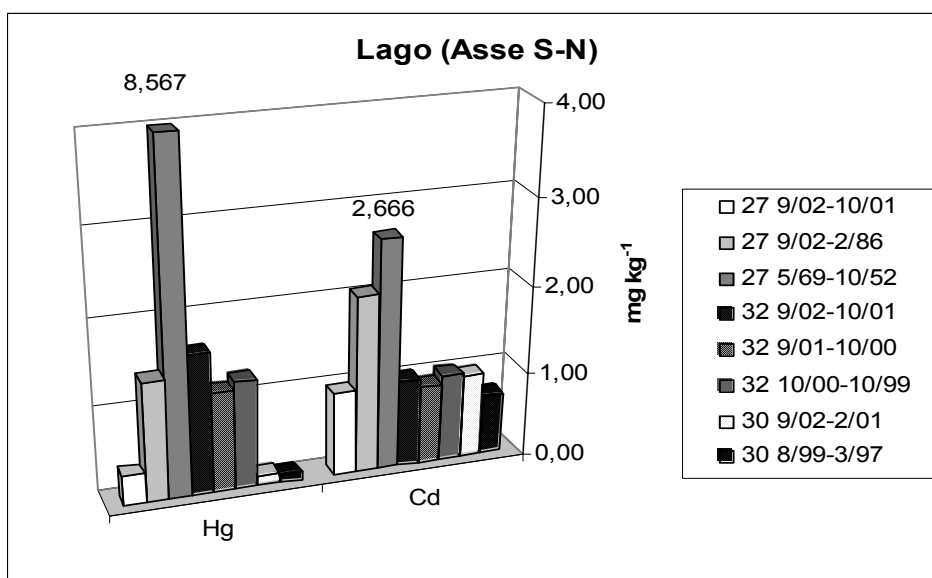


Fig. 3.2.6. Concentrazioni di mercurio e cadmio nell'asse Sud-Nord.

3.2.5. Bibliografia

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

4. APPORTI DI CONTAMINANTI DAL BACINO DEL FIUME TOCE¹

In questo capitolo vengono riportati i risultati analitici di una campagna d'indagine condotta da ARPA dipartimenti provinciali di Novara e del VCO per conto della "Regione Piemonte – Direzione Pianificazione Risorse Idriche". In particolare si è cercato di caratterizzare sotto l'aspetto della presenza di microinquinanti organici ed inorganici il sistema idrico a valle dell'insediamento industriale di Pieve Vergonte con il duplice obiettivo di valutare la compromissione ambientale del F. Toce e di stimare gli apporti al Lago Maggiore di DDT, mercurio ed esaclorobenzene (HCB). A questo scopo nel corso del 2002 si sono eseguiti diversi campionamenti sui seguenti siti:

- stazione 1 scarico finale nel Rio Marmazza (affluente del F. Toce) della ditta "Tessengerlo" in comune di Pieve Vergonte ed acque provenienti da vari reparti produttivi (acido solforico; cloro-soda; cloro-aromatici) della stessa azienda;
- stazione 2 scarico nel Rio Marmazza delle acque di falda trattate nell'impianto di bonifica gestito dalla "Enichem";
- stazione 3 F. Toce in località Megolo a valle dello scarico dell'insediamento industriale;
- stazione 4 F. Toce a Candoglia presso la stazione di misura dei deflussi;
- stazione 5 F. Toce prima della confluenza del T. Strona in comune di Gravellona Toce.

Le indagini sulle acque della ditta Tessenderlo (Stazione1) sono state effettuate su singoli campioni "tal quale" e i relativi risultati sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1. Risultati analitici relativi a campioni prelevati nello scarico finale della ditta "Tessengerlo" nonchè in acque provenienti da vari reparti produttivi della stessa azienda.

DATA PRELIEVO		18.06.02	19.06.02	26.06.02	17.07.02	01.10.02	16.10.02	21.10.02	13.11.02	19.11.02
PROVENIENZA		Reparto acido solforico	Reparto cloro aromatici	Reparto cloro-soda	Scarico finale	Reparto cloro-soda	Reparto cloro aromatici	Reparto acido solforico	Scarico finale	Scarico finale
Arsenico	mg l ⁻¹	0,010	<0,005	<0,005	0,007					0,012
Mercurio	mg l ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001					
Benzene	µg l ⁻¹				<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Etilbenzene	µg l ⁻¹				<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Clorobenzene	µg l ⁻¹	<1	1,4	<1	<1	18,0	<1	<1	<1	<1
1,2-Diclorobenzene	µg l ⁻¹	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-Diclorobenzene	µg l ⁻¹	<1	<1	<1	2,4	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3-triclorobenzene	µg l ⁻¹	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg l ⁻¹				<0,2	0,2		<0,2	<0,2	
2-Clorotoluene	µg l ⁻¹	<1	<1	<1	<1	1,3	<1	<1	<1	<1
4-Clorotoluene	µg l ⁻¹	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,6-Diclorotoluene	µg l ⁻¹	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
3,4-Diclorotoluene	µg l ⁻¹	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Xileni	µg l ⁻¹				<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Cloroformio	µg l ⁻¹	<0,1	<0,1	21,1	<0,5	17,0	<0,1	1,1	1,1	<0,1
HCB	µg l ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	0,097	0,003	<0,001	0,048	0,048	0,020
Stirene	µg l ⁻¹					<0,2		<0,2	<0,2	
n-propilbenzene	µg l ⁻¹					<0,2		<0,2	<0,2	
DDT totale	µg l ⁻¹	0,008	0,002	0,0008	0,030	0,003	0,001	0,006	0,006	0,015

¹ Questo capitolo riassume parte degli studi promossi autonomamente dalla Regione Piemonte – Direzione Pianificazione Risorse Idriche sulla problematica dell'insediamento industriale di Pieve Vergonte.

Anche le analisi sullo scarico nel Rio Marmazza delle acque di falda trattate nell'impianto gestito dalla "Enichem" (Stazione 2) sono state effettuate su singoli campioni "tal quale". I sistemi di bonifica, in essere dal 11.10.01, consistono nell'emungimento in falda di circa $0,24 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ con successiva depurazione delle acque prelevate mediante trattamenti chimico-fisici di chiariflocculazione, filtrazione ed adsorbimento.

Come si vede dalla Tabella 4.2, le rese di abbattimento dell'impianto sembrano tali da soddisfare i limiti restrittivi imposti dalla Provincia del VCO contestualmente all'autorizzazione dello scarico (determina n. 241 del 17.07.02) sia per il mercurio ($1 \mu\text{g l}^{-1}$) che per il DDT totale (25 ng l^{-1}) ed esaclorobenzene (25 ng l^{-1}).

Tabella 4.2. Risultati analitici su campioni prelevati nello scarico delle acque di falda trattate.

Data prelievo (anno 2002)		30.01	27.02	27.03	28.04	28.05	24.06	23.07	28.08	24.09	29.10	26.11	10.12
Mercurio	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCB	ng l^{-1}	<1	1	2	3	4	0,4	13	1	1	<1	1	4
DDT totale	ng l^{-1}	<0,1	2	3	0,5	4	0,5	1	1	2	1	2	3

L'effetto della compromissione ambientale storica associata al polo chimico di Pieve Vergonte appare più evidente nelle analisi eseguite sul Fiume Toce in località Megolo (Comune di Pieve Vergonte), a valle dell'insediamento industriale (Stazione 3). Nel tratto oggetto di campionamento il deflusso del fiume risulta però assai ridotto in quanto parte dell'acqua viene derivata a monte (canale di Megolo) per la produzione di energia elettrica. Le portate non sono misurate direttamente, ma sulla base dell'energia prodotta si è calcolato che i volumi sottratti assommano mediamente in un anno a circa $40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, con minimi di $26 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nel periodo autunnale ed invernale e massimi di $75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ tra aprile ed agosto (da: *Dm Ambiente n. 468 del 18.09.01 "Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati"*). Le analisi riportate in Tabella 4.3, che riguardano la frazione disciolta (disc.) e i solidi sospesi (SS) di campioni istantanei filtrati su microfibre di vetro ($0,7 \mu\text{m}$ nominali) mettono in luce la costante presenza di DDT nel fiume, con contenuti più alti nella frazione disciolta (media dei 13 campioni pari a 7 ng l^{-1}) che in quella particellata (media di 2 ng l^{-1}), mentre le concentrazioni di mercurio sembrerebbero trascurabili essendo praticamente sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità del metodo analitico impiegato ($0,5 \mu\text{g l}^{-1}$).

Tabella 4.3. Risultati analitici su campioni prelevati sul Fiume Toce in località Megolo.

Data prelievo (anno 2002)		15.01	25.02	27.03	23.04	13.05	04.06	03.07	05.08	03.09	07.10	05.11	04.12	09.12
Portata (*)	$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$	27,3	21,8	32,7	54,5	92,7	103,6	70,9	54,5	54,5	54,5	54,5	32,7	32,7
Mercurio (disc.)	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,02	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5
Mercurio (SS)	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,5	<0,5	<0,5		<0,01	<0,01	<0,01
HCB (disc.)	ng l^{-1}	2	3	3,6	1	1	0,4	<1	2	7,8	9	5	1	3
HCB (SS)	ng l^{-1}	<1	<1	0,4	<1	<1								
DDT totale (disc.)	ng l^{-1}	6	8	7	30	6	2	0,2	2	3	1,3	3	6,7	0,4
DDT totale (SS)	ng l^{-1}	1	2	3	2	2		0,3	0,1	1	0,1	0,4	5,6	1,6

(*) Portate medie mensili stimate mediante formule di regionalizzazione.

Le stesse metodologie di prelievo, di preparazione dei campioni e di analisi sono state adottate anche per le indagini sul Toce, appena prima della confluenza del T. Strona in comune di Gravellona Toce (Stazione 4).

I risultati di queste ricerche, che erano inquadrati nel progetto “*Monitoraggio ambientale corsi d’acqua*” in attuazione al Decreto legislativo 152/99 e s.m.i., hanno però evidenziato che i tenori di DDT totale e mercurio risultavano sempre più bassi dei limiti di quantificazione previsti dal protocollo d’intesa (DDT totale <0,05 µg l⁻¹; Hg <0,5 µg l⁻¹).

Occorreva quindi programmare un’indagine che fosse in grado di fornire misure sistematiche di tali grandezze e che allo stesso tempo consentisse di valutarne i rispettivi apporti veicolati al Lago Maggiore. Si è allora fatto riferimento alla stazione di misura dei deflussi del Toce di Candoglia (comune di Mergozzo; Stazione 5), dove era stato alloggiato, fin dal 1999, un sistema di campionamento in automatico delle acque fluviali che prevedeva le seguenti fasi:

- pompaggio dell’acqua dal Toce tramite elettropompa sommersa;
- invio ad un sedimentatore, con sfioro continuo della parte liquida ed allontanamento del materiale sedimentato ogni 24 giorni;
- raccolta dell’acqua di sfioro e prelievo automatico di un’aliquota di circa 100 ml ogni 8 ore, per un totale di 300 ml al giorno, per un periodo di 24 giorni.

Le aliquote di acqua così campionate venivano riunite e filtrate in laboratorio su filtro 0,7 µm nominali. Le successive determinazioni degli analiti (DDT, esaclorobenzene e mercurio) venivano condotte sull’acqua filtrata (disc.), sui solidi sospesi ottenuti dalla filtrazione (SS) e sul fango sedimentato e rappresentativo dei 24 giorni, debitamente asciugato a circa 40°C e vagliato a 0,063 mm (l’analisi era condotta sul sottovaglio).

A causa dei continui intasamenti delle tubazioni durante le piene e dei danneggiamenti alla pompa provocate dal trasporto solido fluviale, tale sistema è stato parzialmente abbandonato a partire dal 22/10/02, quando si è invece attivata una nuova procedura di campionamento finalizzata principalmente alla individuazione e quantificazione dei carichi di inquinanti passanti per la sezione di misura.

In particolare si è cercato di prelevare ed analizzare, quantificandoli, non soltanto la frazione disciolta, ma anche quei solidi sospesi associati al campione che per le loro caratteristiche granulometriche potrebbero in linea teorica raggiungere il Lago Maggiore e, se contaminati, rimanervi in sospensione per tempi sufficienti ad attivare i processi di bioaccumulo negli organismi. Questo materiale è stato individuato nella porzione solida compresa tra 0,063 mm e 0,70 µm.

Il nuovo protocollo di campionamento, che si è man mano perfezionato nell’ultimo trimestre del 2002, è operativo dal gennaio 2003. Esso prevede da 24 a 30 prelievi annuali ripartiti secondo un piano rappresentativo delle distribuzioni di frequenza della portata giornaliera e dei corrispondenti livelli idrometrici del Fiume Toce. Di norma i campioni sono istantanei e raccolti manualmente, ma in regime di magra del corso d’acqua possono essere integrati con prelievi mediati giornalmente tramite il campionatore automatico. In tutti i casi, così come è avvenuto per l’intero 2002, per ogni singolo campione, costituito mediamente da 12 a 15 litri, si procede alle seguenti operazioni:

- filtrazione su setaccio di maglia 0,063 mm;
- sul filtrato un’ulteriore filtrazione su filtro 0,70 µm;
- pesata dei solidi sospesi così ottenuti previa essiccazione, ed espressione del risultato riferito al volume di 1 litro di acqua filtrata;
- loro analisi per DDT, HCB e Hg, esprimendo i risultati in mg g⁻¹ di solidi sospesi (SS), nonché in ng l⁻¹;
- analisi del filtrato, considerato come frazione disciolta, per DDT, HCB e Hg esprimendo i risultati in ng l⁻¹.

I risultati delle analisi, che nel 2002 sono state eseguite da ARPA Dipartimento di Novara, sono riportati nella Tabella 4.4 (disciolto e solidi sospesi). Mancano i dati del primo trimestre perchè il campionatore era fuori servizio; inoltre, dal 17/04 al 14/10/2002, le analisi hanno riguardato campioni raccolti in automatico e mediati su 24 giorni, mentre nel resto dell'anno sono state eseguite su campioni istantanei prelevati per la maggior parte durante la piena di novembre.

Tabella 4.4. Analisi di acqua filtrata e dei solidi filtrati di campioni mediati su 24 giorni (dal 17.04.02 al 14.10.02) ed istantanei (dal 12.11.02 al 26.11.02).

Data prelievo (anno 2002)		17.04	11.06	12.08	16.09	14.10	12.11	15.11	20.11	25.11	26.11
Portata	m ³ s ⁻¹	31,5	152,9	82,7	56,3	35,8	21,4	262,0	193,4	366,6	485,5
Mercurio (disc.)	µg l ⁻¹		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Mercurio (SS)	µg l ⁻¹		0,025	<0,01	<0,01	<0,5	<0,5	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
HCB (disc.)	ng l ⁻¹	2	0,5	2	2	2	1	3	3	2	8
HCB (SS)	ng l ⁻¹	2		1	<1						
DDT totale (disc.)	ng l ⁻¹	2	7,2	1	2,5	3	2	3	10	16	8
DDT totale (SS)	ng l ⁻¹	3	0,7	3	1,6	1	-	0,4	7	10	18

In Tabella 4.5 sono infine riportati i risultati delle analisi condotte sui fanghi raccolti dal sedimentatore in 24 giorni. Essi sono riferiti unitariamente alla portata liquida filtrata nel periodo considerato e come si vede indicano contenuti medi molto bassi, da 10 a 100 volte inferiori a quelli ottenuti sul filtrato dei campioni mediati su 24 giorni (Tabella 4.4). Tale rilevante differenza, che è essenzialmente dovuta all'impossibilità del sedimentatore di raccogliere e trattenere quantitativamente la frazione solida più fine, fornisce un'ulteriore spinta alla definitiva rinuncia delle precedenti modalità di campionamento proseguendo invece nella sperimentazione dei nuovi sistemi di prelievo appena descritti.

Tabella 4.5. Analisi di sedimenti raccolti nel sedimentatore ogni 24 giorni.

Data prelievo (anno 2002)		17.04	11.06	10.07	12.08	16.09
Mercurio	µg m ⁻³		20000	50	78	
HCB	ng m ⁻³	0,01	0,32	0,19	1,84	0,95
DDT totale	ng m ⁻³	1,01	6,36	2,59	40,15	17,35

Infine va osservato che, sulla base dei dati analitici e di deflusso riportati in Tabella 4.4, è stato possibile calcolare il carico annuale veicolato al Lago Maggiore, utilizzando le stesse metodologie di calcolo già in uso presso il CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi per la definizione degli apporti di nutrienti algali. È così risultato che nel corso del 2002 sono stati convogliati al Lago Maggiore i seguenti carichi inquinanti:

42 kg a⁻¹ di DDT totale;
10 kg a⁻¹ di esaclorobenzene;

Tali valori debbono essere considerati con cautela, sia perchè risentono di una distribuzione dei campionamenti lungo l'intero anno di studio non completamente idonea a rappresentare le diverse situazioni idrologiche, sia perchè sono stati ottenuti con sistemi diversi di campionamento.

Premesso quindi che questo approccio costituisce un primo tentativo che dovrà essere necessariamente testato alla luce dei risultati che si otterranno nel corso del 2003, si deve però

sottolineare che il piano d'indagine adottato appare idoneo al raggiungimento degli obiettivi. Infatti i carichi di DDT così determinati sembrano coerenti con le concentrazioni riscontrate nel corpo idrico lacustre ed inoltre, diversamente da quanto si poteva dedurre sulla base delle ricerche condotte in passato, sembrano in grado di poter mettere in relazione sotto l'aspetto quantitativo la presenza dell'inquinante nei diversi comparti ecosistemici con gli ingressi dal bacino.

5. INDAGINI SUI SEDIMENTI DEI TRIBUTARI

Sono stati condotti i quattro campionamenti previsti per i tributari nei mesi di aprile, luglio, ottobre 2002 e gennaio 2003 rispettando la scadenza trimestrale. Sono stati inoltre campionati: nell'ottobre 2002 e gennaio 2003 il Fiume Verzasca all'uscita della Centrale Idroelettrica di Tenero gestita dalla società Verzasca S.A. e, nel luglio, ottobre 2002 e gennaio 2003, i fiumi Boesio e Bardello, anche se tale campionamento è stato ufficialmente previsto dal contratto CIP AIS Monitoraggio DDT e PCB nei sedimenti fluviali dei fiumi Boesio e Bardello a partire dal febbraio 2003.

Nelle campagne di luglio e ottobre 2002 i fiumi erano in regime per lo più di morbida, nell'aprile 2002 in piena, con l'esclusione del Maggia e Verzasca che sono stati campionati quindici giorni prima in regime di magra, mentre quelli campionati nel gennaio 2003 erano per lo più in magra (Tabella 5.1). I campioni di sedimento sono stati raccolti nelle stazioni relative alla foce dei fiumi Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Boesio, Bardello, Toce e nel Ticino emissario, in uscita dal Lago Maggiore. I campioni sono stati liofilizzati e la frazione fine del sedimento (<0,05 mm) è stata analizzata per contenuto in carbonio organico e composti organoclorurati. Per quanto riguarda il carbonio organico (Tabella 5.1), il Toce e il Maggia sono i fiumi caratterizzati dai valori più contenuti, mentre la Verzasca e il Ticino emissario presentano quelli più elevati. Esistono evidenti variazioni di contenuto di carbonio organico tra i vari campionamenti, ma l'andamento non è simile tra i differenti fiumi.

L'analisi dei principali composti organoclorurati (OC) è riportata nelle Tabelle 5.2–5.10. Il Maggia (Tabella 5.2) è senz'altro da considerare come il meno contaminato, con valori di fondo per DDT, HCH, HCB e PCB. Anche esprimendo il risultato normalizzando rispetto al contenuto in carbonio organico, le concentrazioni di DDT, HCH e altri insetticidi sono pari ai valori di fondo: < 0,05 ng mg⁻¹ e quelle dei PCB totali inferiori a 0,5 ng mg⁻¹.

Tabella 5.1. 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 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>
Toce	<i>piena/morbida</i>	<i>morbida</i>	<i>morbida/magra</i>	<i>morbida</i>
Tresa	<i>piena/morbida</i>	<i>morbida</i>	<i>magra</i>	<i>magra</i>
Ticino Emissario	<i>piena/morbida</i>	<i>morbida</i>	<i>morbida/magra</i>	<i>magra</i>
Margorabbia	<i>piena/morbida</i>	<i>morbida</i>	<i>magra</i>	<i>magra</i>
Maggia	<i>magra</i>	<i>morbida</i>	<i>morbida/magra</i>	<i>magra</i>
Verzasca Foce	<i>magra</i>	<i>morbida</i>	<i>morbida</i>	<i>morbida</i>
Verzasca Tenero	-	-	<i>morbida</i>	<i>morbida</i>
Boesio	-	<i>morbida/magra</i>	<i>morbida</i>	<i>magra</i>
Bardello	-	<i>morbida/magra</i>	<i>morbida/magra</i>	<i>magra</i>
Toce	0,43%	0,87%	1,24%	0,54%
Tresa	3,79%	2,32%	3,04%	1,40%
Ticino Emissario	4,08%	5,40%	3,94%	3,98%
Margorabbia	0,72%	1,63%	2,83%	3,36%
Maggia	1,11%	1,39%	1,33%	1,37%
Verzasca Foce	6,50%	2,80%	2,72%	3,13%
Verzasca Tenero	n.d.	n.d.	6,12%	2,52%
Boesio	n.d.	3,40%	3,25%	5,47%
Bardello	n.d.	2,80%	2,53%	2,10%

Tabella 5.2. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Maggia.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	0,21	0,16	<0,02	<0,02	0,02	0,01	<0,01	<0,01
pp-DDT	0,17	0,19	<0,02	<0,02	0,02	0,01	<0,01	<0,01
op-DDE	<0,10	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pp-DDE	0,19	0,30	0,19	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01
op-DDD	nd	nd	<0,01	<0,01	nd	nd	<0,01	<0,01
pp-DDD	0,24	0,14	0,10	0,06	0,02	0,01	<0,01	0,01
DDT totale	0,81	0,79	0,29	0,12	0,07	0,06	0,01	0,02
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	0,16	0,08	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01
β-HCH	0,39	0,24	<0,03	<0,03	0,04	0,02	<0,01	<0,01
γ-HCH	0,47	0,24	0,19	0,22	0,04	0,02	0,01	0,02
δ-HCH	0,22	0,22	<0,02	<0,02	0,02	0,02	<0,01	<0,01
HCH totale	1,24	0,78	0,19	0,22	0,11	0,06	0,01	0,02
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	0,30	0,20	0,38	0,08	0,03	0,01	0,03	0,01
T-eptacloro	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,01	0,00	<0,01	<0,01
Endrin	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Metoxyclor	<0,30	<0,15	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	0,30	0,35	0,38	0,08	0,03	0,03	0,03	0,01
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	0,53	1,29	<0,05	<0,05	0,05	0,09	<0,01	<0,01
PCB 28	0,44	<0,10	0,30	<0,05	0,04	<0,01	0,03	<0,01
PCB 31	<0,20	<0,10	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52	nd	nd	<0,05	<0,05	nd	nd	<0,01	<0,01
PCB 44	0,30	0,07	0,09	0,12	0,03	0,00	<0,01	0,01
PCB 101	0,39	0,48	0,12	0,12	0,03	0,03	0,01	0,01
PCB 149	<0,10	0,55	0,13	0,12	<0,01	0,04	0,01	0,01
PCB 118	0,37	<0,10	0,10	0,06	0,03	<0,01	<0,01	0,01
PCB 153	0,36	0,75	0,23	0,18	0,03	0,05	0,02	0,01
PCB 138	0,40	0,97	0,10	0,19	0,04	0,07	<0,01	0,01
PCB 180	0,23	0,47	0,15	0,11	0,02	0,03	0,01	0,01
PCB 170	1,14	0,21	0,09	0,07	0,10	0,02	<0,01	0,01
PCB 194	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB totale	3,63	3,50	1,31	0,97	0,33	0,25	0,08	0,08

Tabella 5.3. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Verzasca Foce.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	0,45	0,24	0,40	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
pp-DDT	4,50	2,09	2,94	0,53	0,07	0,07	0,10	0,02
op-DDE	0,32	0,02	<0,20	0,03	0,005	0,001	<0,01	0,01
pp-DDE	4,06	2,64	2,85	0,67	0,06	0,09	0,10	0,02
op-DDD	nd	nd	0,49	0,06	nd	nd	0,02	0,01
pp-DDD	0,55	0,38	0,25	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01
DDT totale	9,89	5,36	6,93	1,49	0,15	0,19	0,23	0,08
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	0,04	0,04	<0,10	<0,01	0,001	0,001	<0,03	<0,01
β-HCH	<0,15	1,24	<0,20	<0,04	<0,01	0,04	<0,06	<0,01
γ-HCH	0,17	0,24	0,15	0,25	0,003	0,01	0,01	0,01
δ-HCH	0,20	0,09	<0,10	0,12	0,003	0,003	<0,03	0,01
HCH totale	0,41	1,60	0,15	0,37	0,01	0,06	0,01	0,02
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	0,03	0,27	0,08	<0,01	0,001	0,01	0,01
T-eptacloro	<0,05	0,16	<0,10	<0,05	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	0,16	0,14	<0,10	<0,05	0,002	0,01	<0,01	<0,01
Endrin	<0,05	0,18	<1,30	<0,05	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Metoxyclor	<0,2	0,13	<0,90	<0,02	<0,01	0,005	<0,01	<0,01
Mirex	<0,1	<0,05	<0,50	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	0,16	0,65	0,27	0,08	0,00	0,02	0,01	0,01
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	<0,2	<0,1	<0,50	<0,05	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01
PCB 28	<0,15	<0,1	<0,30	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 31	<0,15	1,24	<0,20	<0,05	<0,01	0,04	<0,06	<0,01
PCB 52	<0,1	<0,1	<0,40	<0,05	<0,01	<0,01	nd	<0,01
PCB 44	0,40	0,22	<0,40	<0,05	0,01	0,01	<0,02	<0,01
PCB 101	2,87	0,95	0,40	0,26	0,04	0,03	0,01	0,01
PCB 149	1,85	0,93	1,51	0,51	0,03	0,03	0,05	0,02
PCB 118	1,24	0,94	<0,70	0,12	0,02	0,03	<0,02	0,01
PCB 153	<0,1	0,90	1,77	0,76	<0,01	0,03	0,06	0,02
PCB 138	<0,1	1,09	1,39	0,84	<0,01	0,04	0,05	0,03
PCB 180	<0,1	0,37	0,66	0,52	<0,01	0,01	0,02	0,02
PCB 170	<0,1	0,33	<0,40	0,38	<0,01	0,01	<0,02	0,01
PCB 194	<0,1	0,06	<0,50	0,07	<0,01	0,00	<0,02	0,01
PCB totale	6,36	7,02	5,73	3,46	0,10	0,25	0,19	0,13

Tabella 5.4. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali F. Verzasca Tenero.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	<0,02			<0,01	<0,01
pp-DDT			5,48	<0,02			0,09	<0,01
op-DDE			<0,01	<0,01			<0,01	<0,01
pp-DDE			0,24	0,06			<0,01	0,01
op-DDD			0,11	<0,01			<0,01	<0,01
pp-DDD			0,36	0,07			<0,01	0,01
DDT totale			6,19	0,13			0,09	0,02
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			<0,01	<0,01			<0,01	<0,01
β-HCH			<0,04	<0,04			<0,01	<0,01
γ-HCH			0,21	0,10			<0,01	0,01
δ-HCH			<0,05	<0,02			<0,01	<0,01
HCH totale			0,21	0,10			-	0,01
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			0,32	0,07			0,01	0,01
T-eptacloro			<0,05	<0,05			<0,01	<0,01
Dieldrin			<0,05	<0,05			<0,01	<0,01
Endrin			<0,05	<0,05			<0,01	<0,01
Metoxyclor			<0,02	<0,02			<0,01	<0,01
Mirex			<0,05	<0,05			<0,01	<0,01
totale			0,32	0,07			0,01	0,01
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18			0,08	<0,05			<0,01	<0,01
PCB 28			0,08	<0,05			<0,01	<0,01
PCB 31			<0,05	<0,05			<0,01	<0,01
PCB 52			<0,05	<0,05			<0,01	<0,01
PCB 44			<0,05	<0,05			<0,01	<0,01
PCB 101			0,21	0,10			<0,01	0,01
PCB 149			0,23	0,30			<0,01	0,01
PCB 118			<0,05	0,10			<0,01	0,01
PCB 153			0,87	0,50			0,01	0,02
PCB 138			6,27	0,62			0,10	0,02
PCB 180			4,98	0,34			0,08	0,01
PCB 170			1,64	0,26			0,03	0,01
PCB 194			0,07	0,06			<0,01	0,01
PCB totale			12,96	2,28			0,22	0,11

Tabella 5.5. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Margorabbia.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	0,26	0,07	<0,02	<0,02	0,04	0,00	<0,01	<0,01
pp-DDT	0,83	1,21	0,23	0,11	0,12	0,07	<0,01	0,01
op-DDE	<0,10	<0,05	0,83	0,02	<0,01	<0,01	0,03	0,01
pp-DDE	1,62	1,25	0,83	0,37	0,22	0,08	0,03	0,01
op-DDD	nd	nd	0,06	0,05	nd	nd	<0,01	0,01
pp-DDD	0,24	0,32	0,26	0,13	0,03	0,02	<0,01	0,01
DDT totale	2,95	2,85	2,21	0,68	0,41	0,18	0,06	0,05
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	0,06	0,10	0,03	0,01	0,00	<0,01	0,01
β-HCH	0,76	0,19	0,11	0,17	0,11	0,01	<0,02	0,01
γ-HCH	0,63	0,29	0,29	0,09	0,09	0,02	0,01	0,01
δ-HCH	0,13	0,55	<0,02	<0,02	0,02	0,03	<0,01	<0,01
HCH totale	1,61	1,09	0,50	0,29	0,22	0,07	0,01	0,03
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	0,29	0,56	0,17	0,24	0,04	0,03	0,01	0,01
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	0,06	0,08	<0,05	<0,05	0,01	0,01	<0,01	<0,01
Endrin	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Metoxyclor	0,74	<0,15	<0,02	<0,02	0,10	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	1,09	0,64	0,17	0,24	0,15	0,04	0,01	0,01
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	<0,30	1,69	<0,05	<0,05	<0,01	0,10	<0,01	<0,01
PCB 28	<0,20	<0,10	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 31	2,23	<0,10	<0,05	<0,05	0,31	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52	nd	nd	0,29	0,37	nd	nd	0,01	0,01
PCB 44	0,75	0,34	0,15	0,14	0,10	0,02	<0,01	0,01
PCB 101	1,24	2,27	0,37	0,26	0,17	0,14	0,01	0,01
PCB 149	0,43	1,00	0,59	0,23	0,06	0,06	0,02	0,01
PCB 118	0,85	2,45	0,57	0,43	0,12	0,15	0,02	0,01
PCB 153	1,02	1,65	0,99	0,72	0,14	0,10	0,04	0,02
PCB 138	1,09	2,22	1,03	0,84	0,15	0,14	0,04	0,02
PCB 180	0,66	0,96	0,67	0,28	0,09	0,06	0,02	0,01
PCB 170	0,25	0,39	<0,05	0,12	0,03	0,02	<0,01	0,01
PCB 194	<0,10	0,23	<0,05	0,09	<0,01	0,01	<0,01	0,01
PCB totale	8,51	11,52	4,66	3,48	1,18	0,71	0,16	0,12

Tabella 5.6. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Tresa.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	<0,10	0,28	0,33	0,13	<0,01	0,01	0,01	0,01
pp-DDT	0,91	0,30	0,57	0,60	0,02	0,01	0,02	0,04
op-DDE	<0,10	<0,05	<0,10	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
pp-DDE	1,43	0,94	2,26	1,50	0,04	0,04	0,08	0,11
op-DDD	nd	nd	0,34	<0,01	nd	nd	0,01	<0,01
pp-DDD	0,25	0,16	0,19	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01
DDT totale	2,58	1,68	3,69	2,44	0,07	0,07	0,12	0,18
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	0,16	0,14	<0,05	0,05	0,00	0,01	<0,01	0,01
β-HCH	<0,20	0,70	<0,10	<0,04	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
γ-HCH	0,10	0,30	0,11	0,15	0,00	0,01	<0,01	0,01
δ-HCH	0,09	<0,05	<0,05	<0,02	0,00	<0,01	<0,01	<0,01
HCH totale	0,35	1,14	0,11	0,20	0,01	0,05	-	0,02
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	0,49	0,59	0,10	0,08	0,01	0,03	<0,01	0,01
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	<0,05	0,10	<0,10	<0,05	<0,01	0,00	<0,01	<0,01
Endrin	<0,10	0,30	<0,30	<0,05	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Metoxyclor	<0,30	<0,15	<0,30	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex	<0,10	<0,05	<0,20	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	0,49	0,99	0,10	0,08	0,01	0,04	-	0,01
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	1,24	<0,2	<0,40	<0,05	0,03	<0,01	<0,02	<0,01
PCB 28	<0,2	<0,1	<0,30	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 31	1,44	<0,1	0,22	<0,05	0,04	<0,01	0,01	<0,01
PCB 52	nd	nd	<0,20	<0,05	nd	nd	nd	<0,01
PCB 44	3,49	0,55	<0,20	<0,09	0,09	0,02	<0,01	<0,01
PCB 101	1,83	<0,1	0,26	0,09	0,05	<0,01	0,01	0,01
PCB 149	0,59	0,19	0,43	<0,05	0,02	0,01	0,01	<0,01
PCB 118	0,63	0,47	0,28	0,13	0,02	0,02	0,01	0,01
PCB 153	1,42	1,01	0,68	0,30	0,04	0,04	0,02	0,02
PCB 138	1,59	1,07	0,58	0,30	0,04	0,05	0,02	0,02
PCB 180	1,16	0,74	0,42	0,20	0,03	0,03	0,01	0,01
PCB 170	1,15	0,32	0,22	0,09	0,03	0,01	0,01	0,01
PCB 194	<0,1	0,45	<0,20	<0,05	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
PCB totale	13,30	4,80	3,09	1,11	0,35	0,21	0,10	0,08

Tabella 5.7. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti fluviali del F. Toce.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	9,65	2,42	1,48	7,34	2,24	0,28	0,12	0,14
pp-DDT	14,48	23,20	19,58	33,45	3,37	2,67	1,63	0,62
op-DDE	0,77	0,78	0,83	1,08	0,18	0,09	0,07	0,02
pp-DDE	2,45	22,54	3,11	3,27	0,57	2,59	0,26	0,06
op-DDD	nd	nd	2,49	2,57	nd	nd	0,21	0,05
pp-DDD	5,16	6,08	3,62	5,89	1,20	0,70	0,30	0,11
DDT totale	32,51	55,02	28,62	53,60	7,56	6,32	2,59	0,99
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	0,07	0,15	<0,10	<0,01	0,02	0,02	<0,02	<0,01
β-HCH	0,54	<0,25	<0,20	<0,04	0,12	<0,01	<0,02	<0,01
γ-HCH	0,33	0,38	0,23	0,03	0,08	0,04	0,02	0,01
δ-HCH	0,08	0,47	0,20	<0,02	0,02	0,05	0,02	<0,01
HCH totale	1,01	0,99	0,43	0,03	0,23	0,11	0,04	0,01
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	0,24	0,78	1,06	0,17	0,06	0,09	0,09	0,01
T-eptacloro	<0,05	<0,05	<0,10	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	<0,05	<0,05	<0,20	<0,05	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01
Endrin	<0,10	<0,10	<1,30	<0,05	<0,01	<0,01	<0,10	<0,01
Metoxyclor	<0,30	<0,25	<0,90	<0,02	<0,01	<0,01	<0,10	<0,01
Mirex	<0,10	<0,15	<0,50	<0,05	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01
totale	0,24	0,78	1,06	0,17	0,06	0,09	0,09	0,01
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	<0,3	1,86	<0,50	<0,05	<0,01	0,21	<0,04	<0,01
PCB 28	<0,2	<0,25	0,48	<0,05	<0,01	<0,01	0,04	<0,01
PCB 31	<0,2	<0,35	<0,20	<0,05	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01
PCB 52	nd	nd	<0,40	0,08	nd	nd	nd	0,01
PCB 44	<0,15	0,32	<0,30	<0,05	<0,01	0,04	<0,03	<0,01
PCB 101	0,38	0,73	0,48	0,22	0,09	0,08	0,04	0,01
PCB 149	<0,1	0,61	<1,40	0,21	<0,01	0,07	<0,10	0,01
PCB 118	0,60	0,67	<0,70	0,18	0,14	0,08	<0,15	0,01
PCB 153	0,52	0,75	1,16	0,30	0,12	0,09	0,10	0,01
PCB 138	0,50	0,78	0,79	0,41	0,12	0,09	0,07	0,01
PCB 180	<0,1	0,42	0,54	0,18	<0,01	0,05	0,05	0,01
PCB 170	0,23	0,31	<0,40	0,10	0,05	0,04	<0,05	0,01
PCB 194	<0,1	<0,1	<0,50	<0,05	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01
PCB totale	2,23	4,59	3,45	1,68	0,52	0,53	0,29	0,08

Tabella 5.8. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Ticino emissario.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	0,98	0,36	0,26	0,76	0,02	0,01	0,01	0,02
pp-DDT	6,30	47,86	1,52	16,30	0,15	0,89	0,04	0,41
op-DDE	0,35	0,81	0,23	0,17	0,01	0,01	0,01	0,00
pp-DDE	4,16	12,36	13,17	4,80	0,10	0,23	0,34	0,12
op-DDD	nd	nd	4,74	0,78	nd	nd	0,12	0,02
pp-DDD	6,10	11,33	2,70	2,35	0,15	0,21	0,07	0,06
DDT totale	17,90	72,73	22,62	25,16	0,44	1,35	0,58	0,63
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	0,13	0,40	<0,01	0,00	0,00	<0,01	<0,01
β-HCH	0,64	1,73	<0,20	<0,04	0,02	0,03	<0,02	<0,01
γ-HCH	0,29	<0,05	<0,10	0,11	0,01	<0,01	<0,03	0,01
δ-HCH	<0,10	<0,10	<0,10	<0,02	<0,01	<0,01	<0,04	<0,01
HCH totale	0,99	1,86	0,40	0,11	0,02	0,03	-	0,01
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	1,46	1,72	0,93	1,12	0,04	0,03	0,02	0,03
T-eptacloro	1,19	<0,05	<0,10	<0,05	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	<0,05	0,12	<0,20	<0,05	<0,01	0,00	<0,01	<0,01
Endrin	<0,10	<0,10	<1,30	<0,05	<0,01	<0,01	<0,03	<0,01
Metoxyclor	<0,30	<0,25	2,41?	<0,02	<0,01	<0,01	0,06	<0,01
Mirex	<0,10	<0,15	<0,50	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
totale	2,66	1,84	0,93	1,12	0,07	0,03	0,08	0,03
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	<0,30	3,83	<0,50	<0,05	<0,01	0,07	<0,01	<0,01
PCB 28	<0,20	<0,25	<0,30	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 31	0,22	<0,30	0,30	<0,05	0,01	<0,01	0,01	<0,01
PCB 52	nd	nd	<0,40	3,26	nd	nd	nd	0,08
PCB 44	1,21	1,10	1,60	0,46	0,03	0,02	0,04	0,01
PCB 101	5,21	8,98	4,75	4,10	0,13	0,17	0,12	0,10
PCB 149	0,37	2,47	3,04	5,42	0,01	0,05	0,08	0,14
PCB 118	6,18	5,87	13,07	5,42	0,15	0,11	0,34	0,14
PCB 153	6,21	5,83	3,75	3,54	0,15	0,11	0,10	0,09
PCB 138	6,41	6,10	5,58	3,74	0,16	0,11	0,14	0,09
PCB 180	2,34	2,72	1,92	0,18	0,06	0,05	0,05	0,01
PCB 170	1,01	1,25	0,99	<0,05	0,02	0,02	0,03	<0,01
PCB 194	0,50	<0,10	0,63	<0,05	0,01	<0,01	0,02	<0,01
PCB totale	29,66	34,33	35,63	26,12	0,73	0,64	0,91	0,66

Tabella 5.9. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Boesio.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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		4,26	<0,50	<0,02		0,13	<0,01	<0,01
pp-DDT		3,58	2,16	<0,02		0,11	0,07	<0,01
op-DDE		1,14	0,63	<0,01		0,03	0,02	<0,01
pp-DDE		2,51	<0,20	0,05		0,07	<0,01	0,01
op-DDD		nd	1,38	0,97		nd	nd	0,02
pp-DDD		1,14	<0,50	0,13		0,03	<0,01	0,01
DDT totale		12,63	4,17	1,15		0,37	0,09	0,04
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		0,07	<0,10	0,02		0,002	<0,01	0,01
β-HCH		<0,05	<0,30	<0,04		<0,01	<0,01	<0,01
γ-HCH		0,18	<0,20	<0,02		0,01	<0,01	<0,01
δ-HCH		<0,05	<0,20	0,05		<0,01	<0,01	0,01
HCH totale		0,25	-	0,07		0,01	-	0,02
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		0,44	<0,10	0,12		0,01	<0,01	0,01
T-eptacloro		<0,05	<0,20	<0,05		<0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin		<0,05	<0,30	<0,05		<0,01	<0,01	<0,01
Endrin		<0,05	<0,90	<0,05		<0,01	<0,03	<0,01
Metoxyclor		<0,05	<1,90	<0,02		<0,01	<0,06	<0,01
Mirex		<0,05	<0,50	<0,05		<0,01	<0,02	<0,01
totale		0,44	-	0,12		0,01	-	0,01
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18		1,34	<0,80	<0,05		0,04	<0,03	<0,01
PCB 28		<0,1	<0,60	<0,05		<0,01	<0,03	<0,01
PCB 31		0,27	<0,50	<0,05		0,01	<0,03	<0,01
PCB 52		<0,1	<0,50	0,11		nd	nd	0,01
PCB 44		0,48	<0,50	<0,05		0,01	<0,03	<0,01
PCB 101		2,88	<0,60	<0,05		0,08	<0,03	<0,01
PCB 149		0,98	<0,70	<0,05		0,03	<0,03	<0,01
PCB 118		2,19	<0,60	<0,05		0,06	<0,03	<0,01
PCB 153		1,94	<0,70	<0,05		0,06	<0,03	<0,01
PCB 138		2,32	2,60	<0,05		0,07	0,09	<0,01
PCB 180		0,95	1,65	<0,05		0,03	0,06	<0,01
PCB 170		0,45	<0,50	<0,05		0,01	<0,03	<0,01
PCB 194		0,28	<0,90	<0,05		0,01	<0,03	<0,01
PCB totale		12,73	4,25	0,11		0,37	0,14	0,01

Tabella 5.10. Concentrazione dei principali composti organoclorurati nei sedimenti del F. Bardello.

	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</i>	<i>aprile 2002</i>	<i>luglio 2002</i>	<i>ottobre 2002</i>	<i>gennaio 2003</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	<0,05	<0,20	<0,02		<0,01	<0,01	<0,01	
pp-DDT	0,84	0,34	0,14		0,03	0,01	0,01	
op-DDE	<0,05	<0,20	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	
pp-DDE	1,56	1,38	0,17		0,06	0,06	0,01	
op-DDD	nd	2,10	0,03		nd	0,08	0,01	
pp-DDD	0,40	0,52	0,10		0,01	0,02	0,01	
DDT totale	2,81	4,34	0,44		0,10	0,17	0,04	
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	<0,10	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	
β-HCH	<0,05	<0,20	<0,04		<0,01	<0,01	<0,01	
γ-HCH	0,15	0,27	0,05		0,01	0,01	0,01	
δ-HCH	<0,05	<0,10	<0,02		<0,01	<0,01	<0,01	
HCH totale	0,15	0,27	0,05		0,01	0,01	0,01	
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	0,50	0,47	0,22		0,02	0,02	0,01	
T-eptacloro	<0,05	<0,10	<0,05		<0,01	<0,01	<0,01	
Dieldrin	0,09	<0,20	<0,05		0,00	<0,01	<0,01	
Endrin	<0,05	<0,40	<0,05		<0,01	<0,02	<0,01	
Metoxyclor	<0,1	<0,80	<0,02		<0,01	<0,04	<0,01	
Mirex	<0,05	<0,40	<0,05		<0,01	<0,02	<0,01	
totale	0,59	0,47	0,22		0,02	0,02	0,01	
PCB	Concentrazioni riferite al peso secco di sedimento (ng g ⁻¹)				Concentrazioni normalizzate sui contenuti di carbonio organico (ng mg ⁻¹)			
PCB 18	1,39	<0,40	<0,05		0,05	<0,02	<0,01	
PCB 28	<0,1	<0,60	<0,05		<0,01	<0,03	<0,01	
PCB 31	0,15	<0,40	<0,05		0,01	<0,02	<0,01	
PCB 52	<0,1	<0,30	0,13		<0,01	nd	0,01	
PCB 44	<0,05	1,77	<0,05		<0,01	0,07	<0,01	
PCB 101	4,38	2,78	0,26		0,16	0,11	0,01	
PCB 149	1,04	1,68	0,40		0,04	0,07	0,02	
PCB 118	1,51	1,65	0,42		0,05	0,07	0,02	
PCB 153	2,26	2,14	1,44		0,08	0,09	0,07	
PCB 138	2,65	2,53	2,20		0,09	0,10	0,10	
PCB 180	<0,05	1,41	0,64		<0,01	0,06	0,03	
PCB 170	<0,05	0,65	0,24		<0,01	0,03	0,01	
PCB 194	<0,05	<0,40	0,19		<0,01	<0,02	0,01	
PCB totale	11,99	14,61	5,92		0,43	0,58	0,28	

Per quanto riguarda i campioni della Verzasca Foce (Tabella 5.3) i quattro campionamenti eseguiti mostrano una maggiore contaminazione da DDT, PCB e HCB rispetto a quelli del Fiume Maggia. Sono prevalenti pp'DDT e pp'DDE rispetto agli altri isomeri e metaboliti, mettendo in evidenza una contaminazione da DDT abbastanza recente, probabilmente da imputare al trasporto atmosferico di questo composto attraverso i venti che principalmente hanno direzione Sud-Nord (CIP AIS, 1999). Esprimendo i risultati rispetto al carbonio organico i valori di DDT totale e PCB si attestano tra 0,1 e 0,2 ng mg⁻¹.

I due campioni della Verzasca di Tenero (Tabella 5.4) sono caratterizzati da concentrazioni simili a quelle della foce per gli insetticidi organoclorurati e da un campione di ottobre 2002 con una contaminazione più elevata da PCB. Tali livelli, se normalizzati rispetto al contenuto in carbonio organico, rientrano in quelli già osservati per l'altra stazione della Verzasca, quella della foce.

Per quanto concerne il Margorabbia (Tabella 5.5) si osserva una modesta contaminazione da composti organoclorurati con qualche eccezione per i PCB nei campionamenti di aprile e luglio 2002 che raggiungono valori pari a 10 ng g⁻¹, così come già evidenziato per il campione raccolto nel gennaio 2002 (CIP AIS, 2002). Tale contaminazione da PCB non tende a diminuire, neppure normalizzando rispetto al carbonio organico contenuto (valori compresi tra 0,7 e 1,2 ng mg⁻¹).

Simile situazione si osserva per il Tresa (Tabella 5.6) con una modesta contaminazione da DDT ed altri insetticidi organoclorurati. Per i PCB i valori sono inferiori rispetto a quelli del Margorabbia, unico campione con valori maggiori a quelli di fondo è quello dell'aprile 2002.

Differente è la situazione del Toce (Tabella 5.7) in cui è prevalente la contaminazione da DDT, in particolare modo pp'DDT con un intervallo di valori compreso tra 30 e 55 ng g⁻¹, mentre la contaminazione degli altri composti organoclorurati è invece molto modesta. Anche normalizzando rispetto al carbonio organico le concentrazioni di DDT osservate sono elevate e comprese tra 1 e 8 ng mg⁻¹.

I campioni di sedimento del Ticino emissario (Tabella 5.8) evidenziano come il DDT accumulato nel Lago Maggiore venga trasportato in uscita dal lago nell'emissario e sia quindi disponibile per un ulteriore trasporto da qui al Fiume Po. Anche normalizzando rispetto al carbonio organico i valori di DDT totale sono compresi tra 0,5 e 1,4, ben superiori a valori di fondo osservati per il Maggia. Per quanto concerne i PCB, i livelli sono piuttosto elevati, variano da 26 a 35 ng g⁻¹, le differenze rimangono tali anche dividendo per la frazione organica. La contaminazione da PCB non è tuttavia da imputare al Fiume Toce e va ricercata in altri fonti di contaminazione come: presenza di fonti locali quali immissioni dirette nelle acque del lago da aree industriali o impianti di depurazione; contributi di altri immissari del Lago Maggiore, quali Margorabbia, Bardello e 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 (CIP AIS, 2002).

I risultati delle analisi dei campioni dei fiumi Boesio (Tabella 5.9) e Bardello (Tabella 5.10) evidenziano una contaminazione superiore a quella di fondo per entrambi, e tali livelli rimangono superiori a quelli dei fiumi non contaminati anche se si normalizza per il carbonio organico. La contaminazione da DDT ed altri insetticidi organoclorurati è invece più contenuta in questi due fiumi.

In conclusione si può affermare che per Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Bardello e Boesio la contaminazione da DDT è contenuta ed è proporzionale all'arricchimento in carbonio organico del sedimento. Al contrario per il Toce e il Ticino emissario si è assistito ad un arricchimento del sedimento in livelli di DDT rispetto al

carbonio organico: per il Toce, probabilmente a causa dell'apporto dovuto al dilavamento del terreno presso l'insediamento produttivo di Pieve Vergonte; per il Ticino emissario, a causa degli apporti derivanti dal Fiume Toce a lago.

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

Altri insetticidi organoclorurati (trans-eptacloroepossido, dieldrin, endrin, mirex e metoxyclor) sono risultati per lo più assenti ($< 0,1 \text{ ng g}^{-1}$), mentre la contaminazione da HCB è trascurabile.

Bibliografia

CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore*. Rapporto finale sui risultati delle indagini, 81 pp.

CIP AIS. 2002. *Monitoraggio della presenza di DDT ed altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore*. Rapporto Annuale aprile 2001 – marzo 2002, 89 pp.

6. 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 2002 ad aprile 2003. A causa della persistente siccità invernale che ha caratterizzato i mesi da gennaio a marzo 2003, nel periodo in studio sono stati raccolti 11 campioni di precipitazioni per le stazioni svizzere e di Pallanza e 10 campioni per quella di Alpe Devero. La raccolta e la preparazione dei campioni medi ponderati è stata condotta dal CNR-ISE per le stazioni italiane e dal DT-SPAA per quelle svizzere. Un campione, quello di agosto 2002, di Alpe Devero è stato perso durante il campionamento.

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

I risultati delle analisi sono stati riportati nelle Tabelle 6.1–6.4 come concentrazioni assolute misurate (ng l^{-1}), nonché nelle Tabelle 6.5–6.8 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 6.1 e 6.5) le concentrazioni più alte e il carico maggiore di composti organoclorurati riguardano il campione raccolto nel giugno 2002, in una stagione di intense piogge, come anche verificatosi nell'annualità precedente (campione con concentrazioni massime nel maggio 2001). In merito al DDT totale, il carico annuale misurato a Pallanza è di $0,153 \text{ ng cm}^{-2}$ ed è pari al 50% di quello determinato nell'annualità precedente. Il carico di DDT totale risulta composto per il 73% da pp'DDT, quindi prevalentemente dal composto parentale. Tra gli isomeri del HCH è maggioritaria 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 (di $1,03 \text{ ng cm}^{-2}$) è simile a quello delle altre stazioni considerate, ad eccezione di quella di Alpe Devero. L'HCb è l'unico altro insetticida organoclorurato frequentemente presente (carico $0,05 \text{ ng cm}^{-2}$). Anche per i PCBs il carico calcolato per Pallanza ($0,48 \text{ ng cm}^{-2}$) è in linea con quello misurato per le altre stazioni considerate e simile a quello calcolato l'anno precedente.

Per quanto concerne la stazione di Alpe Devero (Tabelle 6.2 e 6.6), i campioni raccolti rivelano una contaminazione da composti OC simile alla situazione di Pallanza con l'eccezione del carico di HCH che risulta 3,4 volte superiore a quello di Pallanza. È prevalente la contaminazione da lindano. L'altitudine sembra quindi avere un effetto di focalizzazione dei composti organoclorurati più volatili come il lindano nelle aree più fredde delle Alpi, fenomeno che era già stato osservato nell'anno precedente sempre per il lindano nel caso della stazione d'alta quota di Robiei.

Tabella 6.1. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	<0,20	nd	<0,05
pp-DDT	0,30	1,48	1,36	<0,10	0,39	0,28	0,13	<0,05	<0,20	<0,20	nd	<0,05
op-DDE	<0,10	<0,10	<0,05	<0,10	<0,10	<0,03	<0,02	<0,03	<0,10	<0,10	nd	<0,03
pp-DDE	<0,10	0,56	<0,05	<0,10	0,15	<0,03	<0,02	<0,03	<0,10	<0,10	nd	<0,03
op-DDD	<0,10	<0,10	<0,05	0,23	<0,10	<0,03	<0,02	<0,03	<0,10	<0,10	nd	<0,03
pp-DDD	<0,10	<0,10	<0,05	0,14	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	<0,20	nd	<0,05
DDT totale	0,30	2,04	1,50	0,37	0,83	0,28	0,13	-	-	-	nd	-

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,21	0,31	0,15	0,27	0,44	0,23	0,24	0,26	0,33	0,26	nd	0,37
β-HCH	1,18	0,40	<0,05	0,23	0,38	<0,12	<0,13	<0,14	2,73	<0,60	nd	1,19
γ-HCH	4,22	6,50	2,14	1,78	1,62	<0,04	1,80	0,63	2,71	1,98	nd	1,57
δ-HCH	0,46	0,23	<0,05	<0,10	<0,10	<0,07	<0,07	<0,05	<0,20	<0,30	nd	<0,05
HCH totale	6,07	7,44	2,29	2,28	2,44	0,23	2,04	0,89	5,77	2,24	nd	3,13

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	<0,10	1,28	<0,05	0,15	<0,10	<0,04	<0,04	0,12	0,45	0,36	nd	0,45
T-eptacloro	<0,10	0,28	<0,05	0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,13	<0,50	<0,60	nd	<0,13
Dieldrin	<0,10	<0,10	0,20	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,13	<0,50	<0,60	nd	<0,13
Endrin	<0,10	<0,10	0,05	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,13	<0,50	<0,60	nd	<0,13
Metoxychlor	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	<0,20	nd	<0,05
Mirex	<0,10	<0,10	<0,05	<0,10	0,18	<0,13	<0,12	<0,13	<0,50	<0,60	nd	<0,13
totale	-	1,56	0,25	0,26	0,18	-	-	0,12	0,45	0,36	nd	0,45

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,47	<0,10	<0,10	0,63	0,47	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	0,25	nd	0,06
PCB 28	0,31	<0,10	0,49	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 31	1,89	<0,10	<0,05	0,14	1,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,05	<0,05	0,06	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 44	<0,10	2,76	<0,05	0,09	<0,10	<0,05	<0,09	0,10	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 101	0,18	<0,10	<0,05	0,20	0,33	<0,05	0,06	<0,05	<0,18	<0,23	nd	0,06
PCB 149	<0,10	<0,10	<0,05	0,32	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 118	<0,10	<0,10	<0,05	4,19	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 153	<0,10	<0,10	<0,05	<0,10	0,33	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 138	<0,10	0,22	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 180	<0,10	<0,10	0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 170	<0,10	0,26	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCB 194	<0,10	<0,10	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,18	<0,23	nd	<0,05
PCBs totali	2,38	3,24	0,54	4,94	2,13	-	0,06	0,16	-	0,25	nd	0,12

Tabella 6.2. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	0,09	<0,1	0,22	nd	0,05	<0,05	<0,05	<0,13	nd	<0,10	nd	<0,05
pp-DDT	0,62	0,69	1,19	nd	0,57	0,49	<0,05	<0,13	nd	<0,10	nd	<0,05
op-DDE	<0,05	<0,1	<0,05	nd	<0,05	<0,03	<0,03	<0,07	nd	<0,05	nd	<0,03
pp-DDE	0,77	0,35	<0,05	nd	0,09	<0,03	<0,03	<0,07	nd	<0,05	nd	<0,03
op-DDD	<0,15	<0,1	<0,1	nd	<0,05	<0,03	<0,03	<0,07	nd	<0,05	nd	<0,03
pp-DDD	<0,05	<0,1	<0,05	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,13	nd	<0,10	nd	0,13
DDT totale	1,49	1,04	1,42	nd	0,70	0,49	-	-	nd	-	nd	0,13

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	<0,05	0,38	0,21	nd	0,23	0,25	0,16	<0,14	nd	0,20	nd	0,49
β-HCH	<0,15	<0,10	<0,10	nd	<0,05	<0,13	<0,15	<0,50	nd	<0,30	nd	<0,10
γ-HCH	2,83	3,17	3,00	nd	2,90	<0,05	0,65	9,92	nd	2,88	nd	2,35
δ-HCH	<0,05	0,40	<0,05	nd	0,10	<0,08	<0,07	<0,20	nd	<0,15	nd	0,36
HCH totale	2,83	3,95	3,21	nd	3,23	0,25	0,81	9,92	nd	3,08	nd	3,20

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,14	<0,10	0,30	nd	0,10	<0,04	<0,04	0,35	nd	<0,20	nd	0,14
T-eptacloro	0,12	0,22	<0,05	nd	<0,05	<0,13	<0,13	<0,35	nd	<0,25	nd	<0,13
Dieldrin	0,10	<0,10	0,11	nd	0,06	<0,13	<0,13	<0,35	nd	<0,25	nd	<0,13
Endrin	0,20	<0,10	0,19	nd	0,06	<0,13	<0,13	<0,35	nd	<0,25	nd	<0,13
Metoxyclor	<0,10	<0,10	<0,1	nd	<0,10	<0,05	<0,05	<0,13	nd	<0,10	nd	<0,05
Mirex	<0,10	<0,10	<0,05	nd	<0,05	<0,13	<0,13	<0,35	nd	<0,25	nd	<0,13
totale	0,55	0,22	0,60	-	0,21	-	-	0,35	nd	0,00	nd	0,14

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	<0,15	<0,10	<0,15	nd	0,22	<0,05	<0,05	0,28	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 28	<0,10	<0,10	<0,25	nd	<0,15	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 31	<0,10	<0,10	<0,10	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,05	<0,05	0,15	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 44	0,13	<0,10	<0,05	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 101	0,48	<0,10	<0,10	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	0,06
PCB 149	<0,10	<0,10	<0,05	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 118	<0,15	<0,10	<0,10	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,10	<0,10	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 138	<0,05	<0,10	<0,05	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	0,07
PCB 180	<0,05	<0,10	<0,05	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 170	<0,05	0,11	<0,05	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCB 194	<0,05	<0,10	<0,05	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,14	nd	<0,10	nd	<0,05
PCBs totali	0,61	0,11	-	nd	-	-	-	0,43	nd	-	nd	0,13

Tabella 6.3. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
pp-DDT	1,43	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	0,07
op-DDE	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,10	nd	<0,03
pp-DDE	0,09	0,13	0,14	<0,10	0,17	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,10	nd	<0,03
op-DDD	<0,10	<0,10	0,16	0,20	0,29	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,10	nd	0,05
pp-DDD	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	0,46
DDT totale	1,81	0,13	0,30	0,20	0,46	-	-	-	-	-	nd	0,58

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,13	0,10	<0,10	0,25	<0,10	<0,04	0,13	0,18	0,26	0,14	nd	<0,04
β-HCH	0,44	<0,10	<0,10	0,51	4,55	<0,15	<0,40	<0,18	0,82	<0,70	nd	0,75
γ-HCH	1,48	0,92	<0,10	2,69	0,76	<0,05	0,79	0,70	0,75	0,94	nd	0,42
δ-HCH	<0,05	0,11	0,56	<0,10	0,04	<0,09	<0,40	<0,06	0,10	<0,30	nd	0,25
HCH totale	2,05	1,13	0,56	3,45	5,34	-	0,92	0,88	1,93	1,08	nd	1,42

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	0,19	0,07	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,12	<0,05	0,75	0,91	nd	0,43
T-eptacloro	0,27	0,07	<0,10	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,13	<0,13	<0,50	nd	<0,13
Dieldrin	<0,15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,13	<0,13	<0,50	nd	<0,13
Endrin	<0,15	<0,25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,13	<0,13	<0,50	nd	<0,13
Metoxychlor	<0,20	<0,30	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
Mirex	<0,15	<0,30	<0,10	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,13	<0,13	<0,50	nd	<0,13
totale	0,46	0,14	-	-	-	-	-	-	0,75	0,91	nd	0,43

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	0,17	0,61	<0,10	0,17	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,42	nd	<0,05
PCB 28	<0,15	<0,25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 31	<0,15	<0,25	<0,10	<0,10	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,22	nd	<0,05
PCB 44	<0,15	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 101	0,10	<0,15	<0,10	<0,10	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 149	<0,10	<0,20	<0,10	0,14	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 118	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 153	0,13	0,16	0,17	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 138	<0,05	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 180	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCB 170	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	nd	<0,05
PCBs totali	0,23	0,16	0,31	0,28	0,54	-	-	0,06	0,06	0,64	nd	-

Tabella 6.4. Concentrazione [ng l⁻¹] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003			
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
op-DDT	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	0,05	0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
pp-DDT	0,35	0,13	<0,10	<0,10	0,41	0,20	0,23	<0,05	<0,05	<0,05	nd	0,06
op-DDE	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,02	<0,03	nd	<0,03
pp-DDE	0,20	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,02	<0,03	nd	<0,03
op-DDD	<0,15	<0,15	<0,10	<0,10	<0,15	<0,03	<0,03	<0,03	<0,02	<0,03	nd	<0,05
pp-DDD	<0,01	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	0,33
DDT totale	0,56	0,13	-	-	0,41	0,20	0,28	0,05	-	-	nd	0,39

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
α-HCH	0,04	0,07	0,08	<0,10	<0,05	0,06	<0,13	<0,04	0,15	0,33	nd	0,06
β-HCH	2,87	1,63	<0,10	<0,10	<0,10	0,25	<0,40	<0,16	0,50	0,70	nd	0,47
γ-HCH	2,09	0,44	3,59	0,73	1,95	<0,05	0,89	<0,05	0,65	0,77	nd	0,76
δ-HCH	0,23	0,23	0,64	0,10	<0,05	<0,09	<0,20	<0,05	<0,05	0,12	nd	<0,05
HCH totale	5,23	2,37	4,31	0,83	1,95	0,31	0,89	-	1,30	1,92	nd	1,29

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
HCB	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	0,43	<0,05	0,55	<0,10	0,20	0,40	nd	0,34
T-eptacloro	0,10	0,14	<0,10	0,11	<0,05	<0,13	<0,13	<0,13	<0,12	<0,13	nd	<0,13
Dieldrin	0,06	<0,05	<0,10	<0,10	0,07	<0,13	<0,13	<0,13	<0,12	<0,13	nd	<0,13
Endrin	0,10	0,06	<0,10	<0,10	0,28	<0,13	<0,13	<0,13	<0,12	<0,13	nd	<0,13
Metoxychlor	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
Mirex	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	0,05	<0,13	<0,13	0,13	<0,12	<0,13	nd	<0,13
totale	0,26	0,19	-	0,11	0,82	-	0,55	0,13	0,20	0,40	nd	0,34

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr
PCB 18	<0,15	<0,15	<0,10	0,27	<0,15	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	0,10	nd	<0,05
PCB 28	<0,10	1,95	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCB 31	<0,10	0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,06	nd	<0,05
PCB 44	0,15	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCB 101	<0,10	<0,10	0,98	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCB 149	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCB 118	0,52	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCB 153	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	nd	<0,05
PCB 138	0,19	<0,05	<0,10	0,15	0,03	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	nd	0,08
PCB 180	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	nd	<0,05
PCB 170	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCB 194	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	nd	<0,05
PCBs totali	0,87	2,12	0,98	0,15	0,15	-	-	0,10	0,28	0,16	nd	0,08

Tabella 6.5. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Pallanza.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,002	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,005
pp-DDT	0,021	0,041	0,027	<0,001	0,010	0,002	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,112
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
pp-DDE	<0,001	0,015	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,019
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,007
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,005	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,009
DDT totale	0,021	0,056	0,030	0,011	0,021	0,002	0,011	0,000	0,000	0,000	nd	0,000	0,153

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,015	0,008	0,003	0,008	0,011	0,002	0,021	0,001	0,001	0,001	nd	0,002	0,073
β-HCH	0,082	0,011	<0,001	0,007	0,010	<0,001	<0,001	<0,001	0,011	<0,001	nd	0,005	0,126
γ-HCH	0,296	0,178	0,042	0,055	0,041	<0,001	0,154	0,003	0,011	0,001	nd	0,007	0,787
δ-HCH	0,032	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,006	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,038
HCH totale	0,425	0,204	0,045	0,070	0,062	0,002	0,175	0,004	0,023	0,002	nd	0,013	1,025

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	<0,001	0,035	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,003	0,001	0,002	0,001	nd	0,002	0,046
T-eptacloro	<0,001	0,008	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,010	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,011
Dieldrin	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,010	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,004
Endrin	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,010	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,001
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,010	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,005
totale	0,000	0,043	0,005	0,008	0,005	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	nd	0,002	0,066

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,033	<0,001	<0,001	0,019	0,012	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	0,001	nd	0,001	0,066
PCB 28	0,022	<0,001	0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,031
PCB 31	0,132	<0,001	<0,001	0,004	0,032	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,169
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,001	<0,004	0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 44	<0,001	0,076	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,004	0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,079
PCB 101	0,013	<0,001	<0,001	0,006	0,008	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	nd	0,001	0,033
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	0,010	0,006	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,015
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	0,129	<0,001	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,129
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,008
PCB 138	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,006
PCB 180	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 170	<0,001	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,007
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,004	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
PCBs totali	0,167	0,089	0,011	0,152	0,054	0,000	0,005	0,002	0,000	0,001	nd	0,002	0,483

Tabella 6.6. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Alpe Devero.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	0,004	<0,001	0,002	nd	0,001	<0,001	<0,003	<0,039	nd	<0,001	nd	<0,001	0,01
pp-DDT	0,028	0,017	0,010	nd	0,007	0,004	<0,003	<0,039	nd	<0,001	nd	<0,001	0,07
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,002	<0,021	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
pp-DDE	0,035	0,008	<0,001	nd	0,001	<0,001	<0,002	<0,021	nd	<0,001	nd	<0,001	0,04
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,002	<0,021	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,039	nd	<0,001	nd	0,002	0,00
DDT totale	0,068	0,025	0,012	nd	0,008	0,004	0,000	0,000	nd	0,000	nd	0,002	0,12

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	<0,001	0,009	0,002	nd	0,003	0,002	0,010	<0,042	nd	0,001	nd	0,006	0,03
β-HCH	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,010	<0,150	nd	<0,002	nd	<0,001	0,00
γ-HCH	0,129	0,076	0,025	nd	0,035	<0,001	0,041	3,002	nd	0,014	nd	0,030	3,35
δ-HCH	<0,001	0,010	<0,001	nd	0,001	<0,001	<0,004	<0,060	nd	<0,001	nd	0,005	0,02
HCH totale	0,129	0,095	0,027	nd	0,039	0,002	0,051	3,002	nd	0,015	nd	0,040	3,40

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,006	<0,001	0,003	nd	0,001	<0,001	<0,002	0,106	nd	<0,002	nd	0,002	0,12
T-eptacloro	0,005	0,005	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,008	<0,100	nd	<0,001	nd	<0,002	0,01
Dieldrin	0,005	<0,001	0,001	nd	0,001	<0,001	<0,008	<0,100	nd	<0,001	nd	<0,002	0,01
Endrin	0,009	<0,001	0,002	nd	0,001	<0,001	<0,008	<0,100	nd	<0,001	nd	<0,002	0,01
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,039	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,008	<0,100	nd	<0,001	nd	<0,002	0,00
totale	0,025	0,005	0,005	nd	0,003	0,000	0,000	0,106	nd	0,000	nd	0,002	0,15

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	<0,001	<0,001	<0,001	nd	0,003	<0,001	<0,003	0,084	nd	<0,001	nd	<0,001	0,09
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 31	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 44	0,006	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,01
PCB 101	0,022	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	0,001	0,02
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 138	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	0,001	0,00
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 170	<0,001	0,003	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	<0,001	<0,003	<0,042	nd	<0,001	nd	<0,001	0,00
PCBs totali	0,028	0,003	0,000	nd	0,000	0,000	0,000	0,084	nd	0,000	nd	0,002	0,12

Tabella 6.7. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Locarno Monti.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003				Carico annuale
	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	
op-DDT	0,014	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,014
pp-DDT	0,074	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,074
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
pp-DDE	0,005	0,004	0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,012
op-DDD	<0,001	<0,001	0,001	0,004	0,004	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,009
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	0,002	0,002
DDT totale	0,093	0,004	0,003	0,004	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	nd	0,002	0,112

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,007	0,003	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,009	0,002	0,010	0,001	nd	<0,001	0,036
β-HCH	0,023	<0,001	<0,001	0,010	0,061	<0,001	<0,027	<0,002	0,033	<0,001	nd	0,003	0,130
γ-HCH	0,077	0,026	<0,001	0,055	0,010	<0,001	0,053	0,008	0,030	0,001	nd	0,001	0,261
δ-HCH	<0,001	0,003	0,005	<0,001	0,000	<0,001	<0,013	<0,001	0,004	<0,001	nd	0,001	0,014
HCH totale	0,106	0,032	0,005	0,070	0,072	0,000	0,062	0,010	0,077	0,002	nd	0,005	0,441

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	0,010	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,008	<0,001	0,030	0,001	nd	0,002	0,045
T-eptacloro	0,014	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,008	<0,002	<0,005	<0,001	nd	<0,001	0,016
Dieldrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,008	<0,002	<0,005	<0,001	nd	<0,001	0,000
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,008	<0,002	<0,005	<0,001	nd	<0,001	0,000
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,000
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,008	<0,002	<0,005	<0,001	nd	<0,001	0,000
totale	0,024	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,001	nd	0,002	0,061

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	0,009	0,017	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	0,002	0,001	nd	<0,001	0,033
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,000
PCB 31	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 44	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,003
PCB 101	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,006
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,002	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,005
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,000
PCB 153	0,007	0,005	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,013
PCB 138	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,002
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,002	<0,001	nd	<0,001	0,000
PCBs totali	0,012	0,005	0,003	0,006	0,007	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	nd	0,000	0,037

Tabella 6.8. Carico [ng cm⁻²] dei principali composti organoclorurati nelle precipitazioni atmosferiche raccolte nella stazione di Robiei.

DDT isomeri e metaboliti	Anno 2002								Anno 2003				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	0,047	0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,048
pp-DDT	0,019	0,004	<0,001	<0,001	0,007	0,005	0,057	<0,001	<0,001	<0,001	nd	0,001	0,093
op-DDE	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
pp-DDE	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,062	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,073
op-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,049	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,049
pp-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,034	<0,001	<0,001	<0,001	nd	0,004	0,038
DDT totale	0,031	0,004	0,000	0,000	0,007	0,005	0,249	0,001	0,000	0,000	nd	0,005	0,301

Lindano ed isomeri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
α-HCH	0,002	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,002	<0,008	<0,001	0,001	0,003	nd	0,001	0,013
β-HCH	0,157	0,049	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	<0,025	<0,002	0,004	0,007	nd	0,006	0,230
γ-HCH	0,115	0,013	0,081	0,019	0,033	<0,001	0,056	<0,001	0,005	0,008	nd	0,010	0,340
δ-HCH	0,013	0,007	0,015	0,003	<0,001	<0,002	<0,012	<0,001	<0,001	0,001	nd	<0,001	0,038
HCH totale	0,287	0,071	0,098	0,022	0,033	0,009	0,056	0,000	0,010	0,019	nd	0,016	0,621

HCB e pesticidi	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
HCB	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	0,034	<0,002	0,002	0,004	nd	0,004	0,051
T-eptacloro	0,005	0,004	<0,001	0,003	<0,001	<0,003	<0,008	<0,002	<0,001	<0,001	nd	<0,002	0,012
Dieldrin	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,003	<0,008	<0,002	<0,001	<0,001	nd	<0,002	0,004
Endrin	0,006	0,002	<0,001	<0,001	0,005	<0,003	<0,008	<0,002	<0,001	<0,001	nd	<0,002	0,012
Metoxyclor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
Mirex	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,003	<0,008	<0,002	<0,001	<0,001	nd	<0,002	0,001
totale	0,014	0,006	0,000	0,003	0,014	0,000	0,034	0,000	0,002	0,004	nd	0,004	0,081

PCBs	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	Carico annuale
PCB 18	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	<0,001	<0,003	0,002	<0,001	0,001	nd	<0,001	0,010
PCB 28	<0,001	0,059	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,059
PCB 31	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,005
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	<0,001	<0,003	<0,001	0,001	0,001	nd	<0,001	0,002
PCB 44	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,008
PCB 101	<0,001	<0,001	0,022	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,022
PCB 149	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
PCB 118	0,028	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,028
PCB 153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 138	0,011	<0,001	<0,001	0,004	0,001	<0,001	<0,003	<0,001	0,001	<0,001	nd	0,001	0,017
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000	<0,001	<0,003	<0,001	0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 170	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,001
PCB 194	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	nd	<0,001	0,000
PCBs totali	0,048	0,063	0,022	0,004	0,002	0,000	0,000	0,002	0,004	0,002	nd	0,001	0,149

Per quanto concerne il DDT e l'HCH, la stazione svizzera di valle localizzata a Locarno (Tabelle 6.3 e 6.7) risulta generalmente meno contaminata rispetto alle altre, mentre per i PCB il carico è simile a quello di Alpe Devero.

La stazione di Robiei (Tabelle 6.4 e 6.8) in alta quota è caratterizzata da un carico di DDT pari a 2 volte quello di Pallanza, ma con una differente presenza di pp'DDT (31%) rispetto al totale del carico; la presenza di pp'DDT a Pallanza è pari al 73% sul totale misurato. Tale dato indicherebbe una differente origine del DDT trasportato: a Pallanza è prevalentemente recente; a Robiei sarebbe già in parte stato degradato a DDD e DDE, avvalorando la possibilità di un trasporto a lunga distanza di quella frazione di DDT che si sta spostando dal bacino del Lago Maggiore ad altre aree dell'arco alpino.

Per quanto concerne l'HCH la stazione di Robiei è caratterizzata da un carico 1,5 volte maggiore di quello di Locarno Monti, riaffermando il fenomeno osservato per Alpe Devero. Tale fenomeno era ancora più evidente nell'annualità precedente in cui il carico di lindano risultava tre volte superiore rispetto alla stazione di Locarno. Ciò potrebbe essere spiegato con l'arricchimento causato dalla ricondensa dei composti organoclorurati che è dimostrato possa verificarsi a quote elevate.

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

7.1. Biomonitoraggio con molluschi

Il contratto prevedeva per il secondo anno il campionamento di un *pool* d'individui di *Dreissena polymorpha* nelle stazioni di Baveno e di Villa Taranto, rappresentative della situazione di contaminazione all'interno e fuori la Baia di Pallanza. La frequenza prevista era di un totale di 14 campioni all'anno con una cadenza mensile da maggio a ottobre e un campione prelevato anche nel periodo pre-riproduttivo (aprile) per un totale di 14 campionamenti. Come da contratto sono stati eseguiti tutti i prelievi di materiale biologico mediante sommozzatore ad una profondità compresa tra i 3 e i 5 metri di profondità nelle due stazioni di campionamento. Sono state completate le analisi di tutti i campioni, misurando mensilmente le concentrazioni dei sei composti omologhi del DDT (Fig. 7.1.1).

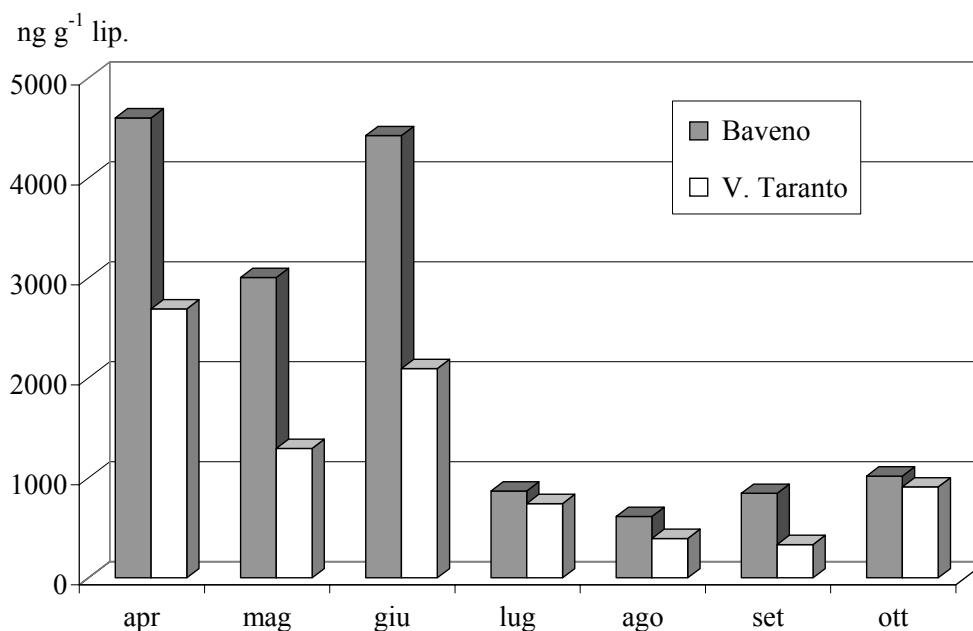


Fig. 7.1.1. Andamento mensile nel 2002 della somma dei sei diversi omologhi del DDT nelle due stazioni di campionamento.

La Baia di Pallanza rappresenta ancora un'area a forte rischio ambientale, in quanto la concentrazione della somma dei DDT misurata tra aprile e giugno 2002 è paragonabile ai valori rilevati un anno prima nella stazione posta di fronte all'immissione del Fiume Toce. Si è infatti osservato un calo di solo l'8% della somma degli omologhi tra il mese di aprile 2001 e quello 2002.

Al contrario sembra che la contaminazione tenda a diminuire nel sito di prelievo di Villa Taranto tenuto conto del fatto che, mentre nel 2001 la concentrazione della somma dei sei composti omologhi variava tra aprile e giugno tra 2 e 5 $\mu\text{g g}^{-1}$ lipidi, l'anno successivo i valori sono compresi tra poco più di 1 fino a circa 3 $\mu\text{g g}^{-1}$ lipidi (Fig. 7.1.2). Il calo estivo osservato in entrambi i siti di prelievo è dovuto alla depurazione "naturale" dei bivalvi legato alla deposizione gametica, come già osservato l'anno precedente.

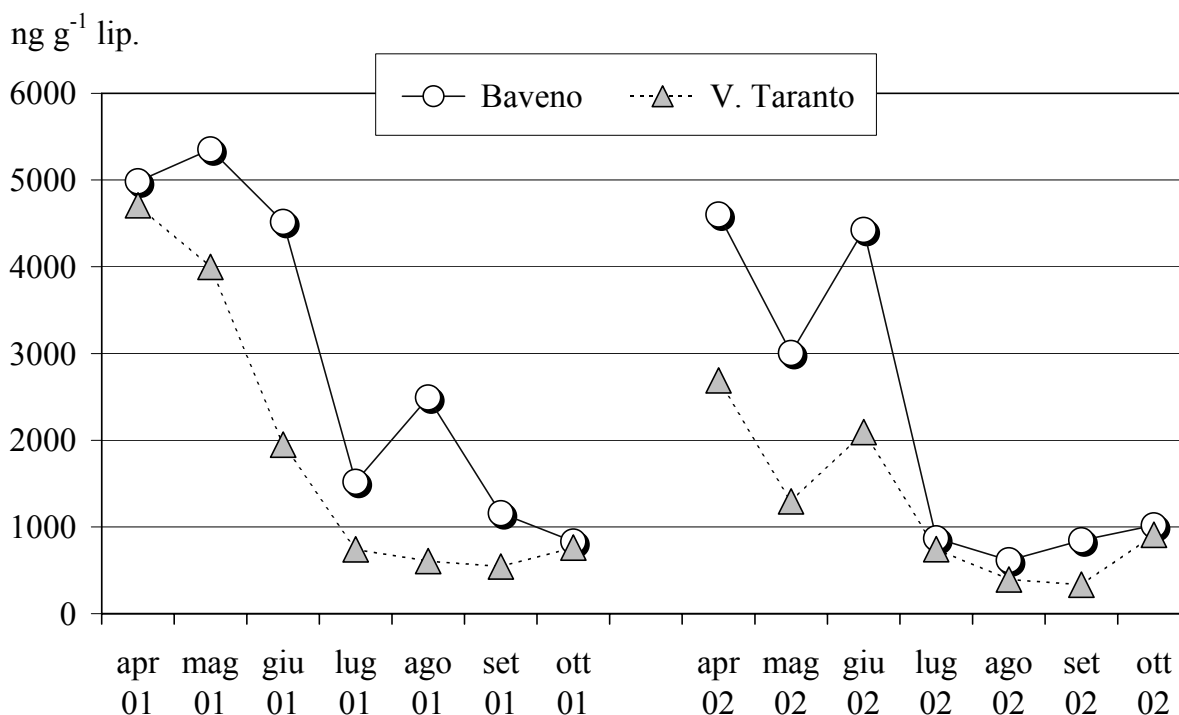


Fig. 7.1.2. Andamento 2001-2002 della somma dei DDT totali.

Se però analizziamo più approfonditamente gli andamenti dei singoli composti omologhi possiamo notare una certa differenza tra il 2001 e il 2002. Nelle Figg. 7.1.3 e 7.1.4 vengono mostrati, per semplicità di esposizione, gli andamenti dei 3 composti principali; a Baveno il pp'DDT tende a diminuire durante l'intero periodo di campionamento, mentre il pp'DDD nel 2002 rappresenta il composto principale, con percentuali variabili nei due anni dal 17 al 45% rispetto alla somma dei DDT totali. Nel 2002 il composto parentale comincia ad essere trasformato nel suo metabolita principale pp'DDE, ipotesi confermata dall'andamento decrescente del rapporto pp'DDT/pp'DDE, che indica l'invecchiamento della contaminazione.

L'andamento dei tre omologhi è piuttosto diverso a Villa Taranto, poiché il pp'DDT non è mai risultato il composto principale neppure nel 2001, indicando un invecchiamento piuttosto rapido della contaminazione al di fuori della baia. Anche in questa stazione il composto maggiormente ritrovato nei tessuti molli di *D. polymorpha* è risultato il pp'DDD (Fig. 7.1.4) in entrambi gli anni di campionamento. Nel 2002 la percentuale di tale metabolita è risultata, infatti, compresa tra il 16 e il 49%, mentre il pp'DDT ha raggiunto valori compresi tra il 13 e il 28% della somma dei DDT totali.

In conclusione, nonostante i livelli di DDT totali misurati nei mesi primaverili del 2002 siano paragonabili o addirittura superiori a quelli registrati nel 1996, l'analisi dei singoli composti omologhi indica che l'inquinamento da DDT tende lentamente a diminuire, almeno nella stazione posta al di fuori della Baia di Pallanza. La stazione di Baveno, invece, mostra ancora una contaminazione elevata, anche se il composto parentale in un anno si è praticamente dimezzato, indicando quantomeno un invecchiamento dell'inquinamento e la mancanza di un nuovo apporto di DDT dal bacino del Toce.

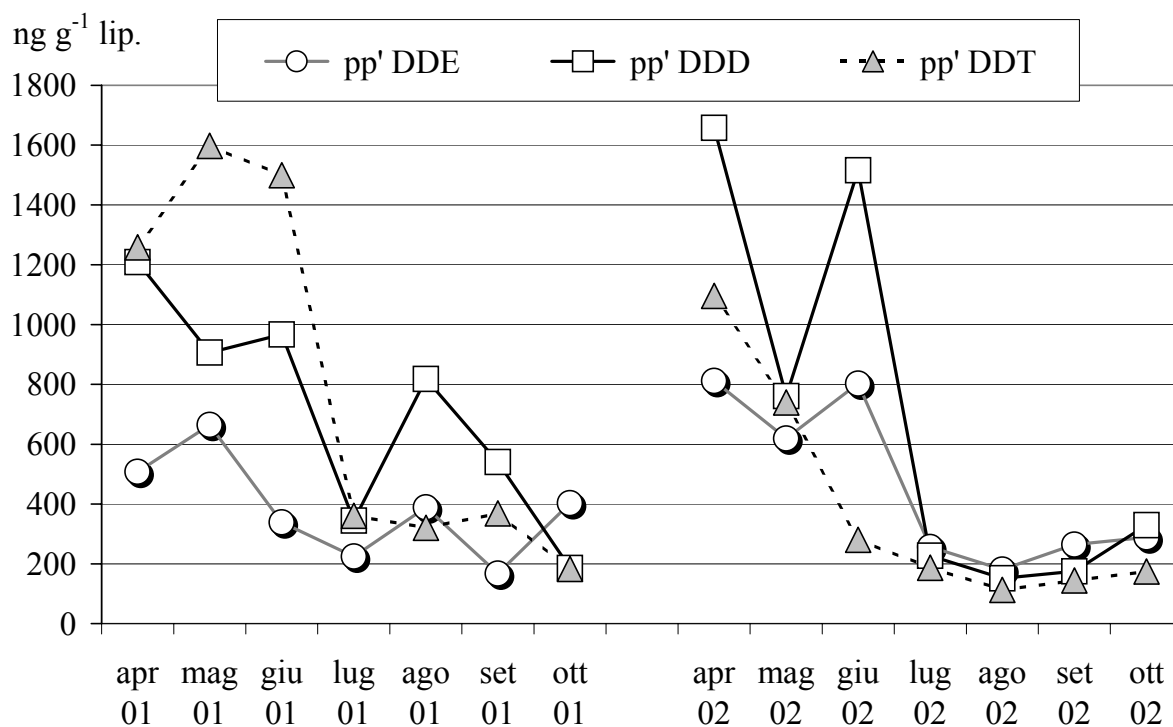


Fig. 7.1.3. Andamento dei 3 composti omologhi principali a Baveno nei 2 anni di campionamento.

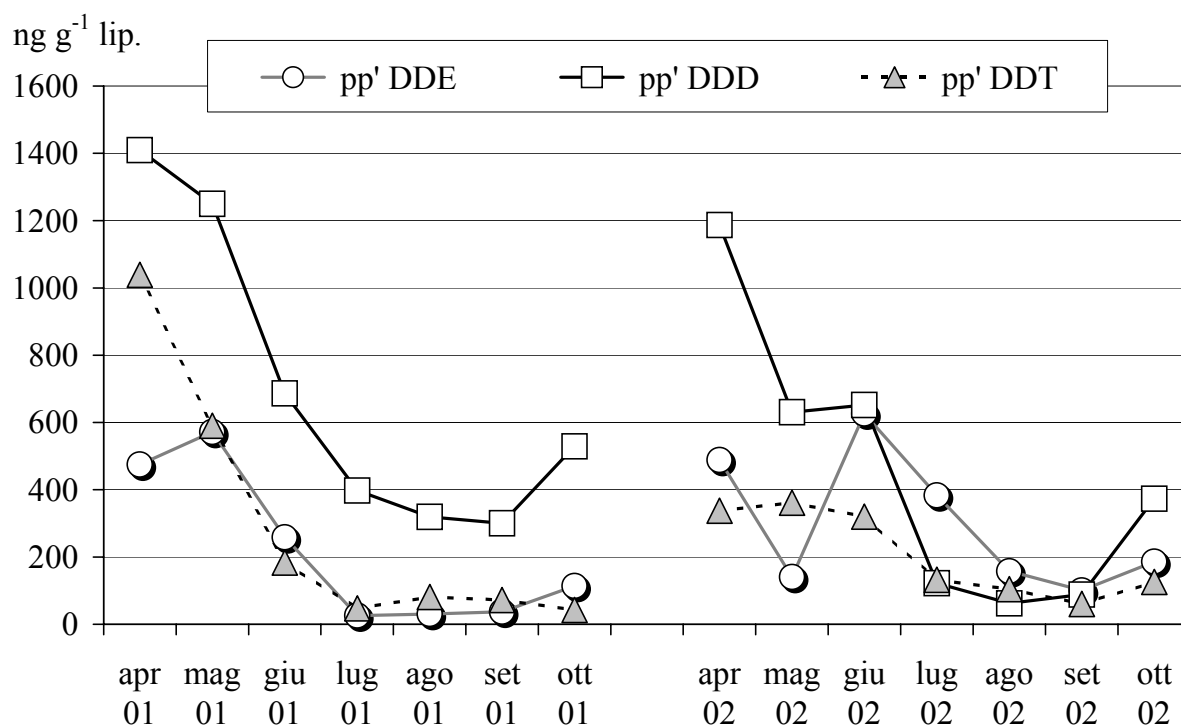


Fig. 7.1.4. Andamento dei 3 composti omologhi principali a Villa Taranto nei 2 anni di campionamento.

7.2. Biomonitoraggio con uova di svasso maggiore

Nel maggio 2002 sono state campionate le uova di svasso maggiore (*Podiceps cristatus*) in tre località del Lago Maggiore (Fondo Toce, Angera, Bolle di Magadino) e in una località del Lago di Garda (Baia del Vento, Desenzano). Non per tutti i siti di campionamento è stato possibile reperire 6 uova, data la scarsità di nidi presenti.

Le uova campionate sono state liofilizzate e analizzate per la determinazione dei pesticidi clorurati. I risultati sono riportati nella Tabella 7.2.1.

Tabella 7.2.1. Concentrazioni (mg kg^{-1} p.s.) di pp'DDE e pp'DDT nelle uova campionate nel 2002.

Campioni	FONDO TOCE		ANGERA		MAGADINO		GARDA	
	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT	pp'DDE	pp'DDT
1	4,61	0,09	4,11	0,47	2,20	0,10	1,93	0,05
2	4,65	0,13	2,94	0,01	4,53	0,59	1,86	0,01
3	2,87	0,24	2,07	0,09	–	–	1,23	0,03
4	2,46	0,16	10,60	0,01	–	–	–	–
5	12,37	0,19	3,05	0,15	–	–	–	–
6	2,73	0,09	7,64	0,04	–	–	–	–
media	4,95	0,15	5,07	0,13	–	–	1,67	0,03
d.s.	3,76	0,06	3,34	0,17	–	–	0,39	0,02

Come si può osservare, le uova campionate a Fondo Toce mostrano livelli di contaminazione del tutto simili a quelle di Angera. Nel caso delle uova prelevate nella parte svizzera del lago, non è possibile confrontare le medie perché si dispone di soli due dati.

Nella Tabella 7.2.2 sono riportati i confronti dei dati relativi a diversi anni di campionamento, inclusi quelli del progetto precedente che si riferiscono al 1998. Si riporta il numero di uova analizzate, complessivo di tutte le uova (N) prelevate all'interno dello stesso lago, la media dei valori analitici relativi al pp'DDE e la deviazione standard (d.s.). Per valutare l'esistenza di differenze significative tra i diversi periodi, è stato utilizzato un test statistico non parametrico per il confronto tra gruppi (Wilcoxon-Mann-Whitney U test).

I risultati del test dimostrano che non si possono considerare differenti i livelli del 1998 e quelli del 2001 mentre nel 2002 si osserva una diminuzione significativa rispetto agli anni precedenti. Va ricordato, tuttavia, che i dati relativi al 2001 potrebbero essere influenzati dall'evento di piena eccezionale che si è verificato nell'autunno del 2000, che può aver determinato un apporto di DDT e suoi metaboliti sia per effetto del dilavamento di suoli inquinati sia per effetto della risospensione dei sedimenti.

Si può dedurre che la tendenza al recupero dell'ecosistema lacustre e alla diminuzione della contaminazione dei predatori terminali, come lo svasso, potrebbe rivelarsi come un fenomeno irregolare, fortemente influenzato dalle condizioni meteorologiche ed idrologiche.

I primi dati relativi ad un'area di campionamento esterna al bacino del Lago Maggiore, che si riferiscono ad una stazione del bacino del Garda presa come stazione di riferimento rappresentativa della contaminazione di fondo caratteristica dell'area insubrica, sembrano indicare che gli svassi del Lago Maggiore nel 2002, a sette anni dalla chiusura degli impianti di produzione del DDT, non abbiano ancora raggiunto tali livelli di fondo e siano ancora influenzati da sorgenti locali di contaminazione.

È da osservare che, pur essendo in numero molto limitato (solo 3 esemplari), le uova del Garda risultano molto omogenee, come ci si deve aspettare nel caso di contaminazione diffusa. La media più alta, accompagnata da una variabilità elevata, dei valori delle concentrazioni di DDT misurate nelle uova di svasso prelevate nel Lago Maggiore nel 2002 è quasi sicuramente dovuta alla eterogeneità della contaminazione presente nell'area di caccia degli svassi del bacino del Verbano.

Si segnala, infine, che nel corso delle analisi del DDT e composti omologhi sono stati riscontrati livelli elevati di PCB (policlorobifenili) nelle uova di svasso, superiori a quelli di altre aree geografiche italiane. I valori massimi sono stati misurati in due uova di Angera. Si deduce che debbano esistere sorgenti locali di contaminazione a carico di questi composti, diverse da quelle che hanno generato la contaminazione da DDT. Questo aspetto merita un approfondimento perché non sarà possibile valutare gli eventuali effetti dovuti all'accumulo di composti clorurati nelle uova, se non si terrà conto di questa classe di composti che sotto il profilo tossicologico potrebbe contribuire notevolmente all'effetto complessivo.

Tabella 7.2.2. Confronto delle concentrazioni medie di pp'DDE (mg kg^{-1} p.s.) in uova di svasso raccolte sulle rive del Lago Maggiore nei tre anni d'indagine 1998, 2001 e 2002, nonché del Lago di Garda nel 2002.

	pp'DDE (mg kg^{-1} p.s.)		
	<i>N</i> °	<i>media</i>	<i>d.s.</i>
Lago Maggiore 1998	12	16,97	16,99
Lago Maggiore 2001	6	22,30	10,65
Lago Maggiore 2002	13	4,95	3,76
Lago di Garda 2002	3	1,67	0,39

8. INDAGINI SUL COMPARTO ITTICO

I campionamenti delle specie ittiche sono stati eseguiti con frequenza stagionale tramite pescatori professionisti e hanno riguardato la zona pelagica (lavarello, *Coregonus* sp.; bondella, *Coregonus macrophthalmus*; agone, *Alosa fallax lacustris*) e litorale (tinca, *Tinca tinca*; scardola, *Scardinius erythrophthalmus*; cavedano, *Leuciscus cephalus*; pesce persico, *Perca fluviatilis*) del Lago Maggiore, sia nella porzione lombarda che in quella piemontese. Le pesche sono state realizzate in luglio, settembre, dicembre 2002 e in marzo 2003 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 8.1 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. La quantità di materia grassa è stata misurata mediante estrazione di 10 g di sostanza in soxlet con etere etilico per 8 ore. L'analisi dei contaminanti organici è stata eseguita in GC/ECD e in GC/MS dopo estrazione e purificazione mediante Gel-Permeation. Il limite di rilevabilità (*Low Concentration Limit*, LCL) per gli isomeri e metaboliti del DDT, così come per i policlorobifenili (PCBs), è di 0,003 mg kg⁻¹ di grasso al quale corrisponde una concentrazione limite riferita alla parte edibile di circa 0,001 mg kg⁻¹. Il mercurio è stato determinato mediante AA-FIAS idruri volatili, previa digestione con miscela solfonitrica.

Nelle Tabelle 8.2 – 8.5 sono riportati i risultati analitici sulle concentrazioni di DDT (metaboliti ed isomeri), dei diversi PCBs, dell'esaclorobenzene HCB e del mercurio riferite alla parte edibile delle specie ittiche campionate.

Infine, vengono mostrati gli andamenti, a partire dal luglio 2001 e fino al marzo 2003, delle concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg 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 (Figg. 8.2 – 8.7).

Tabella 8.1. Specifiche delle specie ittiche campionate nel secondo anno di indagini nelle acque piemontesi (P) e lombarde (L) del Lago Maggiore: numero di individui e sesso, lunghezza e peso medio.

		luglio 2002			settembre 2002			dicembre 2001			marzo 2003		
		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	53,0	2075	2F	47,0	1479	2F	35	1150	2F	30	510
	L	8F	39,2	1042	5F	39,0	1395	2F+3M	41	2106	5M+2F	42	1862
Scardola	P	2M+7F	32,1	416	10F	32,1	476	5M+5F	20	148	10F	23	141
	L	10F	29,5	380	10F	30,9	449	10F	18	137	10F	22	256
Cavedano	P	2M+2F	35,5	624	4M+2F	37,6	554	6M+4F	29	451	3M	37	614
	L	2M+8F	36,8	624	1M+9F	35,4	544	5M+5F	31	588	2M+6F	33	486
Pesce persico	P	8M+2F	19,8	100	1M+9F	19,5	78	2M+8F	16	60	1M+9F	18	60
	L	3M+7F	18,4	74	9M+1F	18,0	66	2M+8F	15	59	2M+8F	19	79
Lavarello	P	10F	34,0	387	4M+6F	35,6	357	7M+3F	28	328	1M+9F	30	227
	L	10F	29,0	245	10F	28,8	188	8M+2F	25	222	3M+7F	28	166
Bondella	P	10F	25,8	145	5M+5F	26,9	181	4M+6F	23	161	4M+6F	25	122
	L	10F	25,6	163	10F	26,8	170	3M+7F	24	218	4M+6F	27	156
Agone	P	6M+4F	25,8	127	10F	27,4	223	1M+9F	23	151	10F	28	165
	L	10M	22,8	89	10F	26,8	123	10F	21	136	10F	24	110

Tabella 8.2. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel luglio 2002: 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 %	0,62	0,52	0,57	1,00	1,50	1,84	1,95	1,61	5,05	3,79	4,00	5,20	9,12	8,32
op-DDD	0,004	0,002	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,009	0,010	0,014	0,127	0,077
pp-DDD	0,021	0,012	0,004	0,003	0,013	0,001	0,007	0,001	0,029	0,106	0,132	0,068	0,541	0,282
op-DDE	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,003	0,002	0,003	0,020	0,016
pp-DDE	0,044	0,030	0,006	0,006	0,022	0,008	0,012	0,004	0,018	0,044	0,019	0,022	0,152	0,086
op-DDT	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,005	0,009	0,004	0,003	0,047	0,029
pp-DDT	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,016	0,014	0,011	0,139	0,075
DDT totale	0,075	0,045	0,010	0,009	0,039	0,009	0,020	0,011	0,067	0,187	0,181	0,121	1,026	0,565
PCB28	<0,001	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	0,060	0,002
PCB52	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,003	0,003	<0,001	0,108	0,108
PCB101	0,002	0,004	0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	<0,001	<0,001	0,008	0,004	0,004	0,168	0,068
PCB118	0,002	0,006	0,002	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002	0,004	0,010	0,004	0,003	0,084	0,062
PCB138	0,005	0,010	0,002	0,002	0,002	0,006	0,002	0,004	0,010	0,011	0,004	0,006	0,174	0,082
PCB153	0,003	0,009	0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,126	0,068
PCB180	0,002	0,003	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 totale	0,014	0,034	0,010	0,004	0,005	0,018	0,006	0,006	0,016	0,034	0,017	0,013	0,720	0,390
HCB	0,001	0,001	0,002	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	<0,001	0,003	0,010	0,001
Hg	0,382	0,160	0,137	0,053	0,101	0,072	0,175	0,077	0,072	0,085	0,084	0,069	0,205	0,130

Tabella 8.3. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel settembre 2002: 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 %	1,4	4,0	1,6	1,5	2,5	2,5	2,2	2,6	4,3	3,8	5,2	3,9	9,1	4,1
op-DDD	0,012	0,020	0,005	0,011	0,007	0,007	0,002	0,002	0,003	0,008	0,024	0,009	0,045	0,026
pp-DDD	0,041	0,010	0,010	0,003	0,002	0,002	0,003	0,005	0,013	0,012	0,082	0,008	0,181	0,045
op-DDE	0,003	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,007	<0,001	0,009	0,002
pp-DDE	0,088	0,066	0,018	0,009	0,014	0,014	0,007	0,004	0,020	0,010	0,165	0,014	0,192	0,054
op-DDT	0,003	0,004	0,002	0,001	0,002	0,002	<0,001	0,001	0,003	0,002	0,009	0,002	0,022	0,008
pp-DDT	0,008	0,004	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,003	0,016	0,003	0,044	0,015
DDT totale	0,155	0,105	0,038	0,024	0,025	0,025	0,012	0,012	0,043	0,035	0,303	0,036	0,493	0,150
PCB28	<0,001	0,006	0,001	0,006	0,002	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001	0,004
PCB52	0,002	0,019	0,001	0,009	0,006	0,006	0,001	0,002	0,002	0,027	0,007	0,008	<0,001	0,054
PCB101	0,002	0,008	0,001	0,004	0,003	0,003	0,001	<0,001	0,001	0,002	0,005	0,002	0,007	0,005
PCB118	0,004	0,016	0,003	0,005	0,007	0,007	0,001	0,001	0,002	0,004	0,009	0,003	0,015	0,012
PCB138	0,004	0,011	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001	0,001	0,002	0,003	0,008	0,002	0,016	0,009
PCB153	0,004	0,010	0,003	0,002	0,003	0,003	0,001	0,001	0,003	0,003	0,007	0,002	0,013	0,006
PCB180	0,003	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,003	<0,001	<0,001	0,004
PCB totale	0,019	0,072	0,015	0,029	0,026	0,026	0,006	0,005	0,011	0,044	0,042	0,019	0,052	0,094
HCB	0,001	0,006	0,004	0,017	0,012	0,012	0,001	0,001	0,003	0,006	0,007	0,004	0,006	0,005
Hg	0,335	0,232	0,140	0,100	0,108	0,108	0,152	0,097	0,086	0,077	0,086	0,084	0,218	0,245

Tabella 8.4. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel novembre/dicembre 2002: 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 %	2,46	3,10	2,11	0,88	1,91	1,81	2,14	1,42	3,26	2,56	4,29	2,18	12,73	8,69
op-DDD	<0,001	0,021	<0,001	<0,001	0,002	0,018	0,015	0,004	0,006	0,001	0,002	0,001	0,052	0,035
pp-DDD	0,006	0,014	0,002	0,003	0,002	0,005	0,004	0,009	0,009	0,006	0,017	0,009	0,085	0,080
op-DDE	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	0,006	0,015
pp-DDE	0,030	0,023	0,003	0,001	0,008	0,015	0,006	0,011	0,004	0,003	0,007	0,005	0,047	0,051
op-DDT	0,001	0,005	0,001	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,023	0,017
pp-DDT	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,004	0,003	0,004	0,002	0,005	0,004	0,033	0,035
DDT totale	0,039	0,067	0,006	0,005	0,015	0,043	0,032	0,029	0,026	0,014	0,036	0,022	0,246	0,233
PCB28	<0,001	0,005	0,003	0,001	0,001	0,003	0,008	0,009	0,007	0,009	0,001	0,011	0,026	0,058
PCB52	<0,001	0,005	0,003	0,004	0,005	0,003	0,012	<0,001	0,002	0,001	0,001	0,004	0,006	0,006
PCB101	<0,001	0,010	<0,001	<0,001	0,001	0,010	0,006	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,001	0,007	0,007
PCB118	0,003	0,022	0,002	0,002	0,004	0,017	0,010	0,003	0,007	0,004	0,003	0,002	0,023	0,019
PCB138	0,006	0,024	0,002	0,001	0,003	0,015	0,006	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,027	0,013
PCB153	0,004	0,029	<0,001	<0,001	0,005	0,018	0,005	0,004	0,004	0,001	0,001	0,002	0,033	0,016
PCB180	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB totale	0,014	0,095	0,010	0,010	0,019	0,066	0,047	0,018	0,026	0,017	0,008	0,021	0,122	0,119
HCB	<0,001	0,003	0,001	0,002	0,002	0,010	0,012	0,002	0,014	0,002	0,004	0,003	0,010	0,006
Hg	0,399	0,214	0,086	0,041	0,114	0,110	0,133	0,114	0,099	0,076	0,096	0,087	0,134	0,169

Tabella 8.5. Risultati analitici riferiti alla parte edibile delle specie ittiche campionate nelle porzioni piemontese (P) e lombarda (L) del Lago Maggiore nel marzo 2003: 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 %	1,6	4,2	0,2	1,3	0,7	2,1	0,3	0,2	1,1	1,3	1,1	1,2	9,4	12,1
op-DDD	0,013	0,051	0,006	0,007	0,008	0,007	0,008	0,006	0,016	0,009	0,012	0,014	0,118	0,091
pp-DDD	0,007	0,048	0,004	0,004	0,004	0,004	0,011	0,012	0,020	0,021	0,048	0,041	0,275	0,176
op-DDE	0,002	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,001	<0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,025	0,022
pp-DDE	0,018	0,107	0,008	0,007	0,028	0,016	0,014	0,015	0,015	0,014	0,029	0,027	0,153	0,100
op-DDT	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,007	0,007	0,062	0,046
pp-DDT	0,003	0,008	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,005	0,006	0,007	0,015	0,016	0,095	0,073
DDT totale	0,043	0,221	0,022	0,018	0,042	0,031	0,042	0,042	0,063	0,057	0,114	0,108	0,728	0,508
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	0,003	0,003
PCB52	<0,001	0,006	<0,001	0,005	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	0,005
PCB101	0,004	0,027	0,003	<0,001	<0,001	0,006	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003	0,012	0,011
PCB118	0,010	0,050	0,005	0,007	0,007	0,005	0,006	0,006	0,004	0,004	0,005	0,006	0,038	0,021
PCB138	0,008	0,048	0,003	0,005	0,010	0,005	0,006	0,007	0,004	0,005	0,006	0,006	0,036	0,025
PCB153	0,009	0,051	0,003	0,006	0,007	0,004	0,005	0,006	0,003	0,004	0,005	0,006	0,031	0,021
PCB180	0,001	0,014	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,015	0,017
PCB totale	0,032	0,197	0,016	0,025	0,029	0,021	0,021	0,022	0,016	0,015	0,020	0,023	0,142	0,103
HCB	0,002	0,014	<0,001	0,002	0,003	0,003	<0,001	0,001	0,003	0,002	0,004	0,003	0,009	0,010
Hg	0,102	0,125	0,087	0,061	0,136	0,174	0,074	0,142	0,084	0,090	0,085	0,093	0,147	0,145

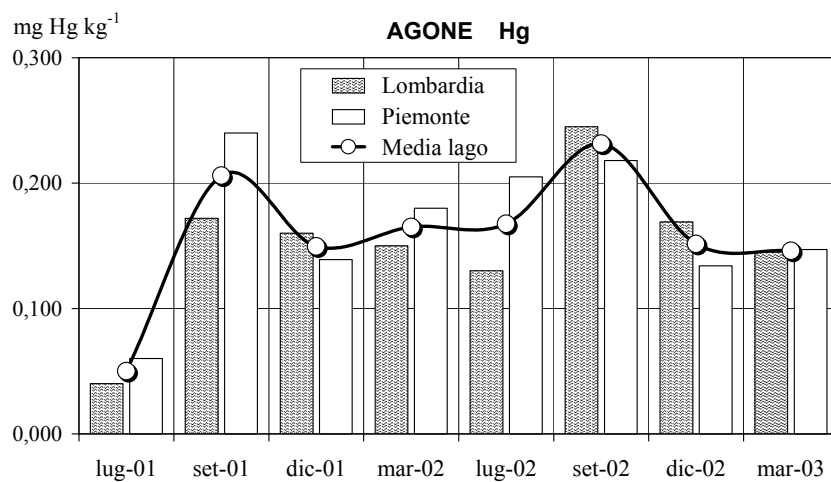
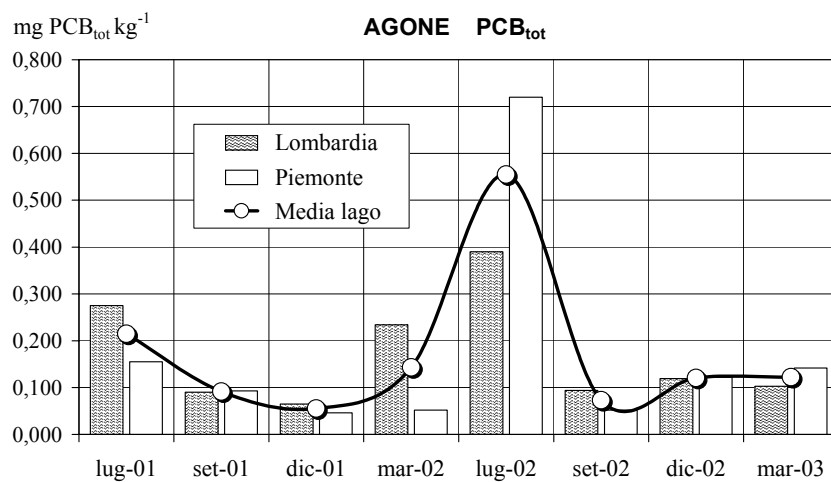
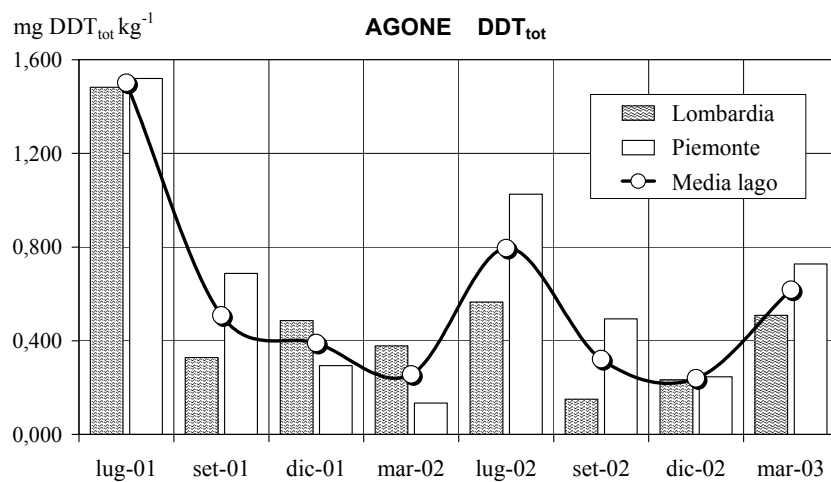


Fig. 8.1. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di agone costituiti ciascuno da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

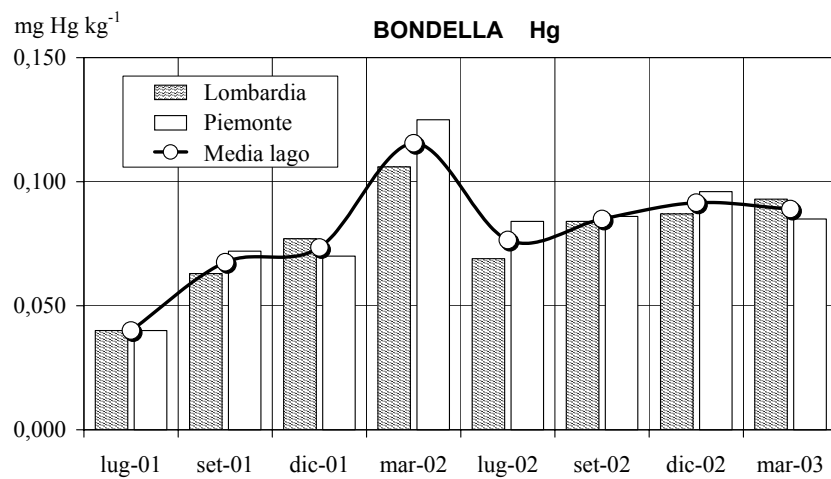
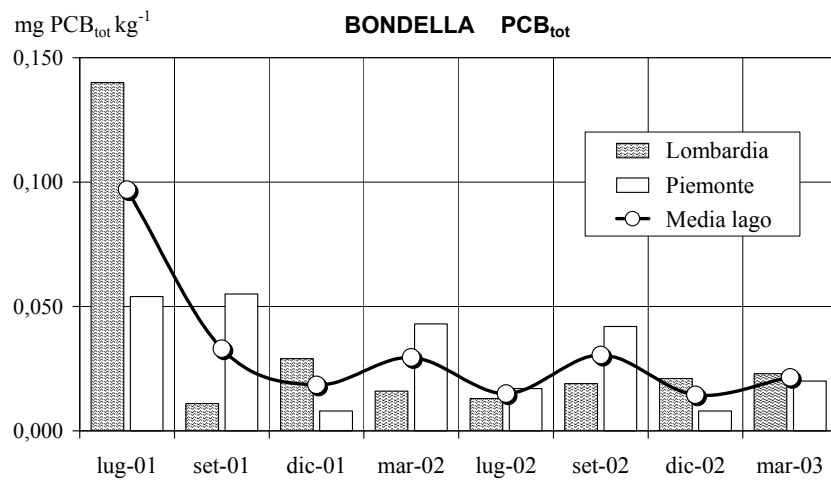
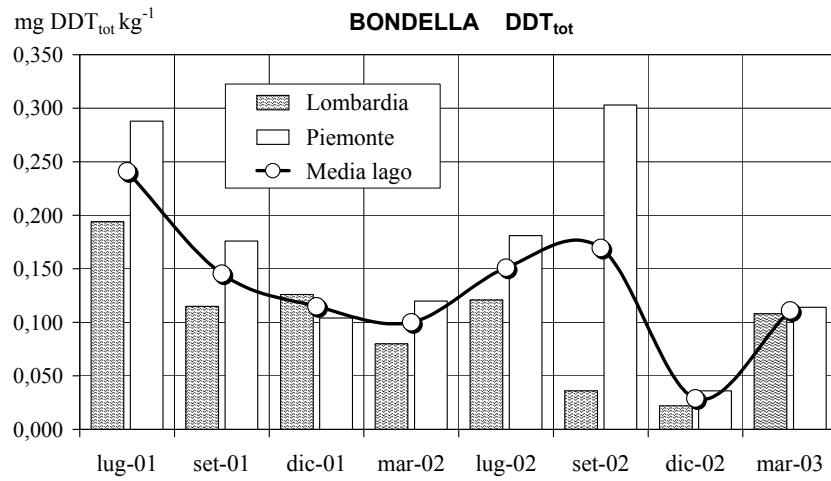


Fig. 8.2. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di bondella costituiti ciascuno da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

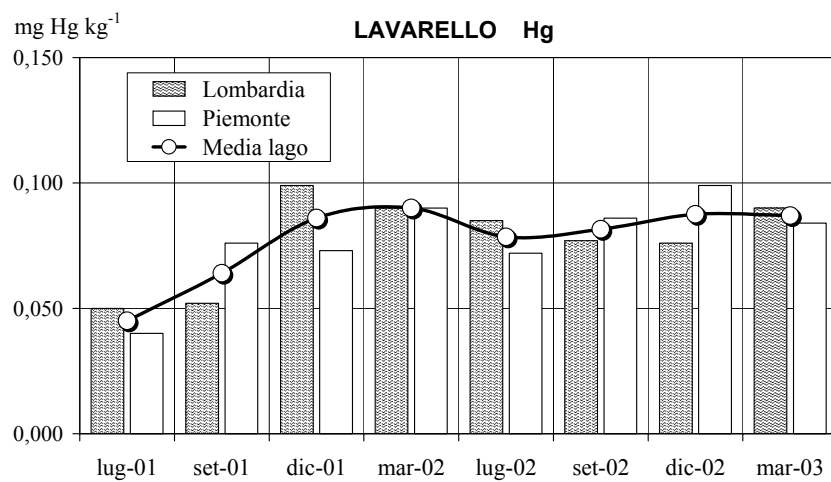
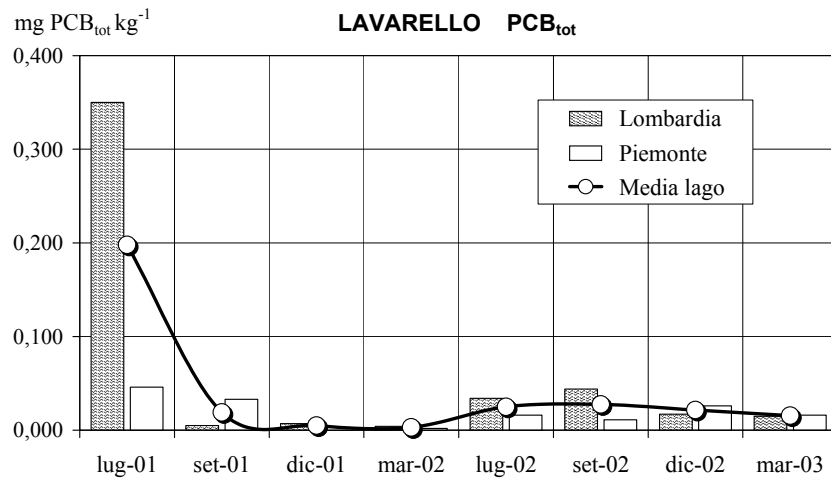
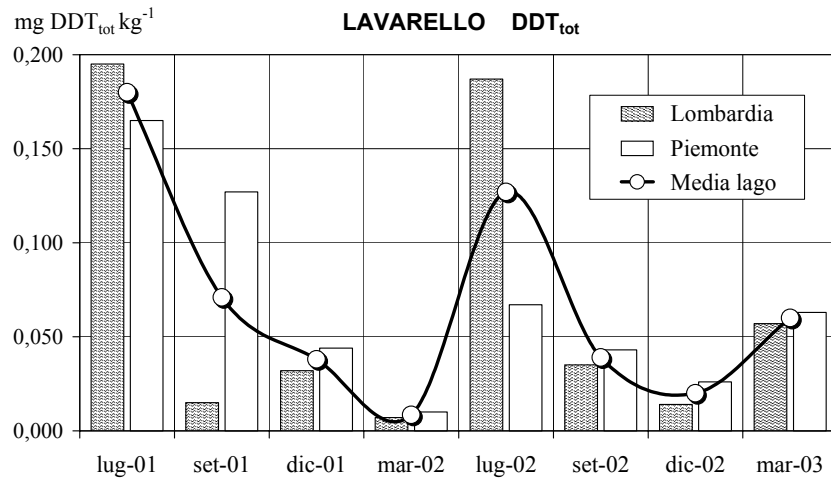


Fig. 8.3. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di lavallo costituiti ciascuno da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

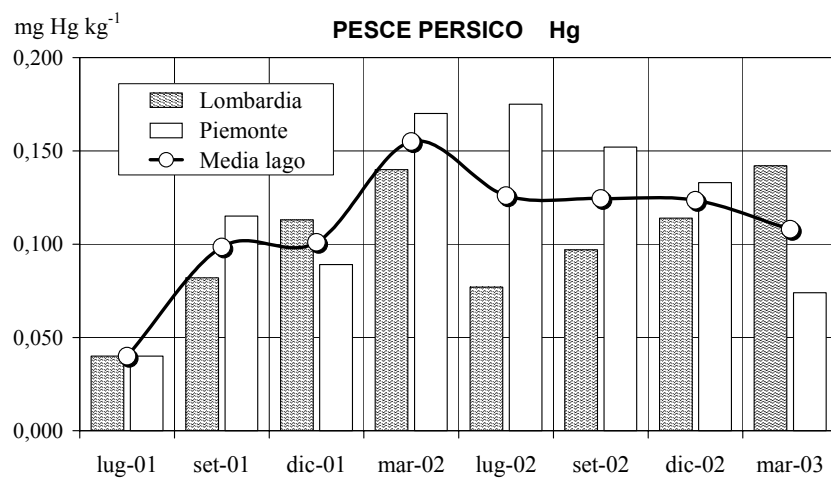
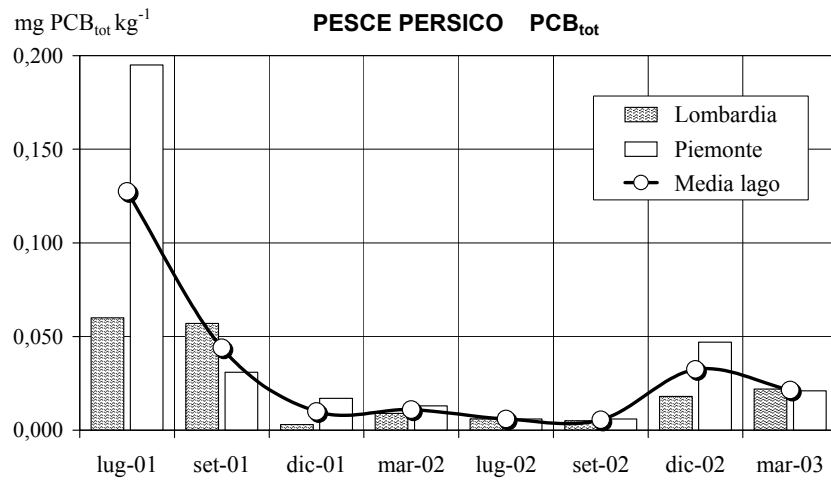
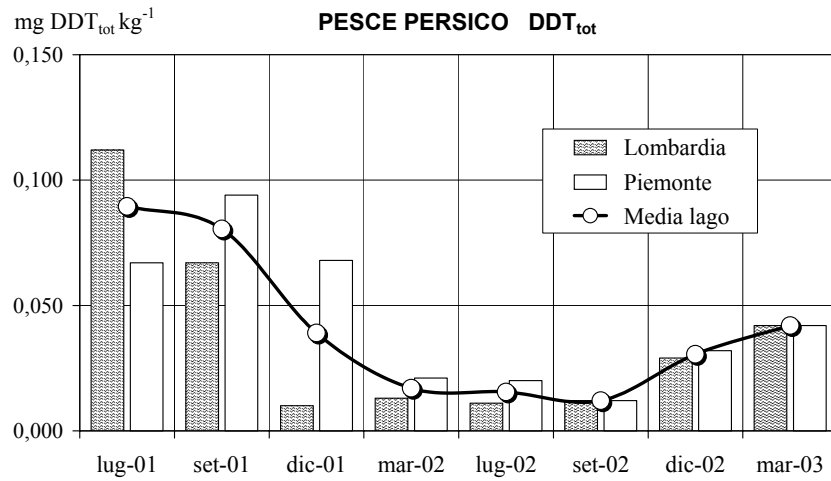


Fig. 8.4. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di pesce persico costituiti ciascuno da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

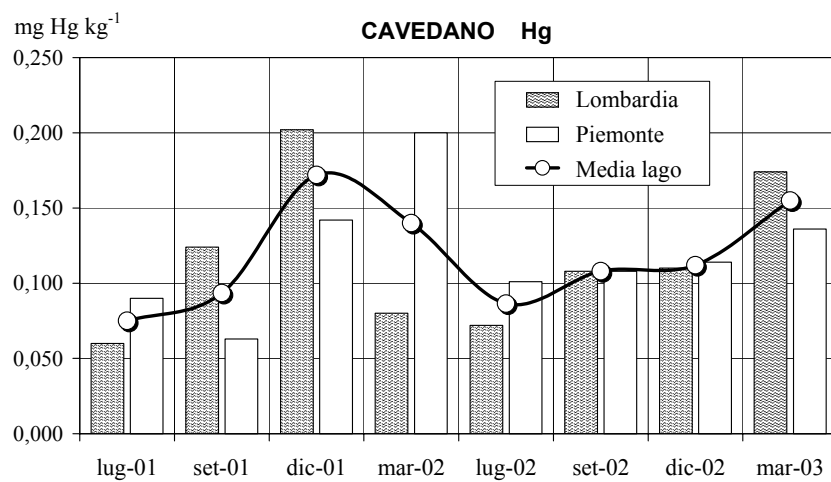
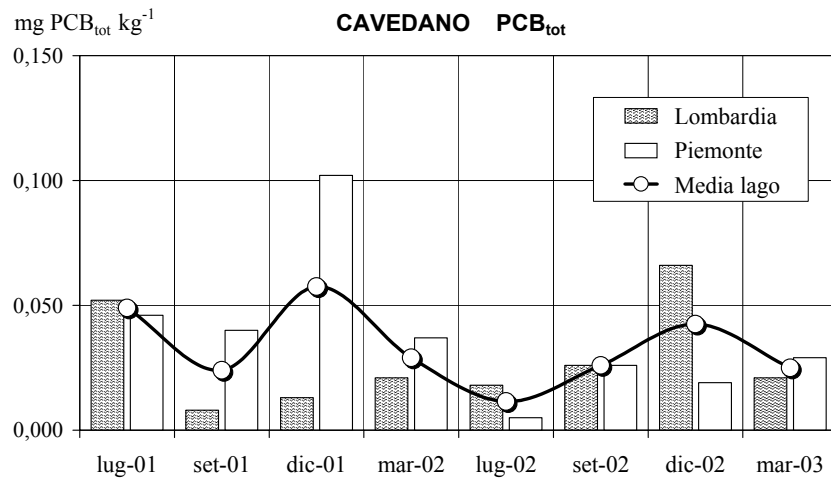
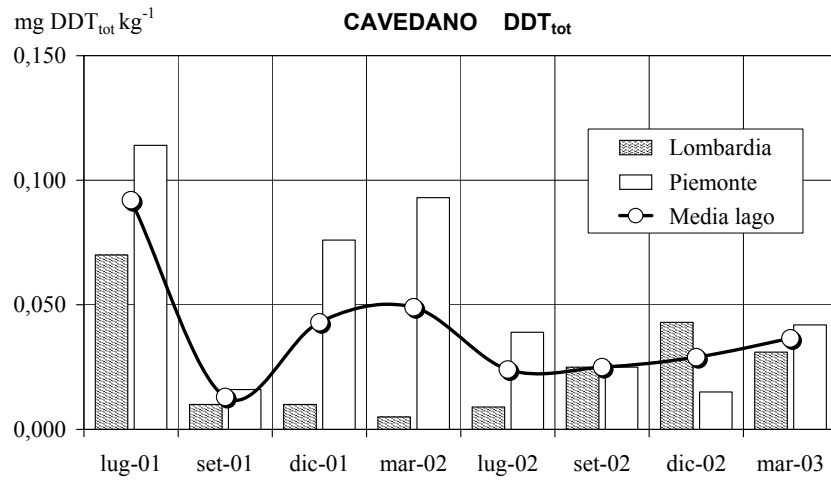


Fig. 8.5. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di cavedano costituiti ciascuno da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

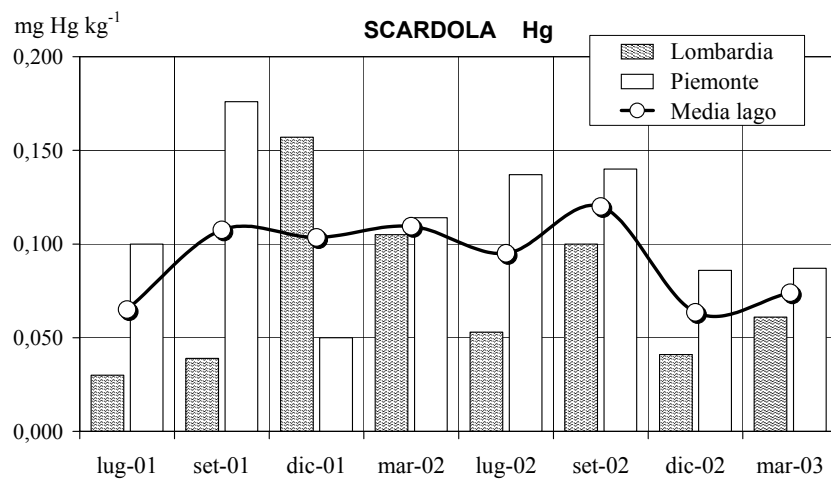
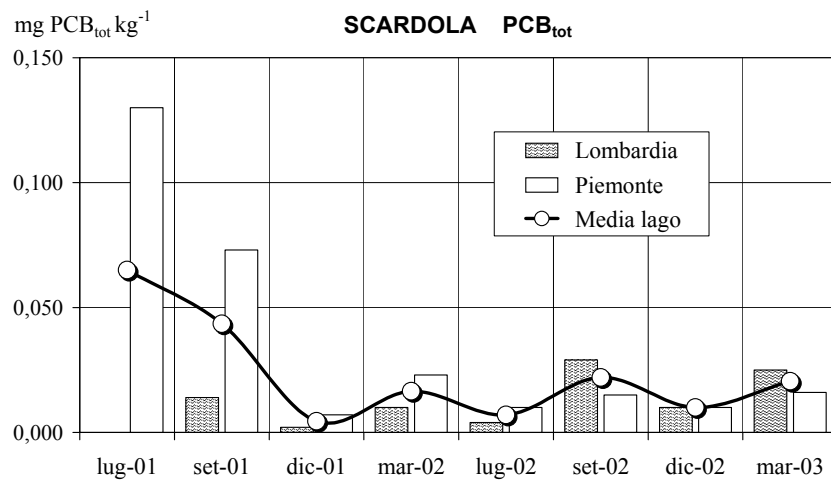
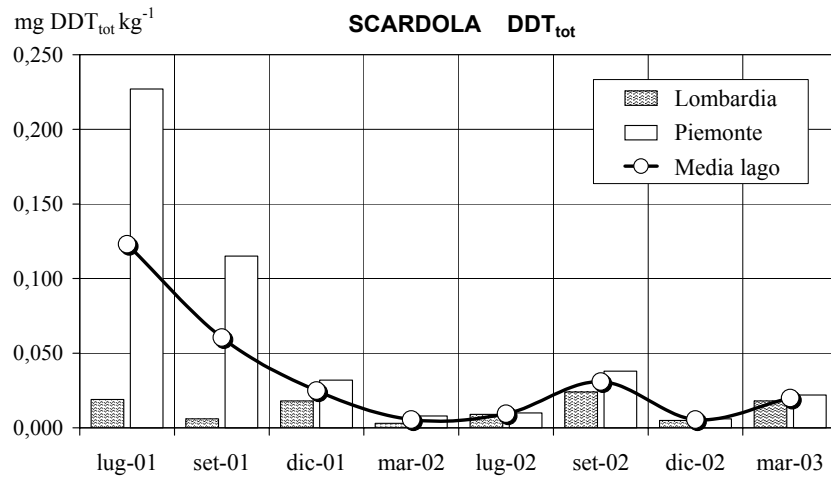


Fig. 8.6. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di scardola costituiti ciascuno da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

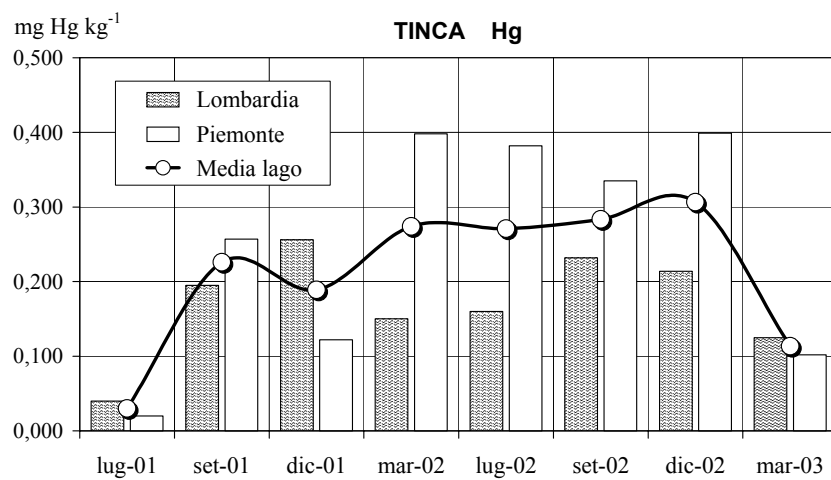
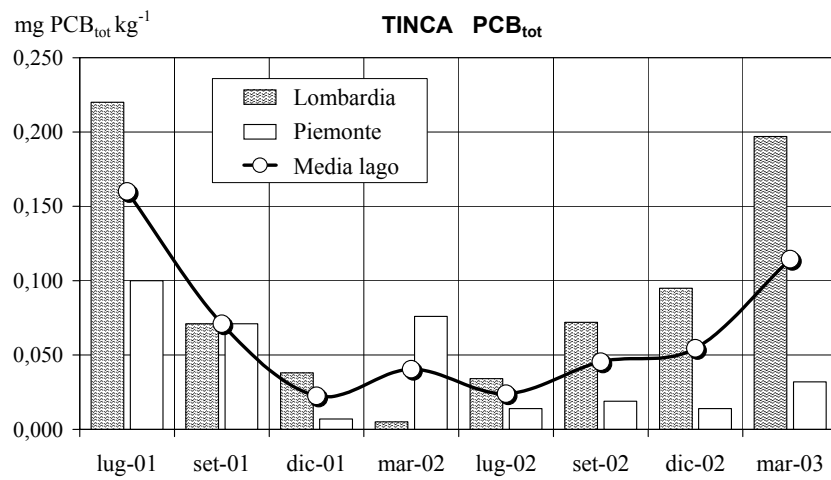
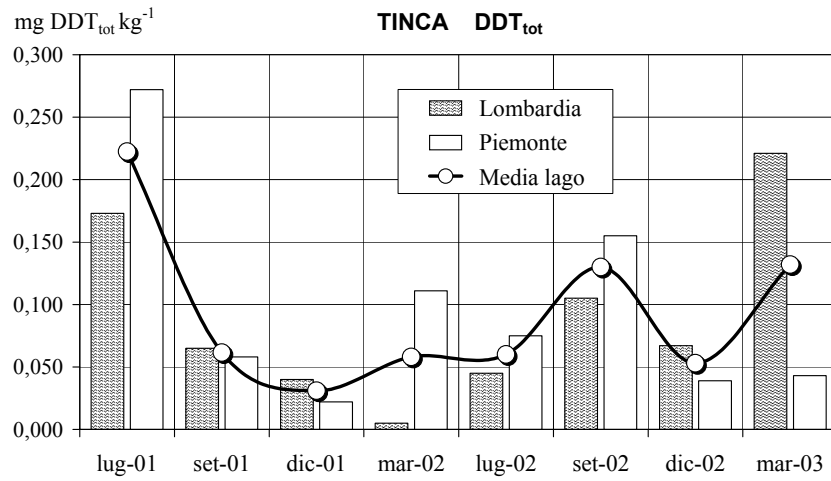


Fig. 8.7. Concentrazioni di DDT totale, PCB totali e Hg riscontrati su campioni di tinca costituiti ciascuno da un *pool* di 10 pesci (solo parte edibile).

9. CONCLUSIONI

Dalle ricerche condotte secondo quanto previsto dai programmi scientifici approvati dalla CIP AIS sono emerse informazioni che permettono di tracciare un quadro significativo delle conoscenze fin qui acquisite in merito alla presenza ed alla distribuzione nell'ecosistema Lago Maggiore del DDT e di altri componenti organo clorurati, di policlorobifenili e di alcuni metalli quali mercurio, arsenico, rame e cadmio.

Inoltre le informazioni ottenute con questo secondo anno di ricerche continuative hanno fornito utili indicazioni per valutare i meccanismi di rifornimento e circolazione dei vari contaminanti nell'ecosistema lacustre.

Qui di seguito viene riportata una sintesi delle conclusioni che, ancorchè parziali e provvisorie, sono deducibili dai dati acquisiti dello studio dei vari comparti presi in esame.

Nelle acque lacustri si sono riscontrati tenori di DDT inferiori a 0,3-0,4 ng l⁻¹, dovuti in modo largamente prevalente a pp'DDE, mentre il composto parentale pp'DDT, così come gli altri isomeri e metaboliti erano presenti sporadicamente a concentrazioni molto basse. I contenuti di pp'DDE relativamente più elevati si sono osservati in epilimnio e riguardano soprattutto la frazione disciolta. Inoltre, sotto l'aspetto della distribuzione geografica dell'inquinante, la stazione Pallanza, probabilmente per la sua vicinanza alla foce del Toce, risulta la stazione maggiormente compromessa rispetto alla situazione accertata a Nord (stazione di Ghiffa) e a Sud (Lesa).

La presenza di DDT nelle acque lacustri, seppure ridotta a frazioni di nanogrammo per litro, dimostra come siano tuttora aperte le problematiche di inquinamento e di bioaccumulo del contaminante. In effetti le sue concentrazioni riscontrate in lago non sembrano dipendere in maniera sostanziale dalla risospensione di sedimenti lacustri contaminati, quanto piuttosto dagli apporti esterni soprattutto in concomitanza con il verificarsi di eventi di piena.

In particolare i carichi di DDT totale in arrivo dal Fiume Toce nel corso del 2002 pari a 42 kg a⁻¹, da soli, giustificano i contenuti ritrovati in lago, anzi risultano ben superiori rispetto a quanto ci si aspetterebbe sulla base di un ipotetico calcolo di bilancio di massa che non tenesse conto delle perdite per sedimentazione lungo il tratto terminale del fiume e in lago, nonchè di un rapido accumulo nella catena alimentare. Inoltre va osservato che a tali apporti si devono aggiungere quelli derivanti da altri tributari e dalle precipitazioni sullo specchio lacustre, che per quanto minimi possono risultare importanti perchè rappresentano una frazione significativa del carico complessivo.

Per quanto riguarda i sedimenti della Baia di Pallanza, i risultati delle analisi dei composti organoclorurati, evidenziano per il DDT totale la correlazione con i due eventi di piena del Fiume Toce verificatisi nell'ottobre 2000 e nel novembre 2002. Inoltre, si osserva che nei sedimenti relativi alla piena del 2000 pp'DDT e pp'DDD sono i composti principalmente presenti, evidenziando il verificarsi di fenomeni di degradazione che trasformano in condizioni di anaerobiosi il pp'DDT in pp'DDD. Nei sedimenti relativi alla piena del novembre 2002, invece, pp'DDT e pp'DDE sono i composti prevalenti, il che evidenzierebbe il verificarsi di fenomeni di degradazione in corso nei sedimenti in aerobiosi da pp'DDT a pp'DDE o il trasporto di DDT di origine più antica, già in parte degradato nel suolo a pp'DDE.

Nel caso degli altri insetticidi organoclorurati, il lindano è prevalente rispetto ai cogenitori e la sua contaminazione, inferiore a 3 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 praticamente assenti in tutti i campioni analizzati.

Anche per quanto concerne i metalli in traccia analizzati nelle carote raccolte nella Baia di Pallanza, le concentrazioni di arsenico sono più elevate e circa doppie in corrispondenza

degli eventi di piena (novembre 2002) rispetto a quelle degli altri periodi. Andamento simile si osserva per le concentrazioni di rame, ma nella sola carota campionata nell'area a maggiore sedimentazione di materiale alloctono nella parte centrale della Baia. Comportamenti analoghi all'arsenico, tuttavia meno marcati, si osservano per gli andamenti del cadmio e del mercurio che presentano valori più elevati in corrispondenza dei periodi di piena (2000 e 2002). Un valore particolarmente elevato di mercurio, cinque volte maggiore a quello delle altre sezioni, è stato misurato nella sezione relativa alla piena del Toce del novembre 2002 nella carota raccolta di fronte a Baveno.

Analizzando la contaminazione del lago da Nord a Sud, sulla base dei sedimenti raccolti lungo il suo asse longitudinale, è evidente che la carota campionata nel bacino settentrionale è caratterizzata da una minore contaminazione da DDT rispetto alla rimanente parte del lago, ma è comunque evidente un andamento in aumento del pp'DDD e del pp'DDE negli anni più recenti. Ciò porta a concludere che non vi siano significative fonti locali di contaminazione, ma che si tratti del trasporto di particolato inquinato di origine non recente, probabilmente già sottoposto a fenomeni di parziale degradazione. La contaminazione da PCB ed altri insetticidi organoclorurati è invece trascurabile.

In tutte e tre le carote raccolte nelle tre stazioni collocate lungo l'asse longitudinale del lago i risultati evidenziano il verificarsi di fenomeni di trasporto e sedimentazione di particolato contaminato da DDT in occasione di eventi idrologici particolari quali la piena dell'ottobre 2000, mentre non si evidenziano picchi di contaminazione in concomitanza con la piena del novembre 2002. In un'ideale asse Nord-Sud l'andamento delle concentrazioni totali di DDT sono in aumento nella parte sud del lago di un fattore pari a 1,7 volte.

In generale si osserva per arsenico, rame e mercurio uno stesso fenomeno di accumulo e incremento delle concentrazioni, passando dalla carota campionata nel bacino settentrionale a quella campionata in quello meridionale, di un fattore pari a 1,4 volte per il rame, 5 volte per l'arsenico e quasi 3 volte per il mercurio, mentre le concentrazioni di cadmio sono pressoché equivalenti nelle tre stazioni considerate.

L'analisi dei quattro campioni stagionali di sedimento dei tributari ha evidenziato che per Maggia, Verzasca, Margorabbia, Tresa, Bardello e Boesio la contaminazione da DDT è in generale contenuta ed è proporzionale all'arricchimento in carbonio organico del sedimento. Al contrario per il Toce e il Ticino emissario si assiste ad un maggior arricchimento del sedimento in livelli di DDT rispetto al contenuto in carbonio organico: per il Toce, probabilmente a causa dell'apporto dovuto al dilavamento di terreno contaminato derivante l'insediamento produttivo di Pieve Vergonte; per il Ticino emissario, a causa di fenomeni di accumulo di particolato fine contaminato derivante dal dilavamento della Baia di Pallanza e che sedimentano nella parte terminale della cuvetta lacustre e da qui vengono convogliati al Fiume Ticino emissario.

Nel Ticino emissario anche i livelli di PCB sono piuttosto elevati e le differenze permangono anche normalizzando rispetto al contenuto in sostanza organica. La contaminazione da PCB non è tuttavia da imputare al Fiume Toce, ma va ricercata in altre fonti di contaminazione come: presenza di fonti locali quali immissioni dirette nelle acque del lago da aree industriali o impianti di depurazione; contributi di altri immissari del Lago Maggiore, quali Margorabbia, Bardello e 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 meridionale del lago nel giugno 2001.

I risultati delle analisi dei campioni di Boesio e Bardello evidenziano una contaminazione da DDT ed altri insetticidi organoclorurati piuttosto contenuta. Viceversa l'inquinamento da PCB appare sensibilmente superiore ai valori di fondo mostrando livelli

che rimangono elevati rispetto a quelli dei fiumi non contaminati anche se si normalizza per il carbonio organico.

Per quanto concerne l'andamento della contaminazione delle precipitazioni da maggio 2002 ad aprile 2003, la stazione di Pallanza evidenzia un carico annuale di DDT pari al 50% di quello determinato nell'annualità precedente. Il carico di DDT totale risulta composto per il 73% da pp'DDT, quindi prevalentemente dal composto parentale. Le concentrazioni più alte e il carico maggiore riguardano il campione raccolto nel giugno 2002, in una stagione di intense piogge, come anche verificatosi nell'annualità precedente (campione con concentrazioni massime nel maggio 2001). La stazione svizzera di Locarno risulta generalmente meno contaminata rispetto alle altre, mentre quella di Robiei in alta quota è contraddistinta da un carico di DDT pari a 2 volte quello di Pallanza, anche se caratterizzata da una differente presenza di pp'DDT (31%) rispetto al totale del carico. Tale dato indicherebbe una differente origine del DDT: a Pallanza il DDT è prevalentemente di origine recente; a Robiei, invece, è in parte già stato degradato a DDD e DDE avvalorando così l'ipotesi di un suo trasporto a lunga distanza dal bacino del Lago Maggiore ad altre aree dell'arco alpino.

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 questo inquinante è simile a quello delle altre stazioni considerate, ad eccezione di quella di Alpe Devero, che risulta 3,4 volte superiore a quello di Pallanza. L'altitudine sembra quindi avere un effetto di focalizzazione dei composti organo clorurati più volatili come il lindano nelle aree più fredde delle Alpi, fenomeno che era già stato osservato nell'anno precedente sempre per il lindano nel caso della stazione d'alta quota di Robiei.

Per quanto riguarda il biomonitoraggio con molluschi (*Dreissena polymorpha*) nelle stazioni di Baveno e di Villa Taranto, rappresentative della situazione di contaminazione all'interno e fuori la Baia di Pallanza, nonostante i livelli di DDT totali misurati nei mesi primaverili del 2002 siano paragonabili o addirittura superiori a quelli registrati nel 1996, l'analisi dei singoli composti omologhi indica che l'inquinamento da DDT tende lentamente a diminuire, almeno nella stazione posta al di fuori della Baia di Pallanza. La stazione di Baveno, invece, mostra ancora una contaminazione elevata, anche se il composto parentale in un anno si è praticamente dimezzato, indicando quantomeno un invecchiamento dell'inquinamento e la mancanza o un forte rallentamento di nuovi apporti di DDT dal bacino del Toce.

I risultati delle indagini condotte sulle uova di svasso maggiore dimostrano che non si possono considerare differenti i livelli di DDT totale del 1998 e quelli del 2001 mentre nel 2002 si osserva una diminuzione significativa rispetto agli anni precedenti. Va ricordato, tuttavia, che i dati relativi al 2001 potrebbero essere influenzati dall'evento di piena eccezionale che si è verificato nell'autunno del 2000, che può aver determinato un apporto di DDT e suoi metaboliti sia per effetto del dilavamento di suoli inquinati, sia per effetto della risospensione dei sedimenti.

Si segnala, infine, che nel corso di queste indagini sono stati riscontrati livelli elevati di PCB nelle uova di svasso, superiori a quelli di altre aree geografiche italiane. I valori massimi sono stati misurati in due uova di Angera. Si deduce che debbano esistere sorgenti locali di contaminazione a carico di questi composti, diverse da quelle che hanno generato la contaminazione da DDT. Questo aspetto merita un approfondimento perché non sarà possibile valutare gli eventuali effetti dovuti all'accumulo di composti clorurati nelle uova, se non si terrà conto di questa classe di composti che sotto il profilo tossicologico potrebbe contribuire notevolmente all'effetto complessivo.

Per quanto riguarda le concentrazioni di DDT nella parte edibile dei pesci, le indagini effettuate su 7 specie ittiche campionate con frequenza stagionale, dal luglio 2001 al marzo 2003 in acque piemontesi e lombarde del Lago Maggiore, mostrano in tale periodo andamenti di difficile interpretazione, perchè dopo la progressiva diminuzione dei contenuti messa in luce dal 1996 al 2000, nel luglio 2001 si è invece constatata una forte crescita fino a livelli prossimi a quelli registrati nel 1996. Da allora sembra essersi invertita la tendenza perchè è iniziata una fase di ulteriore sensibile diminuzione, intervallata però da aumenti con massimi relativi incentrati soprattutto nel periodo estivo del 2002. In ogni caso i dati fin qui raccolti forniscono alcune indicazioni che possono essere così sintetizzate:

- nei campioni catturati nelle acque piemontesi e lombarde lavarello, persico, cavedano, e scardola mostrano contenuti di DDT al di sotto o vicini a $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ dal dicembre 2001 al marzo 2003 tranne massimi relativi in luglio 2002;
- tra i coregonidi, l'andamento e i valori di DDT della bondella sono chiaramente diversi e nettamente più alti di quelli riscontrati nel lavarello, pertanto sembra indispensabile una netta separazione tra le due specie prima di ogni analisi;
- i contenuti di DDT più elevati si riscontrano in agone che presenta anche la più alta percentuale di grassi nella parte edibile;
- valori generalmente superiori a $0,1-0,2$ si riscontrano anche per tinca, ma in questo caso occorre tenere presente che gli individui catturati e sottoposti ad analisi sono di grande taglia e quindi di età tale da giustificare un prolungato bioaccumulo del contaminante;
- tutte le specie tranne l'agone hanno mostrato contenuti di DDT inferiori a $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ nei campioni raccolti tra novembre e dicembre 2002, ma nel marzo 2003 si è accertato un leggero incremento che potrebbe essere in relazione con la piena del novembre 2002;
- allo stesso modo, l'andamento delle concentrazioni nell'intero periodo considerato mette in luce massimi estivi nei due anni che sono probabilmente legati alla risospensione dei sedimenti lacustri e, soprattutto, al trasporto in lago di materiali in sospensione organici ed inorganici, vale a dire di torbide rilevanti e persistenti nel corpo idrico lacustre durante le piene intervenute nell'ottobre 2000 e in tarda primavera 2002;
- le differenze di ordine geografico non sembrano rilevanti e comunque sono limitate a bondella, persico, cavedano e scardola catturati nella porzione piemontese del lago che spesso presentano contenuti di DDT più alti rispetto alle rispettive catture nell'areale lacustre lombardo;
- i contenuti di PCB nelle diverse specie ittiche generalmente ricalcano gli andamenti osservati per il DDT, con valori massimi nel luglio 2001 seguiti da un calo assai pronunciato fino al marzo 2003, ma non si hanno evidenze di differenze significative tra le catture lombarde e piemontesi;
- le concentrazioni di mercurio riscontrate sono sempre inferiori ai limiti per la commestibilità fissati dalla legislazione dei due Paesi ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$), ma per l'agone si osservano in alcuni campionamenti tenori superiori a $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ e compresi tra $0,3$ e $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ nel caso delle catture di tinca in acque piemontesi.

In definitiva, va quindi ribadito che le tendenze individuabili dai risultati relativi ai campionamenti successivi al luglio 2002 sono soltanto indicative dell'attuale fase di riduzione dei contenuti di DDT nei pesci. Come si era già appurato dopo il 2000, le tendenze osservate non possono però confermare l'irreversibilità del processo, in quanto 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 a

sua volta è legata ad un duplice rifornimento: quello autoctono, attraverso la risospensione dei sedimenti lacustri e quello alloctono, dai tributari e dal trasporto atmosferico.

Infatti, dai risultati ottenuti in questo secondo anno di ricerche, appare confermato che non è affatto cessato l'ingresso in lago di DDT proveniente dall'esterno. Anche se non si deve trascurare il peso di apporti provenienti da altre vie, la sorgente principale resta indubbiamente il Fiume Toce che nei momenti di piena convoglia al lago quantità significative dell'inquinante. Va però osservato che tali apporti, dopo la chiusura degli impianti di produzione del DDT a Pieve Vergonte nel 1996, sono probabilmente in fase di continua diminuzione in dipendenza dell'avanzamento delle opere di depurazione dell'acqua di falda e di impermeabilizzazione dei suoli nell'area industriale in questione, nonché della pulizia degli alvei e dei ripari spondali del Torrente Marmazza e del Fiume Toce operata dalle piene intervenute nel 2000 e nel 2002.

In conclusione, dai risultati ottenuti con la campagna d'indagini condotta tra aprile 2002 e marzo 2003 si possono trarre le seguenti osservazioni.

- Gli apporti di inquinanti nel Lago Maggiore, per quanto diminuiti, sono tuttora in grado di mantenere uno stato di alterazione dell'ecosistema. In particolare, fermo restando il fatto che il bacino del Toce è il principale emettitore di DDT durante le piene e che la risospensione dei sedimenti lacustri gioca un ruolo importante, tra le altre possibili concause da sottoporre a verifica per spiegare la presenza in lago del contaminante devono essere tenute in considerazione le precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre e sul bacino imbrifero, nonché la movimentazione di DDT antico sequestrato sui e nei suoli durante le piene in zone anche diverse da quelle del bacino del Toce, quali ad esempio le aree a storica vocazione agricola, i terreni sui quali si è depositato per condensazione il DDT presente come aerosol in atmosfera, i sedimenti lacustri di bacini artificiali sottoposti a svuotamento per pulizia.
- Le concentrazioni di DDT rilevate nei vari comparti presentano un'evidente variabilità all'interno dell'anno, che per le componenti abiotiche dell'ecosistema lacustre (acqua e sedimenti) appare in stretta relazione con gli eventi di piena e che, per le componenti biotiche, vede altresì una rilevante importanza dei cicli metabolici e biologici delle varie specie.
- I livelli raggiunti dall'inquinante durante l'anno in studio, riconfermando i giudizi già espressi dall'apposito Comitato scientifico istituito "ad hoc" dal Ministero dell'Ambiente, sono comunque tali che:
 - le acque lacustri non perdono il loro valore di possibile risorsa strategica di approvvigionamento a scopo alimentare a causa della presenza di DDT in quanto le concentrazioni rilevate sono notevolmente inferiori ai limiti di legge;
 - la stessa osservazione è valida per quanto riguarda la balneabilità delle acque;
 - anche da un punto di vista ambientale, sotto l'aspetto tossicologico, le concentrazioni di DDT riscontrate non sembrano tali da destare immediate preoccupazioni;
 - i contenuti rilevati nelle specie ittiche prese in considerazione sono stati tali da evidenziare una significativa diminuzione dei livelli dopo il luglio 2002.

In definitiva appaiono evidenti segni di recupero dell'inquinamento da DDT nel Lago Maggiore anche se si è ancora lontani da una risolutiva e soddisfacente soluzione del problema. Sono ancora infatti in atto gli interventi di bonifica e di messa in sicurezza del sito industriale di Pieve Vergonte ed ancora si dovrà affrontare la parte delicata ma fondamentale della bonifica dei suoli. È quindi evidente che, in tale situazione ancora dinamica, le ricerche programmate potranno fornire anche per il futuro informazioni irrinunciabili per verificare la bontà degli interventi anche in funzione dei loro possibili effetti sull'ecosistema lacustre.