

## RIASSUNTO

Aldo Marchetto, CNR-ISE, Verbania

Come già ricordato nel precedente rapporto, il programma di indagini 2013-2015 sul DDT e sulle sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore presenta due aspetti complementari. Da una parte, esso contiene un aggiornamento delle serie storiche e delle conoscenze acquisite in passato su alcuni parametri di valutazione, come l'analisi quali-quantitativa di sostanze pericolose e di elementi in traccia nei pesci e lo studio del percorso di queste sostanze lungo la rete trofica, attraverso lo zooplancton, e della loro presenza nei molluschi filtratori, tipici organismi litorali. Dall'altra parte, il programma 2013-2015 contiene alcuni elementi di novità, come lo studio della dinamica di sostanze pericolose e degli elementi in traccia nell'ecosistema fluviale del Fiume Toce nel suo tratto terminale e un approfondimento della presenza di DDT e metaboliti, mercurio, rame ed arsenico in diversi comparti dell'ecosistema (sedimenti, acqua interstiziale, organismi macrobentonici indigeni).

L'analisi delle sostanze pericolose nello **zooplancton**, in corso dal 2009, prosegue anche in questo programma triennale. Lo zooplancton, cioè l'insieme di organismi animali flottanti nella massa d'acqua, rappresenta un punto cruciale nella rete trofica che trasferisce materia, energia e contaminanti dall'acqua e dai produttori primari (principalmente alghe microscopiche) verso la fauna ittica.

Anche nel 2014 lo zooplancton è stato campionato, come da programma, nella sola stazione di Ghiffa, nel punto di massima profondità del lago, privilegiando lo studio della contaminazione di diverse frazioni dimensionali per una maggiore comprensione della dinamica stagionale degli inquinanti veicolati dalle diverse componenti zooplanctoniche di rete nella zona pelagica. Nel quinquennio precedente la stazione di Ghiffa era risultata rappresentativa della zona centro-settentrionale del lago, mettendo in luce una modesta variabilità spaziale delle concentrazioni degli inquinanti organici nello zooplancton.

Nel corso del 2014, la successione stagionale dello zooplancton è risultata differente da quella del 2013, e più simile a quella degli anni precedenti, con un picco primaverile di densità, formato prevalentemente da zooplanctonti consumatori primari (erbivori), mentre i più grandi consumatori secondari (predatori) hanno presentato la loro densità massima in agosto come di consueto.

Come già nel 2013, la concentrazione degli isomeri e metaboliti del DDT (DDx), e in particolare del p,p'-DDE, in regolare diminuzione nel quinquennio scorso, è risalita in modo evidente nei campioni prelevati a novembre 2014 e a gennaio 2015, con valori confrontabili a quelli del 2013.

L'aumento delle concentrazioni negli ultimi due anni rispetto al quinquennio precedente ha riguardato anche i policlorobifenili (PCB) ed è probabilmente da mettere in relazione con le intense piogge registrate nell'autunno del 2013 e del 2015.

Il quadro sopra delineato viene confermato in parte dalle analisi del **mollusco filtratore** *Dreissena polymorpha*, un tipico organismo filtratore litorale in grado di bioaccumulare rapidamente i contaminanti lipofili contenuti nella matrice acquosa.

Anche nel caso di *D. polymorpha*, infatti, la tendenza alla diminuzione delle concentrazioni di DDx totali registrata nello scorso quinquennio si interrompe già nel 2013, e si ha un evidente aumento delle concentrazioni confermato anche nel 2014, in tutte le stazioni, sia in quelle del Bacino di Pallanza, che mostrano come di consueto i valori più elevati, che in quelle della parte settentrionale del lago, nonostante i livelli più modesti di inquinanti nei tessuti del mollusco.

Come nel 2013, i valori misurati nel 2014 sono decisamente inferiori a quelli misurati a cavallo del secolo, ma si deve notare che i rapporti isomerici indicano chiaramente l'apporto del

composto parentale (p,p'-DDT) nel Bacino di Pallanza, avvalorando l'ipotesi che le intense piogge della fine del 2013 abbiano portato al lago il DDT attraverso il Toce.

Anche per gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), le concentrazioni misurate nel 2014 sono risultate generalmente superiori a quelle misurate nel 2013, con l'unica eccezione della stazione meno inquinata (Baveno), dove i valori si sono leggermente ridotti.

Anche nel caso dei PCB, la concentrazione totale è ancora aumentata rispetto ai valori del 2013 in tutte le stazioni. Si deve tener conto che anche quest'anno il campionamento dei molluschi è avvenuto nel mese di maggio 2014, e quindi che non si è registrato l'effetto di un eventuale apporto di inquinanti durante l'autunno 2013, mentre per la piena del 2014 un possibile effetto sui molluschi filtratori potrebbe essere registrato soltanto con i campioni del 2014.

Per quanto riguarda i polibromodifenil eteri (PBDE), nel 2014 è stato possibile analizzare anche il PBDE 209, congenere presente nella miscela Deca-PBDE vietata solo recentemente, che ha confermato di essere quello maggiormente presente nel Verbano. Questo congenere presenta valori molto più elevati a Laveno e soprattutto a Ranco, le stazioni maggiormente influenzate dagli immissari Bardello e Boesio dove questo composto è maggiormente presente.

L'aumento delle concentrazioni dei DDx totali, evidenziato sia nello zooplancton che nei molluschi filtratori, è evidente anche in una parte delle analisi della **fauna ittica**. Nel corso del 2014, i limiti di edibilità sono stati superati tre volte negli agoni grandi: in primavera, anche se la percentuale di lipidi era vicina al limite (5%), in autunno e in inverno con una percentuale lipidica del campione pari a 2,9% in entrambi i casi. Anche negli agoni piccoli campionati in inverno è stato superato il limite previsto dalla normativa italiana per il consumo umano. Per la significatività dei superamenti osservati i valori vanno tuttavia valutati a livello sanitario, considerando la variabilità ritenuta accettabile da Sanco et al. (2011) per i dati di concentrazione di pesticidi negli alimenti.

Le concentrazioni di DDx nel corso del 2014 sono risultate in media maggiori nei tessuti degli agoni (92 e 79 ng g<sup>-1</sup> p.f. negli agoni grandi e piccoli rispettivamente), seguiti dai coregoni (33 e 27 ng g<sup>-1</sup> p.f. nei coregoni grandi e piccoli rispettivamente) e infine dai gardon (8 ng g<sup>-1</sup> p.f.).

Anche per i PCB l'agone risulta il pesce più contaminato come già osservato negli anni precedenti, in questa indagine si sono misurate concentrazioni medie di PCB totali pari a 44,3 ng g<sup>-1</sup> p.f. e 38 ng g<sup>-1</sup> p.f. rispettivamente per gli agoni grandi e gli agoni piccoli, mentre dai campioni di coregone grande e coregone piccolo si sono ottenute concentrazioni medie rispettivamente pari a 12,1 ng g<sup>-1</sup> p.f. e 10,6 ng g<sup>-1</sup> p.f. In nessun caso è stato superato il valore limite di 125 ng g<sup>-1</sup> p.f. fissato dal Regolamento UE 1259/2011 per la somma dei 6 PCB-i per il muscolo di specie ittiche selvatiche d'acqua dolce.

Se si considerano le concentrazioni medie totali dei PBDE l'agone risulta sempre la specie più contaminata e l'individuo adulto risulta più contaminato di quello piccolo, se si considera la contaminazione normalizzata sul contenuto lipidico. I coregoni invece sono i pesci meno contaminati e non si osservano differenze di concentrazione tra le due classi di età considerate. In media si sono misurate concentrazioni di PBDE totali pari a 8,2 e 5,0 ng g<sup>-1</sup> p.f. rispettivamente per gli agoni grandi e gli agoni piccoli (173,8 e 82,1 ng g<sup>-1</sup> lipidi rispettivamente), mentre le concentrazioni medie per i coregoni sono risultate pari a 2,2 e 2,5 ng g<sup>-1</sup> p.f. rispettivamente per gli individui adulti e giovani. I congeneri da tri- ad esa-bromurati sono i composti prevalentemente presenti.

Nell'agosto del 2013 è stata approvata la Direttiva 2013/39/UE che stabilisce per questi composti nel biota un valore pari a 8,5 pg g<sup>-1</sup> p.f. come standard di qualità ambientale del biota al fine di garantire un buono stato chimico delle acque superficiali. L'applicazione di questo standard ambientale per la somma di BDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 porta al superamento del limite in tutti i campionamenti stagionali effettuati per le specie ittiche del Lago Maggiore considerate.

Come già svolto per l'anno 2013 anche nel 2014 è proseguita l'indagine volta alla determinazione della contaminazione da PCB *dioxin like* (PCB-dl) su agoni e coregoni del Lago

Maggiore appartenenti alle due classi di età. L'attuale normativa (Direttiva 2013/39/UE) pone a 6,5 pg TEQ g<sup>-1</sup> p.f. il valore limite per lo standard di qualità ambientale del biota al fine di garantire un buono stato chimico delle acque superficiali.

Il valore soglia di 6,5 pg TEQ g<sup>-1</sup> p.f. è stato superato, anche se non in modo significativo (vedi SANCO, 2011), solo una volta nel corso del 2014 nel muscolo degli agoni piccoli campionati in primavera, in cui si è misurato un valore pari a 7,6 pg TEQ g<sup>-1</sup> p.f. Va sottolineato, inoltre, che il limite di 6,5 pg TEQ g<sup>-1</sup> p.f. è fissato, secondo la Direttiva, come somma dei PCB-dl più le diossine e i furani, quindi alla concentrazione dei PCB-dl andrebbe aggiunto il valore di diossine e furani che potrebbe portare ad un superamento della soglia anche in altri campioni. Per evidenziare l'eventuale presenza di una correlazione statisticamente significativa tra le concentrazioni di PCB-dl e di PCB indicatori sono state confrontate le concentrazioni delle due serie di dati ottenute dalle analisi svolte nel 2014.

Dalla correlazione condotta è emersa per i coregoni una correlazione statisticamente significativa tra i due parametri ( $r=0,78$ ,  $p<0,05$ ). Quindi la contaminazione da PCB-dl in questa specie potrebbe essere dovuta alla presenza dei PCB-i. Per gli agoni invece non è emersa alcuna correlazione statisticamente significativa tra i due parametri considerati. Le concentrazioni osservate di PCB-dl negli agoni sembrano quindi non essere direttamente correlate alla sola presenza dei PCB.

L'analisi del mercurio totale nei pesci ha evidenziato un trend in aumento per gli agoni dal 2013 al 2014, dove i valori autunnali e invernali negli esemplari di taglia grande raggiungono gli 0,25 mg Hg kg<sup>-1</sup> p.f. Questo aumento è probabilmente correlabile con gli eventi di pioggia dell'estate e tardo autunno 2014, che potrebbero aver veicolato una maggior quantità di sedimenti dal bacino verso il lago. Non sono emerse invece differenze tra classi e/o stagioni di età per il lavarello, in cui i valori sono significativamente più bassi (fino a 0,086 mg Hg kg<sup>-1</sup> p.f.) rispetto a quelli dell'agone. Concentrazioni paragonabili sono state riscontrate nel gardon, per il quale, come anche evidenziato nel 2013, si è registrato un picco estivo di 0,124 mg Hg kg<sup>-1</sup> p.f., probabilmente legato all'ecologia della specie. Tutti i valori superano lo standard di qualità per il mercurio sul biota previsto dalla Direttiva 2013/39/UE in Europa e dal D.M. 260/2010 in Italia, e, come già evidenziato negli anni precedenti, comporterebbero la classificazione della qualità del Lago Maggiore come non buona. Va tuttavia considerato che tale soglia è superata per i pesci di molti ecosistemi acquatici italiani ed europei, anche non direttamente influenzati da sorgenti puntuali di contaminazione. Dal punto di vista sanitario, le concentrazioni di mercurio nella fauna ittica risultano sempre al di sotto dei limiti di legge per i prodotti destinati al consumo umano.

L'analisi dei microinquinanti nelle carote del Lago Maggiore ha messo in evidenza che la contaminazione da DDT nella Baia di Pallanza presenta un'ampia variabilità spaziale e temporale. I campioni superficiali sono i meno contaminati in quattro carote su cinque, con valori massimi nella stazione 17, come già riscontrato nel 2011. Le massime concentrazioni nelle carote più lunghe risalgono alla seconda metà del XX secolo, mentre negli anni recenti sono sempre state osservate nella sezione relativa al 1999-2008, che comprendono la sedimentazione del materiale particellato trasportato durante gli eventi di piena del 2000 e 2004. Nelle stazioni della Baia di Pallanza prevale la contaminazione del p,p'-DDD (circa il 40-50% del DDx totale) sugli altri metaboliti e rispetto al composto parentale, mentre nella carota 28, prelevata nella parte più meridionale del Lago, prevale il p,p'-DDE.

Le concentrazioni totali di PCB nei sedimenti della Baia di Pallanza sono molto contenute e uniformi sia nello spazio che nel tempo, mentre le carote 57 e 28 sono caratterizzate da una contaminazione più elevata, coerente con l'aumento in carbonio organico presente nei sedimenti, che non evidenzia aree localizzate di contaminazione. Il contributo percentuale dei vari congeneri è simile per tutti i sedimenti con una abbondanza prevalente dei PCB-138, PCB-153 e PCB-180 come

prevedibile in base alla composizione della miscela commerciale utilizzata in passato (Aroclor 1256 e 1260).

Le concentrazioni di IPA sono decrescenti verso le sezioni più recenti e superiori nelle stazioni lungo l'asse del Lago rispetto a quelle della Baia di Pallanza, a causa dei valori più elevati di carbonio organico del sedimento, ma anche di un arricchimento in particelle fini molto contaminate in movimento verso il Ticino emissario.

Infine, è evidente un aumento dei PBDE nelle sezioni più recenti, con valori più elevati nella carota 28 non solo per l'elevato contenuto di sostanza organica, ma anche per il trasporto di sedimenti contaminati derivati dai tributari lombardi (Boesio e Bardello). La contaminazione da PBDE è principalmente dovuta alla presenza del BDE-209 (70-99% del totale a seconda del campione), seguita dal BDE-47, -99 e -100.

Dall'analisi del Q-PEC per gli organici si evidenzia un superamento del valore di 0,1 (rischio probabile di tossicità per il macrobenthos) per le carote della Baia di Pallanza e la stazione 57 di Centro Lago, mentre le carote 17 (carota della Baia) e 28 (carota a Sud del Lago) superano anche il valore di 0,5, rendendo molto probabile il rischio di tossicità per la fauna macrobenthonica esposta al sedimento. Il superamento è attribuibile alle concentrazioni di DDX.

Per quanto riguarda l'analisi dei metalli in traccia (As, Cu e Hg) nei sedimenti di lago, è emerso un picco di contaminazione da As nel Bacino di Pallanza nella zona di influenza del Toce (carota B3/3), che raggiunge valori  $> 700 \text{ mg kg}^{-1}$  p.s. nelle sezioni corrispondenti alla seconda metà del 1800, per poi decrescere nei primi anni del 1900. Il picco potrebbe essere collegato alle attività estrattive delle miniere aurifere condotte nella seconda metà del 1800 nella Valle Anzasca, nonché alla presenza e utilizzazione di sorgenti arsenicali-ferruginose, che a tutt'oggi sono caratterizzate da elevati livelli di As disciolto e un pH molto acido e che confluiscono nel torrente Anza, tributario del Toce. Valori paragonabili ai livelli di fondo stimati per il bacino sono invece stati riscontrati per il rame in tutti gli strati analizzati, ad eccezione di qualche picco localizzato, probabilmente dovuto ad accumulo di materiale fine.

Il mercurio nel Bacino di Pallanza mostra valori negli strati più recenti fino a  $0,4-0,6 \text{ mg kg}^{-1}$  p.s., con valori più elevati nella zona litorale presso Pallanza (carota 17/1) e a sud dell'Isola Madre (carota 13/2), dovuti ad una maggiore presenza di argille, matrice preferenziale di accumulo del contaminante. L'analisi degli strati più profondi delle carote B3/3 e 28 ha permesso di ricostruire il trend di contaminazione dovuto alle attività produttive del sito industriale di Pieve Vergonte, che ha raggiunto l'apice negli anni '30-'50. La carota 28, prelevata nei pressi di Arona, evidenzia la migrazione dei sedimenti contaminati verso la chiusura del bacino. I carotenoidi algali ritrovati nei sedimenti indicano una presenza relativamente costante dei cianobatteri dagli anni '60-'70 del secolo scorso, ma non è stato possibile rilevare la presenza di cianotossine nei sedimenti.

La comprensione della dinamica dei microinquinanti nel Lago Maggiore richiede necessariamente una valutazione delle sorgenti, principalmente localizzabili nei principali immissari, *in primis* il **Fiume Toce**. Perciò nel programma di indagini 2013-2015 sul DDT e sulle sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore è stata inserita un'indagine di approfondimento sul tratto terminale di questo fiume, che comprende nel 2014 tre linee complementari: la valutazione della contaminazione dei sedimenti a monte e a valle del sito industriale di pieve Vergonte, la valutazione della biodisponibilità dei contaminanti mediante l'uso di campionatori passivi e mediante campionamento e analisi del bioaccumulo negli organismi bentonici nativi e, infine, la valutazione della struttura delle comunità macrobentoniche in relazione alla presenza dei fattori inquinanti.

Per quanto riguarda il DDX nei sedimenti del Toce, la stazione di Prata, posta a monte del sito industriale di Pieve Vergonte, è quella caratterizzata dalle concentrazioni inferiori di DDX ( $0,80-1,26 \text{ ng g}^{-1}$  p.s.). La prima stazione di valle, Bosco Tenso, è caratterizzata da una concentrazione media pari a  $5 \text{ ng g}^{-1}$  p.s., circa cinque volte superiore rispetto a quella a monte. La concentrazione massima si osserva a Premosello con una media di  $18 \text{ ng g}^{-1}$  p.s., diciotto volte maggiore del valore

misurato a monte; le stazioni successive si collocano come intermedie tra le concentrazioni di Bosco Tenso e di Premosello. Nei campioni a valle dell'impianto compare una significativa presenza del composto parentale p,p'-DDT che raggiunge nel campione di ottobre 2014 di Premosello l'80% del DDx totale.

Per quanto riguarda i metalli in traccia, l'analisi delle concentrazioni nei sedimenti evidenzia un trend crescente di contaminazione da Domo verso il sito di Mergozzo, con valori significativamente più elevati di mercurio e arsenico nelle stazioni a valle di Pieve Vergonte. Data la confluenza del torrente Anza immediatamente a monte del polo industriale, è possibile che l'arricchimento da arsenico sia dovuto anche all'immissione di acque e particolato ricchi di questo elemento derivanti dalle acque arsenicali dell'alta Valle Anzasca. Per quanto riguarda il mercurio, il sito di Prata, pur localizzato a monte di Pieve Vergonte, mostra concentrazioni superiori al valore di fondo del bacino, attribuibili a diffusione per via atmosferica e/o deposito di materiali contaminati di origine industriale. I valori di rame, invece, sono costanti nel tratto del Toce considerato e sono paragonabili al valore di fondo del bacino.

I campionatori passivi, disposti all'interfaccia tra acqua e sedimento, permettono di valutare la biodisponibilità dei contaminanti presenti nell'acqua interstiziale del sedimento e nell'acqua corrente sovrastante il sedimento, le cui concentrazioni dipendono da una molteplicità di fattori interdipendenti, come diffusione, risospensione, dissoluzione, e dalle reazioni chimiche e biologiche che avvengono nei sedimenti e all'interfaccia tra questi e l'acqua corrente.

I risultati di due anni di attività hanno dimostrato la possibilità di utilizzare questi campionatori nel Toce sia per l'analisi del DDT e dei suoi metaboliti che per quella del mercurio. Per quanto riguarda il DDT, le misure del 2014 confermano quelle del 2013, con l'eccezione della stazione di Premosello dove i valori del 2014 sono circa doppi rispetto al 2013. Nei due anni, la concentrazione stimata di DDx nell'acqua aumenta solo leggermente tra la stazione a monte di Pieve Vergonte (Prata) e quelle a valle (Ornavasso), mentre quella dell'acqua interstiziale aumenta in modo marcato tra Prata e Ornavasso. Poiché l'acqua interstiziale è a stretto contatto con gli organismi che vivono nel sedimento, questi valori indicano una elevata biodisponibilità dei DDx, che è stata confermata con l'analisi del macrobenthos indigeno. Le analisi hanno anche mostrato che i congeneri prevalenti, sia nell'acqua corrente che in quella interstiziale, sono il p,p'-DDD e l'o,p'-DDD, che si formano dal metabolismo del DDT in condizioni anaerobiche. La loro presenza in entrambe le matrici porta a ipotizzare che questi composti si siano formati all'esterno del fiume, nei suoli contaminati, da cui sarebbero dilavati in questa forma.

Per quanto riguarda il mercurio, l'analisi delle DGT ha permesso di individuare un gradiente crescente di contaminazione da Domo fino a Ornavasso, con concentrazioni nell'acqua e nei sedimenti leggermente inferiori rispetto a quelle rilevate nel 2013. L'impiego di campionatori DGT di tipo *probe*, inoltre, ha permesso di escludere la presenza di gradienti di contaminazione lungo il profilo verticale dei sedimenti nei primi 15 cm di spessore, confermando la relativa omogeneità della matrice che era stata rilevata nel 2013 mediante indagine di carote di sedimenti.

Per quanto riguarda i DDx, gli organismi appartenenti ai gruppi dei Gammaridi e Tipulidi + Tabanidi accumulano maggiormente (fino a 300-400 ng g<sup>-1</sup> p.s.) rispetto ad Heptageniidi e Tricotteri. I primi sono prevalentemente trituratori e collettori, ossia si nutrono di sostanza organica presente nei sedimenti, oppure predatori (Tabanidae), che si nutrono di altri invertebrati; gli ultimi sono invece prevalentemente raschiatori, che si nutrono di patine perfitiche. L'analisi degli isotopi stabili negli organismi del Toce potrebbe chiarire meglio se la diversa risposta è effettivamente legata ai diversi ruoli trofici.

Al contrario dei sedimenti, nel macrobenthos indigeno l'isomero più rappresentato è il p,p'-DDE (25-55% del totale) un metabolita che deriva dalla degradazione del DDT in condizioni aerobiche e/o dal metabolismo degli organismi acquatici (pesci, fitoplancton, macrobenthos, ecc.).

Per quanto riguarda il bioaccumulo di elementi in traccia, arsenico e rame sono microelementi essenziali soggetti a meccanismi di regolazione negli organismi, per i quali è possibile perciò avere valori diversi a seconda del gruppo tassonomico analizzato. Tuttavia, mentre per il rame i valori

sono risultati costanti per ciascun gruppo lungo il gradiente monte-valle, per l'arsenico si è evidenziato un chiaro trend in aumento, con concentrazioni più elevate nei Ditteri e nei Tricotteri nei siti di Premosello, Ornavasso e Mergozzo. Un trend analogo è stato riscontrato per il mercurio, con valori più bassi a Domo (considerata come "bianco") e crescenti nel tratto più a valle, da Prata fino a Mergozzo. I valori di BSAF arrivano fino a 3,1, confermando la capacità degli organismi di bioconcentrare i contaminanti. Questi valori, trasformati in peso fresco, sono nella maggior parte dei casi superiori allo standard di qualità per il mercurio sul biota previsto dalla Direttiva 2013/39/UE in Europa e dal D.M. 260/2010 in Italia; pertanto, la possibilità di riscontrare effetti tossici nei gradini superiori della catena alimentare non può essere esclusa e necessiterebbe di ulteriori valutazioni.

L'analisi della struttura delle comunità macrobentoniche del Toce è stata condotta mediante applicazione di diversi indici: lo STAR\_ICMi, attualmente utilizzato per la valutazione dello stato ecologico dei fiumi ai sensi del D.M. 260/2010, basato sull'analisi della ricchezza/abbondanza/tolleranza delle comunità, lo SPEAR<sub>pesticide</sub>, specifico per valutare la risposta alla presenza di pesticidi (in questo caso il DDT), e la sensibilità fisiologica al mercurio, che permette di valutare la tolleranza delle comunità rispetto al mercurio. L'applicazione di questi indici ha permesso di escludere effetti a livello di comunità, relazionabili alla presenza di inquinanti nei sedimenti, mentre la struttura delle tassocenosi sembra maggiormente legata a fattori di tipo naturale, quali le differenze di substrato e tipo di flusso riscontrabili nei tratti di *riffle* (zone erosionali) e di *pool* (zone deposizionali) del fiume. L'analisi multivariata ha inoltre permesso di riscontrare un gradiente monte-valle legato a fattori naturali, quali la granulometria del substrato, la temperatura e il tipo di flusso, che va a sovrapporsi ad un gradiente di contaminazione da DDT, As e Hg. L'influenza di questi fattori antropici è stata analizzata mediante pCCA, ed è risultata pari al 6% della varianza totale della comunità, a fronte del 45% spiegato da fattori di tipo naturale. Se quindi una certa influenza legata alla presenza di sedimenti contaminati non può essere completamente esclusa, resta predominante la risposta a fattori di tipo naturale.

Queste valutazioni risultano importanti in vista delle operazioni di bonifica che interesseranno i suoli contaminati del sito industriale di Pieve Vergonte, che potrebbero determinare un nuovo apporto di contaminanti nel sistema acquatico, con effetti sulle comunità macrobentoniche e/o sul bioaccumulo, e quindi sul trasferimento ai gradini superiori delle catene trofiche.

Le analisi dei microinquinanti organici e dei metalli in traccia sono state svolte in una selezione di **tributari** e nel Ticino Emissario. Il Ticino Immissario non è stato incluso, in quanto nello scorso quinquennio ha mostrato un livello di contaminazione molto ridotto.

I DDx sono stati misurati solo nel Ticino Emissario, e hanno mostrato valori meno variabili e inferiori a quelli del 2013, ma sostanzialmente simili a quelli degli anni precedenti, con una prevalenza del p,p'-DDD e p,p'-DDE.

Per quanto riguarda gli IPA il fiume più contaminato risulta essere il Ticino emissario, come già osservato negli ultimi anni, mentre quello che presenta le concentrazioni minori è il fiume Bardello. I campionamenti che hanno evidenziato le maggiori concentrazioni nel 2014 sono quelli di aprile per i fiumi Margorabbia e Ticino emissario e quello di ottobre per il fiume Tresa. Il Bardello invece risulta poco variabile nei tre campionamenti. Il campionamento di aprile del Ticino emissario è risultato eccezionalmente elevato (7486 ng g<sup>-1</sup> p.s.), tale valore non è facilmente spiegabile, neanche normalizzando il dato sulla percentuale di carbonio organico presente; è ipotizzabile, in questo caso, che il Ticino emissario svolga il ruolo di allontanare, attraverso il suo elevato flusso idrico, la contaminazione osservata nei sedimenti del Lago Maggiore.

Anche nel caso dei PCB e dei PBDE le misure del 2014 confermano sostanzialmente quelle degli anni precedenti, con concentrazioni più elevate nei fiumi Boesio e Bardello che indicano chiaramente la presenza di sorgenti locali di contaminazione. Come nel quinquennio precedente, Boesio e Bardello sono caratterizzati da una prevalente contaminazione da BDE-209, il composto

decabromurato principale componente della miscela tecnica Deca-BDE, la sola miscela commerciale ancora in uso in Europa anche se con limitazioni di impiego.

Come per il quinquennio precedente, il fiume Ticino emissario supera la soglia di 0,1 (Q-PEC di 0,14) soprattutto a causa degli elevati valori degli IPA nel campionamento di aprile 2014. Le concentrazioni riscontrate nel Fiume Ticino emissario nell'anno 2014 potrebbero quindi avere effetti tossici e influire negativamente sulla fauna macrobentonica residenziale.

Come per il quinquennio precedente, il fiume Ticino emissario supera la soglia di 0,1 del Q-PEC (Q-PEC di 0,14) soprattutto a causa degli elevati valori degli IPA nel campionamento di aprile 2014. Le concentrazioni riscontrate nel Fiume Ticino emissario nell'anno 2014 potrebbero quindi avere effetti tossici e influire negativamente sulla fauna macrobentonica residenziale.

Per quanto riguarda i metalli in traccia, si confermano le evidenze degli anni precedenti di indagine. In particolare, Cu e Hg mostrano le concentrazioni più elevate nel Ticino emissario, per effetto del trasporto dei sedimenti fini verso la chiusura del bacino. Per quanto riguarda l'arsenico, invece, si confermano i valori elevati nel Tresa, che sono però legati alla presenza di rocce ricche di questo elemento nel bacino. Tutti i valori sono in linea con quelli registrati nel precedente anno di attività.