

**Zeitschrift:** Bollettino della Società ticinese di scienze naturali  
**Herausgeber:** Società ticinese di scienze naturali  
**Band:** 105 (2017)  
  
**Artikel:** Verifica della presenza di microinquinanti nelle acque dei canali emissari del piano di Magadino (cantone Ticino, Svizzera) tramite campionamento passivo  
**Autor:** Tettamanti, Federico / Avella, Daniel / Spinetti, Thibaud  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1003047>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 31.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Verifica della presenza di microinquinanti nelle acque dei canali emissari del Piano di Magadino (Cantone Ticino, Svizzera) tramite campionamento passivo

Federico Tettamanti<sup>1</sup>, Daniel Avella<sup>2</sup>, Thibaud Spinetti<sup>1</sup>, Camille Rime<sup>1</sup>,  
Guillaume Schneider<sup>1</sup>, Nouchine Donzel<sup>2</sup> & Davide Staedler<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> TIBIO Sagl, Via alla Valle 11, 6949 Comano, Svizzera

<sup>2</sup> Scitec Research SA, Avenue de Provence 18-20, 1007 Lausanne, Svizzera

davide.staedler@tibio.ch

**Riassunto:** La presenza di microinquinanti, in particolare di pesticidi, è un'importante causa di degrado della qualità delle acque superficiali. I microinquinanti possono avere effetti anche molto tossici verso gli organismi acquatici e si caratterizzano per la loro stabilità chimica, ciò che li rende molto persistenti. Questo studio ha lo scopo di determinare la concentrazione di 7 pesticidi nelle acque di tre canali in entrata nella zona protetta delle Bolle di Magadino. Gli erbicidi investigati appartengono alla classe delle triazine – atrazina e due suoi metaboliti – la deisopropilatrastina e la desetilatrastina, diuron, isoproturon, linuron, simazina e di un'insetticida, il diflubenfurone. La concentrazione di questi microinquinanti è stata monitorata mediante una tecnica di campionamento passivo basata su "Polar Organic Chemical Integrative Samples" (POCIS) con una matrice assorbente specifica per i pesticidi, per una durata di 48 giorni. I risultati di questo studio hanno permesso di determinare la concentrazione dei sette microinquinanti in entrata nella riserva naturale delle Bolle di Magadino e nel lago Verbano, mostrando che in alcuni sono stati superati i limiti fissati dalle Ordinanze OPAC e OPF. Lo studio ha inoltre dimostrato come questo tipo di campionatori sia affidabile sia dal profilo tecnico sia da quello analitico. A nostra conoscenza si tratta del primo studio in Ticino basato sull'impiego di questo tipo di campionatori per il monitoraggio dei corsi d'acqua.

**Parole chiave:** Bolle di Magadino, monitoraggio di acque superficiali, pesticidi, POCIS

**Monitoring of micropollutants in effluent channels of the Magadino Plain (Canton Ticino, Switzerland) using a passive sampling technique**

**Abstract:** Micropollutants, especially pesticides, represent a major concern for the pollution of surface waters. Indeed, these chemicals are highly toxic for aquatic organisms, and are characterized by a high chemical stability and thus are highly persistent in the environment. The aim of this study was to measure seven micropollutants in the water of three channels flowing to the natural reserve Bolle di Magadino. The monitored micropollutants are the herbicides atrazine and their metabolites – deisopropylatrazine and desethylatrazine, diuron, isoproturon, linuron, simazine, and the insecticide diflufenfurone. The traces of these micropollutants was exposed to a passive sampling technique. The latter is based on technique referred to as Polar Organic Chemical Integrative Samples (POCIS), constituted of an absorbent matrix specific to pesticides. The results of this study provide a characterization of the average concentration of the selected micropollutants incoming in the natural reserve. In particular, the study shows that in some cases the upper limit set by the Federal Waters Protection and the Phytosanitary Ordinances were exceeded. This study also shows that the POCIS samplers are robust and reliable, both on the technical and on the analytic side. This first study demonstrates the suitability of this technique for the monitoring of surface water.

**Key words:** Bolle di Magadino, pesticides, POCIS, surface water monitoring

## INTRODUZIONE

I corsi d'acqua ospitano una moltitudine di specie di insetti e di pesci e offrono luoghi di nidificazione e abbeveramento per specie di uccelli e mammiferi assumendo, quindi, un ruolo centrale nel mantenimento della biodiversità. Per questo esistono importanti norme di protezione delle acque, sia a livello federale che cantonale. Malgrado ciò, i corsi d'acqua sono soggetti all'esposizione di fonti di inquinamento di varia origi-

ne, il cui monitoraggio rappresenta una continua sfida tecnica e scientifica. Tra le minacce per gli ecosistemi acquatici e per l'uomo vi sono i microinquinanti, che sono sempre più oggetto di studi e di sorveglianza. I microinquinanti sono sostanze presenti nelle acque a concentrazioni molto basse, dell'ordine di un milionesimo fino a un milionesimo di grammi per litro. Prendendo il nome di microinquinanti i composti chimici di sintesi quali i prodotti fitosanitari, i biocidi, i farmaci, ma anche sostanze organiche o inorganiche naturali come

Tabella 1: Elenco dei microinquinanti monitorati nello studio

Molecola	Impiego / origine	Nome commerciale	Effetti e utilizzo in Svizzera
Atrazina	Diserbante (lotta contro le malerbe) nella coltivazione del mais.		Inibisce la fotosintesi delle piante, una volta disperso nell'ambiente si degrada lentamente e può raggiungere le acque sotterranee. Vietato in Svizzera dal 2011
Deisopropilatraxina	Metabolita (prodotto di degradazione) delle triazine, in particolare dell'atraxina.		Tossico per l'ambiente, effetti simili ai composti di origine.
Desetilatraxina	Metabolita (prodotto di degradazione) delle triazine, in particolare dell'atraxina.		Tossico per l'ambiente, effetti simili ai composti di origine.
Diurone	Erbicida, utilizzato in particolare per le colture di frutta a semi e in viticoltura. Utilizzato pure nel campo della costruzione per la protezione delle facciate.	Diuron 80	Inibitore della fotosintesi. In uso.
Isoproturone	Erbicida nel campo agricolo, utilizzato in particolare per la coltivazione di grano, graminacee e segale.	Arelon S, Azur, Fitolon, Foxtar P, Isoguard, Isoproturon, Popular, Trump e altri	Inibitore della fotosintesi. In uso.
Linurone	Erbicida, utilizzato in diverse colture come cereali, patate, girasoli e soja.	Afalon, Linturon, Linuron, Linutop, Metilin e altri	Inibitore della fotosintesi. In uso.
Simazina	Erbicida della famiglia delle clorotriazine usato contro erbe e malerbe a foglie larghe, soprattutto nelle coltivazioni di granoturco.	Gesatop Quick, Simazin, Simazin 50 CTA, Simazin 50 S, Simazin-S, Simazine 50, Topuron, Méduron, Végépron e altri	Inibitore della fotosintesi. Vietato in Europa dal 2004 e in Svizzera dal 2011.
Diffubenzuron	Insetticida anti-ormone giovanile sintetico, inibitore di crescita per molti insetti, soprattutto dell'ordine dei Ditteri.	Dimilin SC, Dimilin SC 48	Insetticida antiormone giovanile, sintetico. In uso.

le tossine, gli ormoni e i metalli pesanti. Questi composti rappresentano una minaccia importante poiché, entrando nella catena alimentare già in concentrazioni molto basse, possono avere ripercussioni sui meccanismi di riproduzione, crescita o sul metabolismo della fauna acquatica (Kase et al., 2011; Goetz et al., 2013; Braun et al., 2015). Questi microinquinanti sono presenti negli scarichi degli impianti di depurazione (IDA) o in diverse fonti diffuse come, per esempio, l'agricoltura, il traffico stradale o in alcune attività industriali (Braun et al., 2015) così come nelle acque di dilavamento di diverse superfici.

Lo scopo di questo studio è l'applicazione di un metodo di campionamento passivo di alcuni microinquinanti e ottenere, tramite ciò, dati sulla loro concentrazione nei 3 corsi d'acqua presi in esame. Lo studio è stato svolto in collaborazione con la Fondazione Bolle di Magadino (FBM) e si è concentrato su tre corsi d'acqua in entrata nelle Bolle di Magadino, zona protetta che si trova sul piano di Magadino. Il piano di Magadino è la più grande zona agricola sul territorio cantonale ticinese e ospita anche un numero elevato di industrie e di unità abitative. Il monitoraggio si è focalizzato su una serie di pesticidi utilizzati nell'agricoltura intensiva, a cui si è aggiunta la verifica della presenza di un larvicida utilizzato nei tombini per il controllo della zanzara tigre a livello comunale, il Diffubenzuron (Tabella 1). Durante il periodo di monitoraggio, il Diffubenzuron è stato impiegato da 6 comuni siti nella zona del Piano di Magadino: Gambarogno, Locarno (Piano di Magadino), Sementina, Monte Carasso, Lavertezzo e Bellinzona. Gli altri composti selezionati sono conosciuti per esse-

re tossici per gli organismi acquatici e per avere effetti a lungo termine sugli ambienti acquatici (Lorenzo & Scott, 2001; Mazzella et al., 2007; Schafer et al., 2011). La maggior parte di questi composti sono già stati rinvenuti nelle acque di superficie in Svizzera, anche a forti concentrazioni ( $> 100$  ng/L), e l'atraxina, l'isoproturone e la simazina figurano tra i microinquinanti rinvenuti frequentemente (Goetz et al., 2013; Braun et al., 2015). Il diurone è conosciuto per la sua forte tossicità specifica (Goetz et al., 2013).

In considerazione degli effetti di questi microinquinanti sugli organismi acquatici, è chiaro che una loro immisione nella riserva naturale delle Bolle di Magadino può causare a lungo termine degli effetti nefasti sugli ecosistemi. Il campionamento passivo è una tecnica di prelievo piuttosto recente (Vrana et al., 2005), ecologicamente neutra, basata sull'esposizione diretta di un materiale assorbente nell'ecosistema in esame e sul quale le sostanze in esame vengono adsorbite. Questa tecnica è stata sviluppata con lo scopo di sopperire ai limiti delle tecniche di campionamento classiche, in particolare il prelievo di un limitato volume d'acqua e in un momento definito, con il rischio di non ottenere un campione rappresentativo della situazione reale (Vrana et al., 2005; Mazzella et al., 2007). Tra i vari campionatori utilizzati per i campionamenti passivi, per questo progetto si è deciso di optare per dei campionatori di tipo *POCIS* (*Polar Organic Chemical Integrative Samples*), già impiegati con successo in studi precedenti (Mazzella et al., 2007; Morin et al., 2012). L'indagine intrapresa ha carattere essenzialmente esplorativo, essendo la prima svolta in Ticino e più particolarmente in questa zona





Figura 1: A: Dispositivo di misura per un POCIS; B: cestino in metallo per contenere i POCIS; C: POCIS completo di membrana, pronto all'impiego; D: postazione di misura con POCIS installata in un corso d'acqua.

con l'utilizzo di sistemi di campionamento passivo per il monitoraggio di microinquinanti nei corsi d'acqua. In effetti l'unico studio simile fu condotto tra il 2008 e il 2012 dalla Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (CIPIAS), nel quale veniva monitorato mediante campionamento passivo il microinquinante DDT e alcuni suoi derivati, con una postazione di misura nel Lago Maggiore (Brissago). Un recente studio condotto dall'Ufficio Federale dell'Ambiente (Braun *et al.*, 2015) mette in evidenza come molti corsi d'acqua svizzeri siano contaminati da microinquinanti provenienti da immissioni diffuse, risultati ottenuti con le tecniche di campionamento classico e senza prendere in considerazione i corsi d'acqua ticinesi. Questo conferma la necessità di recensire questo tipo di informazioni anche nel Cantone Ticino tramite l'utilizzo del campionamento passivo.

## MATERIALI E METODI

### Preparazione e installazione dei POCIS

I POCIS (*Polar Organic Chemical Integrative Sampler*) sono stati costruiti basandosi sulla descrizione di Morin *et al.* (2012). Le membrane dei POCIS sono costituite di polietersulfone (PES) con pori di 100 nm (fornite da Pall Corporation, Germania). La matrice assorbente contenuta nei POCIS è Oasis® HBL-100 (Waters Corporation, USA). I POCIS sono preparati con 200 mg di matrice assorbente. Ogni postazione di misura è costituita da un contenitore cilindrico in acciaio con pori di 4 mm di diametro su tutta la sua superficie, al

cui interno sono installati due POCIS in verticale. Il contenitore cilindrico è saldato a un'asta in acciaio in modo da poter essere infisso saldamente nel terreno. Il dispositivo di presa del campione con i POCIS viene posato manualmente, piantandolo nel corso d'acqua in esame, in modo che il contenitore con i POCIS sia completamente immerso ma in modo tale da non toccare il fondo (Figura 1A, B, C e D). I POCIS sono stati esposti dal 18 maggio 2016 al 5 luglio 2016 per un totale di 48 giorni. I punti di campionamento sono stati predisposti nel canale sponda sinistra del piano di Magadino, nel canale Pizzante e nel canale Carcale (Figura 2, Tabella 3). La scelta dei canali e il posizionamento delle postazioni di misura sono stati accordati con la FBM, interessata a monitorare la qualità dell'acqua proveniente dai canali del Piano di Magadino. La scelta del loro numero per corso d'acqua si è basata sui dati di portata, con 2 POCIS nel canale con meno portata – il canale Carcale, e sulle caratteristiche del canale, con 4 POCIS nel canale Pizzante, povero di vegetazione e rettilineo, e 6 nel canale sponda sinistra, ricco di vegetazione e caratterizzato da una morfologia più complessa.

### Calibrazione dei POCIS

I POCIS sono stati calibrati secondo le indicazioni di Mazzella *et al.* (2007) e Morin *et al.* (2012). La calibrazione è stata effettuata in laboratorio in condizioni di agitazione (agitatore magnetico) a una temperatura di 12°C. I POCIS sono stati immersi in 4 L di acqua distillata con l'aggiunta di  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.45 mg/L,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  1.0 mg/L,  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  0.5 mg/L e NaCl 50 mg/L a pH

6.8. Alla soluzione sono aggiunti i microinquinanti selezionati nello studio alla concentrazione di 1.0 µg/L per ogni componente. La soluzione è stata rinnovata tutte le 24h. I POCIS sono stati calibrati su 4 intervalli, ovvero dopo 7, 9, 13 e 21 giorni di esposizione. Il rateo di campionamento (valore Rs, Tabella 2) per ogni microinquinante è stato calcolato usando l'equazione 1 (Mazzella *et al.* 2007):

$$\text{Equazione (1):} \quad R_s \text{ [l/g]} = \frac{C_p M_p}{C_w t}$$

dove  $C_w$  è la concentrazione media del microinquinante (1.0 µg/L),  $C_p$  è la concentrazione nel microinquinante misurata nel POCIS,  $M_p$  è la massa della matrice assorbente nel POCIS (0.2 g),  $R_s$  [litri/giorno] è il rateo di campionamento proprio a ogni microinquinante e  $t$  è il tempo di esposizione dei POCIS nel corso d'acqua (in giorni).

### Analisi del contenuto dei POCIS

Dopo il periodo di esposizione nei corsi d'acqua, i POCIS sono stati recuperati e immediatamente analizzati. Le membrane contenenti la matrice assorbente sono state recuperate e estratte utilizzando quale solvente 20 mL di acetonitrile in agitazione (vortex). Le soluzioni di acetonitrile sono state recuperate e centrifugate allo scopo di precipitare le parti solide. Per ogni campione è stato recuperato 1 mL di solvente a cui sono stati aggiunti 50 µg/L di trifenilfosfato quale standard interno – SI. L'analisi si è svolta mediante iniezione diretta con uno spettrometro di massa a triplo quadruplo (triple quadrupole mass spectrometer – LC-MS-TQ, modello Agilent 6495 Triple Quad LC/MS con iniettore HP Series 1200 Autosampler G1367C) in modalità elettrospray (ESI+/ESI) applicando il metodo standard Scitec Research per l'analisi dei microinquinanti (eluzione con gradiente da 0 a 100% di soluzione d'eluzione A (H<sub>2</sub>O : acetonitrile : acido formico (98 : 2 : 0.02) in soluzione di eluzione B (H<sub>2</sub>O : acetonitrile : acido formico (2 : 98 : 0.02)) in maniera crescente da 30% a 100% da 0 a 9 minuti e decrescente da 100% a 30% da 9 a 18 minuti. Il flusso è di 0.6 mL/mn, la finestra temporale di 0-18 min e il volume di iniezione di 5-25 µl). Il limite di quantificazione per ogni composto analizzato è di 1.0 ng/L.

### Calcolo della concentrazione di microinquinanti

La concentrazione media dei microinquinanti nell'acqua analizzata è stata calcolata sulla base del rateo di campionamento (valore Rs), della quantità di matrice assorbente e del numero di giorni di esposizione (Mazzella *et al.* 2007), utilizzando l'equazione seguente (equazione 2):

$$\text{Equazione (2):} \quad C_w = \frac{C_p M_p}{R_s t}$$

Dove  $C_w$  è la concentrazione media del microinquinante nel corso d'acqua,  $C_p$  è la concentrazione nel microinquinante misurata nel POCIS,  $M_p$  è la massa

Tabella 2: Valori del “Rateo di campionamento” propri per ogni microinquinante (valore Rs, in litri/giorno). SD: deviazione standard per il valore di Rs.

Microinquinante	Valore Rs	SD Rs
Atrazina	0.174	3%
Desisopropilatraxina	0.128	5%
Desetilatraxina	0.076	10%
Diurone	0.191	5%
Isoproturone	0.168	7%
Linurone	0.188	4%
Simazina	0.163	3%
Diflubenzurone	0.162	2%

Tabella 3: Coordinate dei punti di campionamento mediante POCIS.

Canale	Coordinate		N° di campionatori
Carcale	46°10'09.831"N	8°52'36.301"E	2
Pizzante	46°10'00.158"N	8°52'46.267"E	4
Sponda sinistra	46°09'12.322"N	8°52'51.387"E	6

della matrice assorbente nel POCIS (0.2 g),  $R_s$  è il rateo di campionamento proprio a ogni microinquinante e  $t$  è il tempo di esposizione dei POCIS nel corso d'acqua (in giorni).

## RISULTATI

La concentrazione media di ogni microinquinante nei corsi d'acqua presi in esame è descritta nella Tabella 4. Malgrado il metodo di monitoraggio mediante POCIS non corrisponda per ora a un metodo di campionamento ufficiale, le evidenze bibliografiche relative alla robustezza della procedura sono considerate sufficienti per permettere una comparazione dei risultati con le Ordinanze federali che regolano le concentrazioni di microinquinanti nei corsi d'acqua. Secondo l'Ordinanza sulla protezione delle acque (OPAc 814.201, 2016) tuttora vigente in Svizzera, e più precisamente all'Allegato 2 (“Esigenze relative alla qualità delle acque; Acque superficiali”), il limite per i pesticidi organici (biocidi e prodotti fitosanitari) in acque superficiali è di 0.1 µg/L per ogni singola sostanza (Tabella 4). L'Ordinanza concernente l'immissione sul mercato di prodotti fitosanitari (OPF 916.161, 2016) fissa invece le concentrazioni regolatorie accettabili (Regulatory Acceptable Concentration; RAC) specifiche per ogni pesticida in uso (Tabella 4). I risultati ottenuti indicano che il limite fissato dall'OPAc è superato per 5 degli 8 microinquinanti analizzati. Il canale con la più alta concentrazione di microinquinanti risulta essere il canale Sponda sinistra. Per ciò che concerne i valori RAC fissati dall'OPF, la concentrazione di Diflubenzurone supera il limite nel canale Carcale, con una concentrazione di 0.03 µg/L a fronte di un limite fissato a 0.004 µg/L.



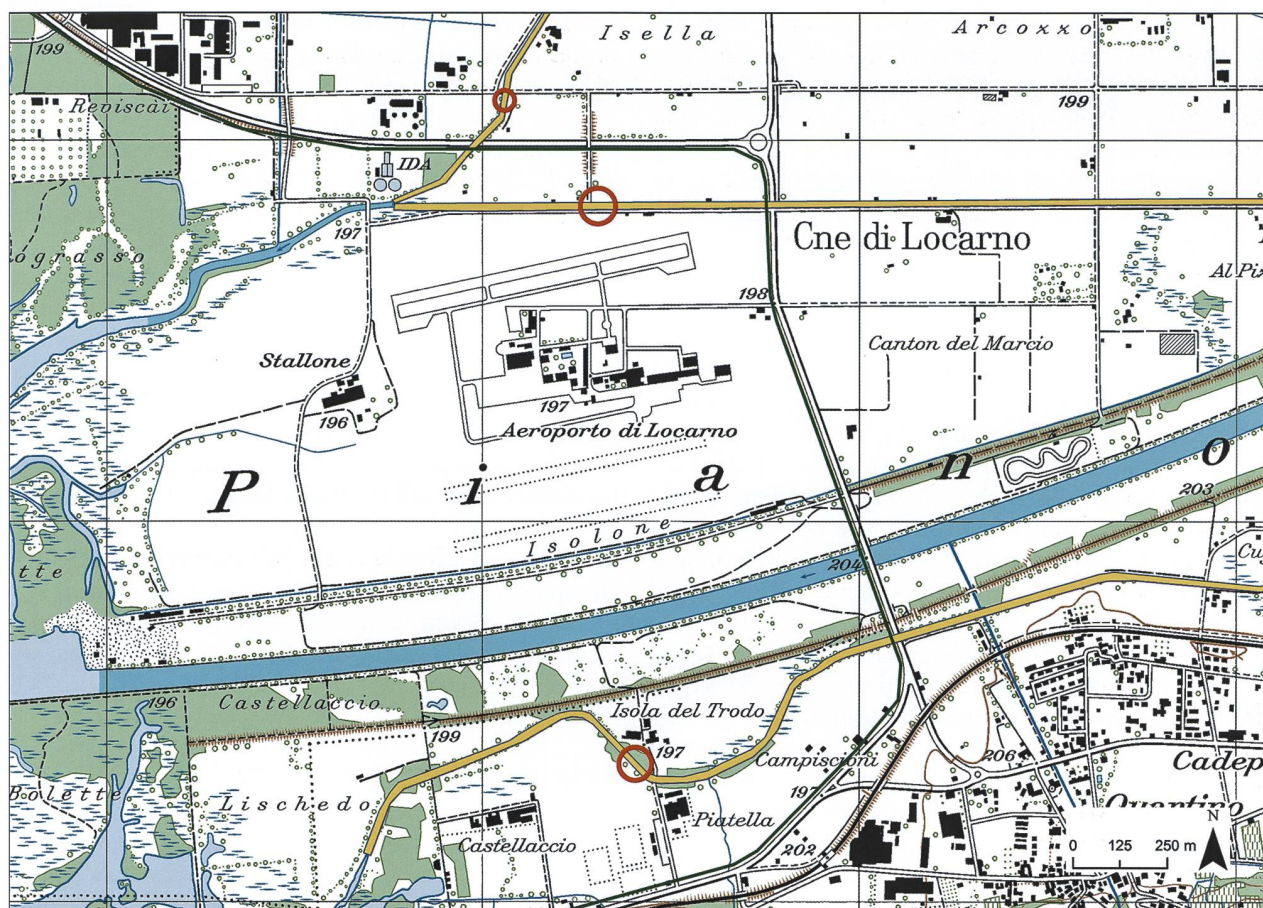


Figura 2: Punti di campionamento mediante POCIS nei tre canali presi in esame. I cerchi rossi indicano le tre postazioni; i canali evidenziati in giallo i fiumi presi in esame; la linea verde indica il confine della zona di protezione delle Bolle di Magadino.

Tabella 4: Concentrazione media ( $\pm$  deviazione standard in %) dei microinquinanti nei corsi d'acqua presi in esame, calcolate tra i valori ottenuti nei campionatori. \* Non è stato rinvenuto diflubenzurone in alcuni dei campionatori nei canali Pizzante e Sponda sinistra, è quindi indicata la media aritmetica tra i campionatori mentre il valore di deviazione standard non è rappresentativo. Globalmente viene ritenuto che in questi due casi la concentrazione di diflubenzurone si situa verosimilmente attorno al limite di quantificazione.

Microinquinante	Carcale	Pizzante	Canale sponda sinistra	Referenza secondo OPAC	RAC secondo OPF
Atrazina	0.01 $\pm$ 26%	0.03 $\pm$ 7%	0.06 $\pm$ 8%	0.1 $\mu$ g/L	
Deisopropilatraxina	0.02 $\pm$ 10%	0.07 $\pm$ 9%	0.11 $\pm$ 8%	0.1 $\mu$ g/L	
Desetilatraxina	0.04 $\pm$ 12%	0.07 $\pm$ 8%	0.11 $\pm$ 10%	0.1 $\mu$ g/L	
Diurone	0.15 $\pm$ 22%	0.03 $\pm$ 10%	0.19 $\pm$ 7%	0.1 $\mu$ g/L	1.83 $\mu$ g/L
Isoproturone	0.02 $\pm$ 23%	0.01 $\pm$ 2%	0.03 $\pm$ 7%	0.1 $\mu$ g/L	5.8 $\mu$ g/L
Linurone	0.28 $\pm$ 11%	0.40 $\pm$ 8%	0.54 $\pm$ 6%	0.1 $\mu$ g/L	0.7 $\mu$ g/L
Simazina	0.13 $\pm$ 5%	0.06 $\pm$ 10%	0.10 $\pm$ 8%	0.1 $\mu$ g/L	
Diflubenzurone	0.03 $\pm$ 21%	0.01 $\pm$ * %	0.01 $\pm$ * %	0.1 $\mu$ g/L	0.004 $\mu$ g/L
Somma	0.68	0.68	1.15		

Come è noto, la presenza di microinquinanti nelle acque superficiali riflette le attività agricole e industriali che hanno luogo lungo i corsi d'acqua in esame (Gómez *et al.*, 2012). Benché l'uso di atrazina sia stato vietato in Svizzera nel 2012, l'indagine intrapresa ha permesso di trovarne tracce nei riali indagati, comunque ben al disotto del limite fissato dall'OPAc. Si nota invece un lieve superamento del limite per due metaboliti dell'atrazina nel canale sponda sinistra. Le concentrazioni rilevate di diurone suggeriscono un suo impiego eccessivo sia come erbicida (il diurone è un erbicida totale) sia in ambito edilizio quale protezione dei materiali (Burkhardt *et al.* 2007, UFAM - Divisione della protezione dell'aria e prodotti chimici). Da evidenziare come la presenza di diurone è più importante nei due canali che provengono da zone densamente abitate. L'isoproturone è impiegato nell'industria e nell'artigianato come agente protettore per rivestimenti e opere murarie, oltre che nell'agricoltura come erbicida. La sua presenza minima nelle acque dei tre canali indica che il suo impiego non è fonte di inquinamento. Il linurone supera il limite fissato dall'OPAc in tutti e tre i corsi d'acqua monitorati e la concentrazione misurata si situa poco al disotto del limite dell'OPF. La presenza importante di questo composto si può spiegare con il suo massiccio impiego nel controllo degli infestanti annuali in colture intensive e orticole (Caux *et al.*, 1998). Elevate concentrazioni di questo prodotto possono essere dovute sia a un suo uso massiccio, come pure a un dosaggio errato durante il suo utilizzo. La presenza di simazina, diserbante contro erbe e malerbe a foglie larghe (Velisek *et al.* 2012), nel canale Carcale potrebbe far supporre che il prodotto sia ancora utilizzato, malgrado il divieto di uso in Svizzera entrato in vigore dal 2012, oppure che il massiccio impiego di questo prodotto in passato sia ancora fonte di inquinamento.

## DISCUSSIONE

I microinquinanti analizzati in questo studio sono conosciuti per essere tossici per gli organismi acquatici e per avere effetti a lungo termine sull'ambiente (Lorenzo & Scott, 2001; Mazzella *et al.*, 2007; Schafer *et al.*, 2011).

Le concentrazioni di microinquinanti rinvenuti nei tre canali di Piano di Magadino sono comparabili a quando misurato in Svizzera (Vioget & Strawczynski, 2005; Braun *et al.*, 2015). Ciò indica che anche per questi corsi d'acqua vi è una situazione di inquinamento dovuta alla presenza di microinquinanti e la zona protetta delle Bolle di Magadino non è quindi esente da questo tipo di contaminazioni. Le sostanze analizzate non solo sono tossiche individualmente, ma – come evidenziato da un sempre maggiore numero di studi – vanno anche considerati gli effetti tossici sinergici tra queste sostanze, come pure la loro combinazione con altri inquinanti, quali gli idrocarburi (Hernando *et al.*, 2003; Schwarzenbach *et al.*, 2006; Altenburger *et al.*, 2013; Gatidou *et al.*, 2015). Inoltre, molti altri microinquinanti impiegati in Svizzera e non analizzati in questo studio hanno effetti nefasti sugli ambienti acquatici. I

valori di diflubenzurone misurati, malgrado inferiori a quanto descritto nella letteratura (Cunningham & Myers, 1986; Terzopoulou & Voutsas, 2016), superano il valore RAC dell'OPF e ciò suggerisce che questo prodotto sia utilizzato in quantità o in modalità improprie. Maggiori precauzioni andrebbero quindi prese durante l'impiego di diflubenzurone per evitarne il rilascio nei corsi d'acqua.

A nostra conoscenza, questo è il primo studio di monitoraggio di corsi d'acqua mediante POCIS svolto in Ticino. Questo sistema di misura ha dimostrato di essere robusto e affidabile, sia dal punto di vista tecnico (resistenza delle postazioni di misura alle intemperie), sia da quello analitico. Nessun corso d'acqua ticinese è stato preso in considerazione nella valutazione della presenza di microinquinanti nei corsi d'acqua da parte dello studio effettuato dall'Ufficio Federale dell'Ambiente (Braun *et al.*, 2015). Riteniamo quindi che questo approccio di monitoraggio potrebbe e dovrebbe essere esteso ad altri corsi d'acqua ticinesi per incrementare la conoscenza dello stato delle acque superficiali in Ticino.

## RINGRAZIAMENTI

Lo studio è stato commissionato e finanziato dalla Fondazione Bolle di Magadino e co-finanziato dall'Ufficio della protezione delle acque e dell'approvvigionamento idrico, Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo, Divisione dell'ambiente, Dipartimento del territorio del Canton Ticino. Si ringrazia in particolare Nicola Patocchi per la preziosa collaborazione e per il suo contributo nella stesura dell'articolo. Si ringrazia anche Dr Mauro Veronesi per il sostegno allo studio e per lo scambio di informazioni. Si ringraziano Nader Donzel e Giordano Vassalli per la collaborazione nelle fasi di redazione e di rilettura del documento. Si ringrazia Giorgio Städler di Poretti e Gaggini SA per la collaborazione durante la fase di preparazione e produzione dei POCIS.

## BIBLIOGRAFIA

- Altenburger R., Arrhenius Å., Backhaus T., Coors A., Faust M. & Zitzkat D. 2013. Ecotoxicological combined effects from chemical mixtures Part 1: Relevance and adequate consideration in environmental risk assessment of plant protection products and biocides.
- Braun C., Gaelli R., Leu C.M.N., Wildhaber Y.S., Strahm I. & Wittmer I. 2015. Micropolluants dans les cours d'eau provenant d'apports diffus. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) Berna.
- Burkhardt M., Kupper T., Hean S., Haak R., Schmid P., Kohler M. & Boller M. 2007. Biocides used in building materials and their leaching behavior to sewer systems. *Water Science and Technology*, 56:63-67.
- Caux P.Y., Kent R., Fan G. & Grande C. 1998. Canadian water quality guidelines for linuron. *Environmental toxicology and water quality*, 13:1-41.

- Cunningham P. & Myers L. 1986. Dynamics of diflufenzuron (dimilin®) concentrations in water and sediment of a supratidal saltmarsh site following repetitive aerial applications for mosquito control. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 41:63-88.
- Gatidou G., Stasinakis A.S. & Iatrou E.I. 2015. Assessing single and joint toxicity of three phenylurea herbicides using *Lemna minor* and *Vibrio fischeri* bioassays. *Chemosphere*, 119:69-74.
- Goetz C., Hollender J. & Kase R. 2013. Micropolluants - Schéma d'évaluation de la qualité des eaux au vu des composés traces organiques issus de l'assainissement communal. Eawag, Dübendorf.
- Gómez M.J., Herrera S., Solé D., García-Calvo E. & Fernández-Alba A.R. 2012. Spatio-temporal evaluation of organic contaminants and their transformation products along a river basin affected by urban, agricultural and industrial pollution. *Science of the Total Environment*, 420:134-145.
- Hernando M., Ejerhoon M., Fernandez-Alba A.R. & Chisti Y. 2003. Combined toxicity effects of MTBE and pesticides measured with *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna* bioassays. *Water Research*, 37:4091-4098.
- Kase R., Eggen R., Junghans M., Götz C. & Hollender J. 2011. Assessment of Micropollutants from Municipal Wastewater - Combination of Exposure and Ecotoxicological Effect Data for Switzerland. InTech, Rijeka.
- Lorenzo M.E.D. & Scott G.I.R.P.E. 2001. Toxicity of pesticides to aquatic microorganisms: a review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20:84-98.
- Mazzella N., Dubernet J.F. & Delmas F. 2007. Determination of kinetic and equilibrium regimes in the operation of polar organic chemical integrative samplers. Application to the passive sampling of the polar herbicides in aquatic environments. *Journal of chromatography A*, 1154:42-51.
- Morin N., Miège C., Coquery M. & Randon J. 2012. Chemical calibration, performance, validation and applications of the polar organic chemical integrative sampler (POCIS) in aquatic environments. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 36:144-175.
- Ordinanza sulla protezione delle acque (OPAc). 2012. Numero RS: 814.201. Confederazione Svizzera.
- Schafer R.B., Pettigrove V., Rose G., Allinson G., Wightwick A., von der Ohe P.C., Shimeta J., Kuhne R. & Kefford B.J. 2011. Effects of pesticides monitored with three sampling methods in 24 sites on macroinvertebrates and microorganisms. *Environmental Science & Technology*, 45:1665-1672.
- Schwarzenbach R.P., Escher B.I., Fenner K., Hofstetter T.B., Johnson C.A., Von Gunten U. & Wehrli B. 2006. The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science*, 313:1072-1077.
- Terzopoulou E. & Voutsas D. 2016. Active and passive sampling for the assessment of hydrophilic organic contaminants in a river basin-ecotoxicological risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 23:5577-5591.
- Velisek J., Stara A., Machova J. & Svobodova Z. 2012. Effects of long-term exposure to simazine in real concentrations on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Ecotoxicology and environmental safety*, 76:79-86.
- Vioget P. & Strawczynski A. 2005. Pesticides dans les cours d'eau vaudois en 2002, 2003 et 2004. In: Département de la sécurité et de l'environnement sde, sols et assainissement (SESA) (ed), État de Vaud.
- Vrana B., Allan I.J., Greenwood R., Mills G.A., Dominiak E., Svensson K., Knutsson J. & Morrison G. 2005. Passive sampling techniques for monitoring pollutants in water. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 24:845-868.



