



CIP AIS
**Commissione
Internazionale
per la Protezione
delle Acque
Italo-Svizzere**

Via Principe Amedeo, 17
10123 Torino (Italia)
Telefono
(+39) 011 4321612
Telefax
(+39) 011 4324632
e-mail
cipais@regione.piemonte.it

Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere

PROGRAMMA ESECUTIVO DELLE RICERCHE DELLA COMMISSIONE INTERNAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELLE ACQUE ITALO-SVIZZERE

TRIENNIO 2019-2021



**APPROVATO DALLA COMMISSIONE NELLA SUA XLVI RIUNIONE
A ROMA IL 26 OTTOBRE 2018**

SOMMARIO

PREFAZIONE.....	3
INDAGINI LIMNOLOGICHE SUL LAGO MAGGIORE.....	5
INDAGINI SULLE SOSTANZE PERICOLOSE NELL'ECOSISTEMA DEL LAGO MAGGIORE	29
APPENDICE: RIASSUNTO DEGLI STUDI SULLE SOSTANZE PERICOLOSE NELL'ECOSISTEMA DEL LAGO MAGGIORE TRA IL 1996 E IL 2016	41
AMBIENTI LITORALI E TEMI EMERGENTI: INDAGINI NEL LAGO MAGGIORE	47
INTRODUZIONE AL PROGRAMMA DI RICERCA PER IL LAGO DI LUGANO.....	57
INDAGINI LIMNOLOGICHE SUL LAGO DI LUGANO	58
INDAGINI SULLE SOSTANZE PERICOLOSE NEL LAGO DI LUGANO.....	65
AMBIENTI LITORALI E TEMI EMERGENTI: INDAGINI NEL LAGO DI LUGANO	71

PREFAZIONE

Il Piano d’Azione 2019-2027 della CIP AIS fissa gli obiettivi strategici prioritari da raggiungere nel corso dei prossimi anni atti a garantire la qualità degli ambienti acquatici nei bacini del Ceresio e del Verbano.

Esso si prefigge di integrare ed armonizzare, nella misura del possibile, le esigenze degli Enti coinvolti nella tutela delle acque comuni a vari livelli, cioè per l’Italia il Governo italiano e le Regioni Piemonte e Lombardia e, per la Svizzera, la Confederazione, i Cantoni Ticino, Grigioni e Vallese, i comuni rivieraschi. Si tratta segnatamente di esigenze qualitative espresse non soltanto dalla normativa emanata dai due Paesi, ma anche emergenti da rapporti e studi scientifici. A livello internazionale si deve tener conto delle normative EU (in particolare la WFD del 2000), normativa vincolante a livello comunitario per l’Italia. A livello cantonale vanno opportunamente tenuti in considerazione gli indirizzi espressi nelle schede del Piano Direttore e nelle pubblicazioni “Ambiente in Ticino”.

Gli obiettivi strategici espressi nel Piano d’Azione soddisfano le esigenze espresse dalla Water Framework Directive 2000/60/EC e, al contempo, rispettano il concetto di tutela delle acque sancito dalla Legge Federale sulla protezione delle acque (LPAC, 1991). Le finalità che essi perseguono possono essere così sintetizzate:

- garantire il buono stato ecologico degli ecosistemi acquatici;
- preservare la salute dell’uomo, degli animali e delle piante;
- garantire l’approvvigionamento e promuovere un uso parsimonioso dell’acqua potabile ed industriale;
- conservare i biotopi naturali per la fauna e la flora indigene;
- conservare le acque ittiche;
- salvaguardare le acque come elementi del paesaggio;
- garantire l’irrigazione agricola;
- permettere l’uso delle acque a scopo di svago e di ristoro;
- garantire la funzione naturale del ciclo idrologico.

Per meglio indentificare tali obiettivi e per valutare i progressi nel loro raggiungimento è stato allestito un pannello di controllo, diversificato per il Verbano e per il Ceresio in considerazione della diversità dei due laghi, che definisce una serie di indicatori per i seguenti quattro settori di indagine, focalizzati sul corpo lacustre e sul suo bacino imbrifero:

- Antropizzazione e uso del territorio e delle risorse naturali
- Idrologia e clima
- Ecologia e biodiversità
- Inquinamento delle acque

Esso consente di descrivere in maniera rapida ed intuitiva lo stato attuale rispetto a quello individuato dagli obiettivi prefissati. Il pannello di controllo è concepito, inoltre, anche come strumento di divulgazione, utilizzabile dalla CIP AIS per diffondere le informazioni sullo stato dei corpi idrici e sulle proprie attività. Buona parte degli indicatori e dei parametri che ne permettono la formulazione viene studiata e misurata nell’ambito del programma esecutivo per il triennio 2019-2021, che fissa nel dettaglio, su base annua, modalità e costi delle indagini.

**PROGRAMMA ESECUTIVO DELLE
RICERCHE
DELLA COMMISSIONE INTERNAZIONALE
PER LA PROTEZIONE
DELLE ACQUE ITALO-SVIZZERE
TRIENNIO
2019-2021**

LAGO MAGGIORE



INDAGINI LIMNOLOGICHE SUL LAGO MAGGIORE

PREMESSA

Le ricerche di seguito presentate si propongono in primo luogo di proseguire attività che, grazie al finanziamento da parte della CIP AIS, hanno consentito ad oggi di seguire l'evoluzione del Lago Maggiore in un'ottica ecosistemica, considerando gli aspetti meteo-climatici, fisici, chimici e biologici. Questo approccio multidisciplinare ed integrato ha permesso di indagare i principali processi alla base delle tendenze evolutive del lago. Nel prossimo triennio si intende proseguire con queste indagini, focalizzandosi sul ruolo dei cambiamenti climatici nelle tendenze osservate e sull'interazione tra fattori meteo-climatici ed altre perturbazioni antropiche quali gli apporti di nutrienti ed inquinanti dal bacino imbrifero. I risultati delle indagini finora svolte hanno confermato infatti come il lago sia in condizioni vicine all'oligotrofia e in uno stato ecologico complessivamente buono; le stesse indagini hanno però evidenziato la necessità di una costante attenzione verso i fattori di pressione antropica che gravano sul lago e sul suo bacino.

Grazie alle lunghe serie di dati limnologici, il Lago Maggiore rappresenta uno degli esempi più significativi di indagini a lungo termine sui bacini lacustri. La continuità delle ricerche ha portato all'inserimento del Lago Maggiore nel network LTER per la ricerca ecologica a lungo termine, nonché alla partecipazione a numerose iniziative di ricerca a livello nazionale ed internazionale, volte ad analizzare e comprendere le dinamiche degli ecosistemi lacustri in risposta ai cambiamenti globali. Tali conoscenze sono alla base di corrette scelte gestionali per il mantenimento di un buon stato qualitativo dei corpi idrici, nonché del loro ruolo come fornitori di servizi ecosistemici. Si deve inoltre rilevare come le frequenze di campionamento ed analisi dei principali parametri limnologici previste nel programma sono largamente superiori rispetto a quelle previste dei monitoraggi ai sensi di legge (dal D.M. 260/2010); questo consentirà una valutazione più accurata delle variazioni stagionali ed interannuali, oltre che una quantificazione più precisa degli indicatori.

Le ricerche proposte mirano quindi a garantire il mantenimento delle serie storiche di dati e l'aggiornamento degli indicatori previsti dal Pannello di Controllo CIP AIS, in grado di fornire un quadro efficace e sintetico della qualità ecologica del lago, anche in un'ottica di una sempre più ampia divulgazione dei risultati delle ricerche. Accanto a questi aspetti si vogliono però introdurre alcuni elementi di novità, andando ad indagare aspetti dell'ecologia del Lago Maggiore che gli organismi di controllo istituzionali non sono tenuti ad affrontare, anche mediante metodologie ed approcci innovativi. Nell'ambito delle ricerche sulle componenti fito e zooplanctonica, verranno svolti approfondimenti sull'utilizzo del DNA barcoding per testare la possibilità di associarlo alle analisi tassonomiche degli organismi, facilitando la valutazione dell'evoluzione dei popolamenti planctonici nel lago. Scopo ultimo è quello di ottenere uno strumento affidabile per la valutazione quantitativa della biodiversità del lago e della sua evoluzione in relazioni a fattori di pressione come i cambiamenti climatici o le specie aliene.

Nel programma 2019-2021 si prevede un'estensione a livello spaziale delle indagini su nutrienti, carbonio organico (TOC), microgel organici (TEP), clorofilla e cianobatteri della frazione <math><2\mu\text{m}</math> attraverso l'inclusione di una stazione di monitoraggio sita nel bacino Borromeo (Pallanza) e soggetta all'effetto degli apporti dal fiume Toce. Anche le ricerche sulla distribuzione dei geni di antibiotico resistenza (ABR) si concentreranno sui due siti di Ghiffa e Pallanza, ampliando lo spettro di analisi con ulteriori geni di resistenza.

Nel campo delle indagini sugli effetti del cambiamento climatico, il programma 2019-2021 si caratterizza per un'elevata attenzione agli eventi meteorologici estremi, in particolare sulla

frequenza e distribuzione spaziale delle precipitazioni intense e sulla frequenza e durata dei periodi siccitosi e sulle loro possibili conseguenze sulla qualità complessiva del lago. Particolare attenzione sarà rivolta anche al ruolo degli eventi meteoroclimatici a scala di bacino negli andamenti delle successioni fitoplanctoniche e zooplanctoniche. Infine, l'introduzione dell'utilizzo di un modello idrodinamico-ecologico consentirà inoltre di simulare l'evoluzione delle dinamiche di mescolamento, ossigeno e nutrienti a lago in diversi scenari climatici, con l'obiettivo di fornire uno strumento previsionale e di supporto alle decisioni.

I dati acquisiti nel corso delle ricerche relativi alle variabili oggetto di monitoraggio di legge sono a disposizione degli organi di controllo regionali, ovviamente previa citazione della fonte. I dati relativi a variabili di nuova introduzione e/o non incluse nella normativa oggi vigente sono di proprietà della CIP AIS e degli Autori del dato che ne concorderanno congiuntamente le modalità di diffusione.

1. INDAGINI SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO NELL'AREALE DEL LAGO MAGGIORE ATTRAVERSO DATI METEOROLOGICI, IDROLOGICI E SUI FENOMENI ESTREMI

Obiettivi della ricerca

Come si evince dall'ultimo rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change, il cambiamento climatico c'è ed è sempre più evidente, in rapporto soprattutto al riscaldamento dell'aria e delle acque degli oceani e all'evenienza sempre più frequente di eventi estremi quali piogge intense, esondazioni, ondate di calore e periodi prolungati di siccità. Tale cambiamento, legato soprattutto a eventi estremi, porterà a nuovi ed aumentati rischi naturali che causeranno impatti sugli ecosistemi e i loro servizi, sulla biodiversità e sulla sicurezza della popolazione (IPCC 2014). Anche nell'areale del Lago Maggiore ci sono alcuni segnali di questo cambiamento per quanto riguarda gli eventi intensi di pioggia (Dresti et al., 2014; Saidi et al., 2015) e una diversa distribuzione stagionale delle piogge (Ciampittello et al., 2017, 2016, 2015, 2013; Saidi et al., 2014). Secondo quanto emerso dagli studi sopra citati si sta assistendo una diversa distribuzione delle piogge all'interno dell'anno, maggiori piogge nel periodo invernale e un intensificarsi degli eventi estremi nella tarda primavera e in estate. L'elevata variabilità interannuale rende però difficile una valutazione a lungo termine dei trend analizzati fino ad oggi. Risulta fondamentale quindi continuare nella raccolta dei dati idro-meteorologici e approfondire le analisi e le valutazioni dell'evoluzione meteo-climatica dell'areale del Lago Maggiore, tenendo conto non solo delle piogge, ma anche della temperatura dell'aria e del vento, parametro analizzato solo di recente. Gli approfondimenti delle analisi sul cambiamento climatico in atto forniscono soprattutto indicazioni sulla disponibilità della risorsa, in particolare per gli ecosistemi fluviali e lacustre, e per le attività antropiche quali approvvigionamento idropotabile, utilizzo idroelettrico, attività turistico-ricreative. Tali approfondimenti possono anche essere utili per una valutazione dell'evenienza di eventi estremi di pioggia, della loro intensità, frequenza e distribuzione spaziale, e le loro conseguenze sulla stabilità dei versanti, sul trasporto di varie sostanze (es. nutrienti, sostanza organica etc.) nel Lago Maggiore e quindi sulla qualità ecologica del lago stesso. Anche periodi prolungati di siccità possono incidere sulla qualità ecologica dell'ecosistema fluvio-lacustre, soprattutto se la gestione della risorsa idrica non tiene conto di tale cambiamento. Una valutazione dell'evoluzione della frequenza e durata dei fenomeni siccitosi risulta altresì importante per definire la reale disponibilità idrica a disposizione degli ecosistemi fluvio-lacustri e delle diverse attività umane che la sfruttano. Si vogliono quindi approfondire:

- a) andamenti temporali (annuali e stagionali) dei principali parametri meteorologici quali pioggia, temperatura dell'aria, vento;
- b) intensità, frequenza e distribuzione spaziale degli eventi estremi di pioggia;
- c) frequenza e durata degli eventi siccitosi;
- d) conseguenze in termini di portate dei principali immissari a lago e di fluttuazioni del livello lacustre.

Significato dei risultati per CIP AIS

La continua raccolta di dati idro-meteorologici unitamente agli approfondimenti proposti permetteranno di verificare i trend stagionali ed interannuali dei principali parametri idro-meteorologici fornendo mappe di distribuzione della piovosità intensa e indicatori climatici legati alla temperatura dell'aria e a eventi siccitosi. Si propone di definire uno o più indicatori climatici specifici per il bacino del Lago Maggiore, partendo dagli indicatori climatici classici e dai dati a disposizione; l'evoluzione nel tempo di tali indicatori o valori fuori norma potranno dare informazioni sull'evoluzione climatica dell'areale. La valutazione di tutti i parametri che concorrono alla definizione del cambiamento climatico in atto sono propedeutici per le

valutazioni ecologiche e qualitative degli ambienti fluviali e lacustre del bacino del Lago Maggiore e per gli obiettivi di qualità che si vogliono raggiungere e/o preservare.

Impegno di campagna e analisi

Il lavoro in campo consiste principalmente nella misura delle portate sui principali corsi d'acqua analizzati, sia per la verifica della curva livelli-portate in condizioni di portate medie, sia per la raccolta di informazioni durante eventi di piena qualora si manifestassero nei tre anni di progetto. Si prevedono due uscite all'anno come attività di base, alle quali potranno eventualmente aggiungersi ulteriori uscite in occasione di eventi di piena o di particolari momenti di magra che fossero importanti da indagare. Non potendo prevedere se e quante uscite in occasioni di eventi estremi potrebbero essere necessarie esse non vengono quantificate economicamente, ma rientreranno comunque nell'attività di campo del progetto. Le attività saranno svolte da un ricercatore e da un assegnista di ricerca.

Ulteriori attività di campo potranno essere legate all'installazione di nuova strumentazione meteo-idrologica utile per gli approfondimenti della ricerca sia in sostituzione di quella non più funzionante sia in aggiunta a quella presente in particolari zone di interesse, da valutare. Rientra anche in questa attività la manutenzione ordinaria ed eventualmente straordinaria delle stazioni idro-meteorologiche del CNR ISE. Questa attività sarà svolta da un tecnico.

Per quanto riguarda le attività di raccolta dati, elaborazioni e definizione di mappe e indicatori, esse consisteranno nell'implementazione del database realizzato per la Commissione Internazionale, da analisi statistiche ad hoc sia sulle lunghe serie temporali che sugli eventi estremi utilizzando il software R e la definizione di mappe utilizzando il software QGIS. Questa attività sarà svolta da un ricercatore e da un assegnista di ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- Ciampittiello M., C. Dresti & H. Saidi, 2017. Indagini sul bacino imbrifero. Caratteristiche idrologiche - Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2016-2018. Campagna 2016. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 11-22.
- Ciampittiello M., C. Dresti & H. Saidi, 2016. Indagini sul bacino imbrifero. Caratteristiche idrologiche - Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2013-2015. Campagna 2015 e Rapporto triennale 2013-2015. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 12-19.
- Ciampittiello M., C. Dresti & H. Saidi, 2015. Indagini sul bacino imbrifero. Caratteristiche idrologiche - Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2013-2015. Campagna 2014. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere(Ed.): 9-14.
- Ciampittiello M., C. Dresti & H. Saidi 2013. Indagini sul bacino imbrifero. Caratteristiche idrologiche - Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2008-2012. Campagna 2012 e rapporto quinquennale. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere(Ed.): 7-13
- Dresti C., Saidi H., Ciampittiello M. 2014. Eventi piovosi estremi in Ossola e loro analisi temporale Nimbus 72: clima e ambienti lacustri.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. In: Pachauri, RK and Meyer LA (eds.), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Saidi H., Ciampittiello M., Dresti C., Ghiglieri G. Assessment of trends in extreme precipitation events: a case study in Piedmont (North-West Italy), 2015. *Water. Resour.Manage.* DOI 10.1007/s11269-014-0826-5. vol. 29, no 1, p. 63-80.

Saidi H., Dresti C., Ciampittiello M., 2014. Il cambiamento climatico e le piogge: analisi dell'evoluzione delle piogge stagionali e degli eventi estremi negli ultimi 50 anni nella stazione di Pallanza. *Biologia Ambientale*, 28(2): 1-12 p.

2. EVOLUZIONE DEL REGIME DI MESCOLAMENTO E DELLA DINAMICA DEI NUTRIENTI ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI UN MODELLO NUMERICO ACCOPPIATO ECOLOGICO-IDRODINAMICO DEL LAGO MAGGIORE

Premessa

La temperatura di molti laghi nel mondo è aumentata nelle ultime decadi a causa dell'aumento di temperatura dell'aria (Adrian et al., 2009; Schmid et al., 2014). Tale aumento, fortemente variabile da lago a lago e particolarmente evidente nel Nord America e nell'Europa Centro-Settentrionale (O'Reilly et al., 2015), è dovuto sia a fattori naturali (es. *NAO, North Atlantic Oscillation*) sia alle emissioni di gas serra. Secondo il rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* del 2007 (IPCC, 2007), attualmente i due effetti, naturale e antropogenico, sono circa della stessa entità, ma in futuro l'effetto delle emissioni di gas serra sul cambiamento climatico prevarrà fortemente.

Per quanto riguarda i laghi della zona temperata, l'effetto dell'aumento di temperature dell'aria è osservabile sull'intensità, la frequenza e la durata degli eventi di mescolamento e sulla durata dei periodi di stratificazione (Danis et al., 2004). In particolare, l'epilimnio si scalda più velocemente dell'ipolimnio, producendo un aumento del gradiente verticale di temperatura nella colonna d'acqua (Livingstone 2003). Questo ha forti implicazioni ecologiche, causando la riduzione dell'ossigenazione dello strato profondo dei laghi e dello scambio di nutrienti fra epilimnio ed ipolimnio.

L'insieme delle ricerche di limnologia fisica condotte sul Lago Maggiore negli ultimi 30 anni ha permesso di seguire l'evoluzione dei cicli stagionali dell'idrodinamica lacustre e ha rivelato segnali di lente e progressive alterazioni nei principali parametri fisici. In particolare, si è osservata una progressiva diminuzione della profondità del mescolamento tardo-invernale, un aumento del contenuto di calore e della stabilità della massa lacustre, una riduzione del ricircolo dei nutrienti e dell'ossigenazione negli strati profondi (Rogora et al., 2018), processi che a loro volta hanno influenze sullo stato ecologico e qualitativo complessivo delle acque lacustri. In questo scenario, una previsione temporale e quantitativa dell'evoluzione del regime di mescolamento e delle dinamiche di nutrienti ed ossigeno lungo la colonna d'acqua è fondamentale per comprendere gli effetti a lungo termine dei cambiamenti climatici sulla qualità delle acque lacustri. In sinergia con le ricerche proposte che considerano gli aspetti chimici e biologici, la presente ricerca, anche mediante l'utilizzo della modellistica, si focalizzerà sull'obiettivo di una miglior comprensione e previsione delle dinamiche dell'ecosistema lacustre nel prossimo secolo in relazione ai cambiamenti climatici.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La ricerca che si propone per il triennio 2019-2021 ha un duplice obiettivo: innanzitutto il mantenimento e l'aggiornamento delle serie storiche dei dati di temperatura della colonna d'acqua e la valutazione della profondità di mescolamento. Ciò sarà possibile tramite rilevamenti in situ dei principali parametri limnologici (temperatura, ossigeno disciolto e conducibilità) con frequenza almeno mensile, nonché tramite la raccolta di tutte le informazioni relative alla fisica atmosferica locale. Inoltre, verranno calcolati il contenuto di calore e la stabilità della colonna d'acqua, e ne verrà valutata la loro evoluzione nel tempo.

In secondo luogo, l'obiettivo della ricerca che si propone e che rappresenta una novità rispetto alle ricerche precedenti, è la calibrazione e l'utilizzo di un modello numerico monodimensionale accoppiato ecologico-idrodinamico per valutare l'effetto di diversi scenari di cambiamenti climatici per il prossimo secolo sulla profondità di mescolamento, sull'ossigenazione degli strati profondi e sulla distribuzione dei nutrienti lungo la colonna d'acqua nel Lago Maggiore. Ci si

focalizzerà in maniera particolare sulle dinamiche in ipolimnio poiché sono particolarmente rilevanti per via del crescente isolamento di tale strato causato dalla diminuzione della profondità di mescolamento, che ha provocato in primo luogo la diminuzione del livello di ossigeno osservato.

Il punto di partenza della ricerca proposta è uno studio effettuato nel corso degli anni 2016 e 2017, in cui è stato calibrato e validato un modello idrodinamico mono-dimensionale per il Lago Maggiore (Fenocchi et al., 2017) che è stato poi utilizzato per simulare l'evoluzione del regime di mescolamento del lago nel prossimo secolo in base a diversi scenari di emissioni di gas serra e quindi di aumento della temperatura dell'aria per l'areale considerato (Fenocchi et al., 2018). L'utilizzo di un modello mono-dimensionale è giustificato dal fatto che tali modelli sono molto efficaci nel riprodurre dinamiche di mescolamento e stratificazione a lungo termine di grandi laghi, con uno sforzo computazionale ragionevole (Perroud et al., 2009).

L'utilizzo degli scenari di cambiamento climatico CH2011 per la temperatura dell'aria (CH2011, 2011) già utilizzati in Fenocchi et al. (2018) permetterà di simulare per il periodo 2016-2085 l'evoluzione dell'ipolimnio dal punto di vista della temperatura dell'acqua, della concentrazione di ossigeno e di nutrienti. In particolare, sarà interessante soffermarsi, in stretta collaborazione con la ricerca 3, sul livello di ossigeno, per valutare se esista il rischio dell'instaurarsi di condizioni di ipossia, e sull'accumulo di nutrienti, con possibili ripercussioni sullo stato trofico complessivo (Rogora et al., 2018). Dalla ricerca proposta ci si attende quindi di ottenere un quadro chiaro e approfondito di come il lago Maggiore potrà evolvere nel corso del prossimo secolo in relazione ai cambiamenti climatici, producendo così un utile strumento di supporto alle decisioni.

Significato dei risultati per CIP AIS

In riferimento al Piano d'Azione CIP AIS, la ricerca consentirà di raccogliere i dati necessari al calcolo di alcuni degli indicatori individuati nel pannello di controllo, lo strumento impiegato per la verifica dell'efficacia delle azioni intraprese per conseguire gli obiettivi fissati dalla CIP AIS. Nello specifico i dati raccolti nella presente ricerca consentiranno il calcolo dei seguenti indicatori inclusi nel Pannello di Controllo:

- *temperatura media delle acque nello strato 0-20 m e nello strato profondo (L 2.2)*
- *massima profondità di mescolamento (L 2.3);*

I risultati per quanto concerne ogni singolo indicatore potranno essere messi a confronto con gli obiettivi di qualità corrispondenti, ove disponibili. I dati andranno inoltre ad integrare stato e tendenza di ciascun indicatore.

Attività

Le misure di temperatura verranno eseguite con cadenza mensile nel punto di massima profondità (stazione di Ghiffa) lungo la colonna d'acqua mediante sonda multiparametrica (IDRONAUT Ocean Seven 304). La raccolta dei campioni per la determinazione dell'ossigeno disciolto avverrà invece a profondità discrete (0, -5, -10, -20, -30, -50, -100, -150, -200, -250, -300, -360 m), in concomitanza ai campionamenti per le analisi chimiche previste nella ricerca 3. Per disporre di dati confrontabili con quelli pregressi, le indagini verranno eseguite con metodologie invariate rispetto alle campagne precedenti, oppure, nel caso di variazioni, dopo opportuno confronto e validazione del nuovo metodo di misura.

Per quanto riguarda i dati meteorologici, si utilizzeranno quelli raccolti in continuo presso la stazione di misura di Verbania Pallanza.

Il modello che verrà utilizzato è il General Lake Model (GLM, Hipsey et al., 2014) che è in grado di simulare il bilancio termico e idrologico e la stratificazione di corpi d'acqua lentici. GLM calcola

i profili verticali di temperatura, salinità e densità tenendo conto degli effetti di immissari ed emissari sul bilancio idrologico, sul riscaldamento delle acque e sul mescolamento.

Nella ricerca proposta, si vuole accoppiare il modello idrodinamico ad un modello ecologico, Aquatic EcoDynamics (AED2, Hipsey et al., 2013; Snortheim et al., 2017). Il modello verrà calibrato con i dati di temperatura dell'acqua, ossigeno e nutrienti raccolti negli anni durante le ricerche promosse dalla CIP AIS, al fine di riprodurre le dinamiche di queste variabili, con particolare riferimento agli strati profondi. Si utilizzerà il software Matlab per il pre-processamento degli input delle simulazioni e per l'analisi statistica dei risultati.

BIBLIOGRAFIA

- Adrian R., O'Reilly C.M., Zagarese H., Baines S.B., Hessen Dag O., Keller W., Livingstone D.M., Sommaruga R., Straile D., Van Donk E., Weyhenmeyer G.A., Winder M. 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography* 54. doi:10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2283.
- CH2011. 2011. Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC. Zurich, Switzerland.
- Fenocchi A., Rogora M., Sibilla S., Dresti C. 2017. Relevance of inflows on the thermodynamic structure and on the modeling of a deep subalpine lake (Lake Maggiore, Northern Italy/Southern Switzerland). *Limnologica* 63:42-56. doi:10.1016/j.limno.2017.01.006.
- Fenocchi, A., M. Rogora, S. Sibilla, M. Ciampittiello, C. Dresti. 2018. Forecasting the evolution in the mixing regime of a deep subalpine lake under climate change scenarios through numerical modelling (Lake Maggiore, Northern Italy/Southern Switzerland). *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4094-6>.
- Danis P.A., von Grafenstein U., Masson-Delmotte V., Planton S., Gerdeaux D., Moisselin J.M. 2004. Vulnerability of two European lakes in response to future climatic changes. *Geophys Res Lett* 31(21):L21507. doi:10.1029/2004GL020833.
- Hipsey, M.R., Bruce, L.C., Hamilton, D.P. 2013. Aquatic Ecodynamics (AED) Model Library: Science Manual. AED Report. The University of Western Australia, Perth, Australia.
- Hipsey, M.R., Bruce, L.C., Hamilton, D.P. 2014. GLM - General Lake Model: Model Overview and User Information. AED Report #26. The University of Western Australia, Perth, Australia.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Livingstone D.M. 2003. Impact of Secular Climate Change on the Thermal Structure of a Large Temperate Central European Lake. *Climatic Change* 57(1):205-225. doi:10.1023/A:1022119503144.
- O'Reilly C.M., Sharma S., Gray D.K. et al. 2015. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. *Geophys Res Lett* 42(24):773-10,781. doi:10.1002/2015GL066235.
- Perroud M., Goyette S., Martynov A., Beniston M., Anneville O. 2009. Simulation of multiannual thermal profiles in deep Lake Geneva: A comparison of one-dimensional lake models. *Limnol Oceanogr* 54(5):1574-1594. doi:10.4319/lo.2009.54.5.1574.
- Rogora, M., F. Buzzi, C Dresti, B. Leoni, M. Patelli, F. Lepori, R. Mosello, N. Salmaso. 2018. Climatic effects on vertical mixing and deep-water oxygen content in the subalpine lakes in Italy. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3623-y>.

- Schmid M., Hunziker S., Wüest A. 2014. Lake surface temperatures in a changing climate: a global sensitivity analysis. *Climatic Change* 124(1):301-305. doi: 10.1007/s10584-014-1087-2.
- Snorheim, C.A., Hanson, P.C., McMahon, K.D., Read, J.S., Carey, C.C., Dugan, H.A. 2017. Meteorological drivers of hypolimnetic anoxia in a eutrophic, north temperate lake. *Ecol. Model.* 343, 39-53, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.10.014>.

3. EVOLUZIONE STAGIONALE E A LUNGO TERMINE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL LAGO MAGGIORE E DEI SUOI PRINCIPALI TRIBUTARI

Premessa

Il Lago Maggiore è tra i laghi europei caratterizzati dalla maggior disponibilità di dati a lungo termine: i dati chimici, in particolare, coprono in modo continuativo un arco temporale di oltre 30 anni. La raccolta di questi dati, con metodologie di campionamento ed analisi confrontabili nel tempo, è stata resa dalla continuità dei Programmi CIP AIS. L'alta qualità dei dati, nonché la loro continuità e l'elevata frequenza temporale, li rendono uno strumento ideale per approfondire i processi che regolano il funzionamento dell'ecosistema lacustre ed analizzarne la risposta ai fattori antropici, inclusi i cambiamenti climatici. Sempre più studi dimostrano infatti l'utilità delle ricerche a lungo termine per analizzare e comprendere le dinamiche ecosistemiche in risposta ai cambiamenti globali (Hughes, 2017). La conoscenza di queste dinamiche è di supporto alle scelte gestionali per il mantenimento di un buon stato degli ecosistemi e del loro ruolo come fornitori di servizi (Robertson et al., 2012).

I laghi si sono dimostrati in numerose ricerche siti ideali per la valutazione degli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi (Adrian et al., 2009). Uno dei principali impatti del riscaldamento climatico sui laghi profondi come il Lago Maggiore consiste nell'aumento della stabilità termica, che si traduce in una riduzione nella frequenza e intensità del mescolamento tardo-invernale (Fenocchi et al., 2018). Questo processo ha effetti rilevanti su numerose variabili chimiche, inclusi i nutrienti algali e l'ossigeno disciolto, in particolare negli strati profondi (Rogora et al., 2018). La ricerca proposta si focalizzerà su questi aspetti, considerando gli effetti a breve e lungo termine che i fattori climatici possono determinare e sulla chimica lacustre e sulla qualità complessiva delle acque.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La ricerca ha come principale obiettivo il mantenimento e l'aggiornamento delle serie storiche esistenti per le principali variabili chimiche (pH, conducibilità, alcalinità, ossigeno disciolto, ioni principali, nutrienti algali) del Lago Maggiore, dei suoi principali tributari e dell'emissario. A questo scopo verrà mantenuta una frequenza di campionamento ed analisi mensile, sia per il lago che per i tributari, in quanto tale frequenza si è dimostrata adatta all'individuazione dei principali pattern stagionali nelle variabili chimiche, in relazione ai principali processi fisici (es. mescolamento, stratificazione) e biologici (es. fotosintesi e produzione primaria, demolizione della sostanza organica) che avvengono a lago. Inoltre tale frequenza ha consentito fino ad oggi una stima sufficientemente robusta ed attendibile dei carichi di nutrienti a lago, considerata l'elevata variabilità temporale delle concentrazioni.

Le serie storiche, sia per quanto concerne il lago che i tributari, una volta aggiornate, verranno analizzate allo scopo di individuare le principali tendenze evolutive della chimica lacustre in relazione alle pressioni antropiche e nello specifico a (1) input di nutrienti algali e di altri composti dal bacino, e (2) cambiamenti climatici.

Alcuni tributari presentano concentrazioni di fosforo totale e azoto nella forma ammoniacale e organica tuttora elevate, con possibili effetti sulle acque litorali. Verrà quindi mantenuto il monitoraggio dello stato qualitativo dei tributari principali, allo scopo di evidenziare le situazioni di maggior criticità. Le analisi con frequenza mensile permetterà inoltre di analizzare la variabilità stagionale delle concentrazioni, anche in relazioni a fattori meteo-idrologici. I dati relativi alle concentrazioni permetteranno inoltre, per i fiumi per i quali siano disponibili dati giornalieri di portata, il calcolo su base annua degli apporti di nutrienti veicolati a lago.

In aggiunta alla determinazione dei parametri chimici di base e dei nutrienti algali, sia sul lago che sui tributari verranno analizzati i principali cationi (calcio, magnesio, sodio, potassio) ed anioni (solfati, nitrati, cloruri). Questi ioni rivestono infatti un ruolo importante nel bilancio ionico delle acque lacustri e possono variare nel tempo in funzione di diversi fattori tra cui le deposizioni atmosferiche, i cambiamenti nell'uso del suolo nel bacino imbrifero e le variazioni climatiche.

Un'attenzione particolare verrà destinata nel corso della ricerca alle dinamiche dei nutrienti algali (P, N, Si) e dell'ossigeno disciolto a livello spaziale (lungo la colonna d'acqua) e temporale. Il Lago Maggiore ha infatti già evidenziato negli anni recenti alcune variazioni legate alla mancata circolazione profonda nel periodo tardo-invernale, nello specifico un accumulo di nutrienti ed una riduzione dei tenori di ossigeno nelle acque profonde. Queste dinamiche sono in comune con gli altri laghi profondi del distretto subalpino e si configurano come una chiara risposta al cambiamento climatico (Rogora et al., 2018). Si cercherà quindi di comprendere in maggior dettaglio i processi alla base di tali variazioni, anche mediante ricorso alla modellistica, con l'obiettivo finale di prevedere possibili scenari evolutivi. Questa attività verrà condotta in stretta collaborazione con la proposta di ricerca 2 sulla termica e sulle dinamiche di mescolamento del lago.

Come elemento di novità rispetto al triennio precedente, ed in sinergia con la proposta di ricerca 6 sul carbonio organico, verrà considerato un secondo sito di campionamento in aggiunta a quello di Ghiffa, ovvero la stazione di Pallanza (profondità 100 m) nel Bacino Borromeo. Questo sito risente in misura marcata degli apporti dal Fiume Toce ed è quindi di interesse per indagare la variabilità spaziale nella distribuzione dei nutrienti (composti del fosforo e dell'azoto e silicati), anche in relazione agli apporti dai tributari.

Significato dei risultati per CIP AIS

In riferimento al Piano d'Azione CIP AIS, la ricerca consentirà di raccogliere i dati necessari al calcolo di alcuni degli indicatori individuati nel pannello di controllo, lo strumento impiegato per la verifica dell'efficacia delle azioni intraprese per conseguire gli obiettivi fissati dalla CIP AIS. Nello specifico i dati raccolti nella presente ricerca consentiranno il calcolo dei seguenti indicatori inclusi nel Pannello di Controllo:

- *trasparenza (L 3.4)*
- *concentrazione media di azoto e fosforo (L 3.12);*
- *concentrazione dell'ossigeno di fondo (L 3.13);*
- *carico di fosforo totale e azoto totale in ingresso a lago (L 4.1).*

Una parte dei dati chimici raccolti sui tributari concorreranno inoltre al calcolo del seguente indicatore:

- *livello di inquinamento da macrodescrittori per lo stato ecologico (B 3.1).*

I risultati per quanto concerne ogni singolo indicatore potranno essere messi a confronto con gli obiettivi di qualità corrispondenti, ove disponibili. I dati andranno inoltre ad integrare stato e tendenza di ciascun indicatore.

Impegno di campionamento (frequenza e mezzi)

Il Lago Maggiore, i tributari principali ed il Ticino emissario verranno campionati con frequenza mensile. I campioni di acque lacustri saranno prelevati in prossimità del punto di massima profondità (bacino di Ghiffa) alle profondità 0, -5, -10, -20, -30, -50, -100, -150, -200, -250, -300, -360 m. Sempre mensilmente verrà eseguito un campionamento nella stazione di Pallanza, considerando 3 profondità, da individuarsi di volta in volta in base al momento stagionale. I tributari saranno campionati in prossimità dell'ingresso a lago. Le variabili chimiche analizzate in laboratorio sui campioni della stazione di Ghiffa saranno: pH, conducibilità, alcalinità (con

metodo potenziometrico), ossigeno disciolto (metodo di Winkler), anioni (nitrati, solfati e cloruri) (cromatografia ionica), cationi (calcio, magnesio, sodio e potassio) (in cromatografia ionica) ammonio, fosforo reattivo e totale, azoto totale, silicati reattivi (spettrofotometria UV visibile o a flusso segmentato). Le variabili chimiche determinate sui tributari saranno le stesse delle acque lacustri (ad esclusione dell'ossigeno disciolto e dei metalli). Nei campioni prelevati a Pallanza verrà eseguita la determinazione dei nutrienti algali (composti di fosforo e azoto e silicati).

Per disporre di dati confrontabili con quelli pregressi, le indagini sia sul lago che sui tributari verranno eseguite con metodologie di campionamento ed analisi invariate rispetto alle campagne precedenti, e sempre mantenendo un attento controllo della qualità analitica dei dati, garantito sia da pratiche interne al laboratorio che dalla regolare partecipazione ad esercizi di intercalibrazione. I metodi utilizzati, la strumentazione e i controlli di qualità in uso presso il laboratorio di idrochimica del CNR ISE di Verbania sono descritte in dettaglio al sito web: <http://www.idrolab.ise.cnr.it/>

BIBLIOGRAFIA

- Adrian R., O'Reilly C.M., Zagarese H., Baines S.B., Hessen Dag O., Keller W., Livingstone D.M., Sommaruga R., Straile D., Van Donk E., Weyhenmeyer G.A., Winder M. 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography* 54. https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2283
- Fenocchi, A., M. Rogora, S. Sibilla, M. Ciampittiello, C. Dresti. 2018. Forecasting the evolution in the mixing regime of a deep subalpine lake under climate change scenarios through numerical modelling (Lake Maggiore, Northern Italy/Southern Switzerland). *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4094-6>
- Hughes et al., 2017. Long-term studies contribute disproportionately to ecology and policy. *Bioscience* 271, 67: 271-281.
- Robertson, G. P., S. L. Collins, D. R. Foster, N. Brokaw, H. W. Ducklow, T. L. Gragson, C. Gries, S. K. Hamilton, A. D. McGuire, J. C. Moore, E. H. Stanley, R. B. Waide, and M. W. Williams. 2012. Long-term ecological research in a human-dominated world. *BioScience* 62:342-353
- Rogora, M., F. Buzzi, C Dresti, B. Leoni, M. Patelli, F. Lepori, R. Mosello, N. Salmaso. 2018. Climatic effects on vertical mixing and deep-water oxygen content in the subalpine lakes in Italy. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3623-y>

4. STRUTTURA DELLE ASSOCIAZIONI FITOPLANCTONICHE NEL LAGO MAGGIORE E LORO MODIFICAZIONI IN RELAZIONE A FATTORI DI CONTROLLO TROFICI E CLIMATICI

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La ricerca proposta ha lo scopo di raccogliere le informazioni per caratterizzare lo stato di qualità ecologica del Lago Maggiore, a partire dalla struttura e dalla composizione specifica delle associazioni fitoplanctoniche. Il fitoplancton è stato individuato dalla Direttiva Comunitaria 2000/60/CE come uno degli elementi di qualità biologica prioritari per la caratterizzazione di qualità delle acque superficiali. Infatti, questo comparto biotico, in relazioni ai rapidi cicli biologici degli organismi che lo compongono, ha la capacità di rispondere in tempi brevi alle modificazioni ambientali che intervengono su scala stagionale, rendendo possibile confrontare lo stato di un ecosistema tra anni consecutivi ed individuare perturbazioni di carattere acuto. D'altra parte, poter disporre di un'informazione pluriennale sulla struttura del fitoplancton, permette di ricostruire i cambiamenti a lungo termine di un ecosistema lacustre con un elevato dettaglio: infatti, la successione dei popolamenti algali segue schemi ripetibili da un anno con l'altro, che possono essere gradualmente alterati da perturbazioni croniche del sistema, con ripercussioni su singole fasi della successione o sui cicli stagionali nella loro totalità. L'analisi a lungo termine delle successioni stagionali e delle caratteristiche strutturali del fitoplancton fornisce spesso elementi preziosi per comprendere gli effetti delle pressioni esterne sull'ecosistema: comparse o scomparse di specie, cambiamenti nei rapporti di dominanza o alterazioni della biodiversità possono essere indizi di alterazioni nei processi ecosistemici.

Per quanto sopra esposto, si comprende come la prosecuzione delle ricerche sul fitoplancton, soprattutto nell'ottica di aggiornare la serie pluriennale dei dati, sia importante per valutare lo stato e le modificazioni dell'ecosistema Lago Maggiore, non solo in relazione al disturbo antropico, ma anche come risposta ai cambiamenti climatici. A questi ultimi sarà rivolta nella ricerca una particolare attenzione, in quanto gli andamenti più recenti delle successioni fitoplanctoniche indicano come gli eventi meteorologici a scala di bacino siano diventati determinanti nel condizionare la dinamica stagionale e pluriennale del fitoplancton nel Lago Maggiore (Morabito, 2014). Risulta infatti estremamente importante poter comprendere la genesi e l'evoluzione di alcuni processi di recente comparsa nel Lago Maggiore, come le fioriture fitoplanctoniche, apparentemente non imputabili ad un peggioramento dello stato trofico lacustre.

I dati raccolti nel corso dell'indagine proposta, unitamente alle informazioni pregresse, potranno rappresentare uno strumento prezioso per la definizione degli interventi da mettere in atto al fine di mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici: i modelli climatici prevedono, infatti, un aumento della frequenza degli eventi meteorologici brevi ed intensi, con la conseguenza di un probabile aumento degli apporti di nutrienti a lago a seguito di un maggiore *runoff* dal bacino imbrifero (Dokulil & Teubner, 2011). La risposta del sistema a questi eventi è già stata dimostrata per quanto riguarda la dinamica primaverile del popolamento a diatomee (Morabito et al., 2012), così come è già stata evidenziata una relazione tra eventi di precipitazione e dinamiche dei gruppi algali principali (Morabito et al., 2018). Questi aspetti saranno ulteriormente indagati nella ricerca proposta, anche in collaborazione alle indagini sugli eventi estremi previsti nella ricerca 1.

Il proseguimento della raccolta dati sul fitoplancton e il mantenimento della serie storica permetterà di analizzare e meglio comprendere la dinamica di eventuali cambiamenti in corso, e, soprattutto, seguire lo svolgimento di fenomeni, come le recenti fioriture algali, che possano compromettere l'utilizzo delle acque lacustri per scopi turistici, ricreativi o per la pesca professionale. Le informazioni raccolte ed elaborate dal CNR ISE e finalizzate all'interpretazione

dei cambiamenti ecosistemici sul lungo termine assumono, quindi, un'importanza rilevante nel quadro di una corretta gestione della risorsa idrica.

Un'innovazione che si propone di inserire nella ricerca riguarda il monitoraggio della presenza delle specie non più solo su base morfologica, ma anche mediante tecniche di metabarcoding molecolare. Il metabarcoding permette l'identificazione di tutte le specie all'interno di un campione mediante sequenziamento massivo di un marcatore genetico, ovvero una specifica sequenza di DNA (Tang et al, 2012). Si propone di iniziare a saggiare l'applicazione del metabarcoding sul fitoplancton del Lago Maggiore, di un metodo che potrebbe ridurre drasticamente tempi e costi, oltre a generare dati più facilmente gestibili e comparabili che, inoltre, consentiranno una facile e sicura valutazione dell'evoluzione della biodiversità nel lago. Gli obiettivi di questa parte della ricerca sono (1) la valutazione dell'attendibilità del metodo di metabarcoding, condotto per un certo periodo in parallelo con l'identificazione morfologica, e (2) il completamento di un set di dati di riferimento per il Lago Maggiore mediante DNA barcoding per le specie non ancora presenti nei set di dati di riferimento internazionali.

Significato dei risultati per CIP AIS

Dalla prosecuzione delle indagini sul fitoplancton deriveranno le informazioni rivolte al calcolo di alcuni degli indicatori individuati nel pannello di controllo CIP AIS che mirano a fornire in modo sintetico informazioni sullo stato e l'evoluzione della qualità del Lago Maggiore. Gli indicatori rappresentano un importante strumento di verifica dell'efficacia dei provvedimenti intrapresi per conseguire gli obiettivi di risanamento fissati dalla CIP AIS nell'ambito del Piano d'azione 2010-2021.

Nello specifico i dati raccolti nella presente ricerca verranno utilizzati nel calcolo dei seguenti indicatori facenti parte del *core-set*:

- *Clorofilla (indicatore L3.5);*
- *Struttura delle popolazioni fitoplanctoniche (L 3.6);*

I risultati per quanto concerne ogni singolo indicatore potranno essere messi a confronto con gli obiettivi di qualità corrispondenti, ove disponibili. I dati andranno inoltre ad integrare stato e tendenza di ciascun indicatore.

L'applicazione di metabarcoding e barcoding porrà l'attività di CIP AIS per il biomonitoraggio della qualità delle acque lacustri in una posizione di vertice per il suo alto contenuto innovativo, offrirà la possibilità di proseguire l'acquisizione di dati per la prosecuzione delle serie temporali pregresse e, infine, offrirà uno strumento affidabile per la valutazione quantitativa dell'evoluzione della biodiversità del lago, oggi compromessa per i cambiamenti climatici in atto e per la pressione invasiva di specie aliene.

Impegno di campionamento (frequenza e mezzi)

Il Lago Maggiore sarà campionato mensilmente in prossimità del punto di massima profondità (bacino di Ghiffa). I campioni destinati all'analisi del fitoplancton e della clorofilla, saranno prelevati come campioni integrati nello strato 0-20 m.

Saranno utilizzate le stesse metodiche analitiche e la stessa strumentazione descritta nei rapporti pregressi redatti per la Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere. I controlli sull'efficienza e la standardizzazione del metabarcoding mediante sequenziamento massivo di campioni selezionati di plancton raccolti nel lago saranno effettuati focalizzandosi sugli aspetti di bioinformatica, confrontandone i risultati con quelli ottenuti dal monitoraggio su base morfologica.

BIBLIOGRAFIA

- Dokulil, M. T. & Teubner, 2011. Eutrophication and climate change: present situation and future scenarios. In Ansari, A. A., S. Singh Gill, G. R. Lanza & W. Rast (eds), *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*, 1st ed. Springer, Berlin: 1–16.
- Morabito, G. 2014. Fluttuazioni ultraventennali dei parametri meteo-climatici nel bacino del Lago Maggiore e risposta del fitoplancton. *Nimbus*, 72: 171-173.
- Morabito, G., A. Oggioni & M. Austoni. 2012. Resource ratio and human impact: how diatom assemblages in Lake Maggiore responded to oligotrophication and climatic variability. *Hydrobiologia*, 698: 47-60.
- Morabito, G., M. Rogora, M. Austoni, M. Ciampittiello. 2018. Could the extreme meteorological events in Lake Maggiore watershed determine a climate-driven eutrophication process? *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3549-4>
- Tang C.Q., Leasi F., Obertegger U., Kieneke A., Barraclough T.G., Fontaneto D. 2012. The widely used small subunit 18S rDNA molecule greatly underestimates true diversity in biodiversity surveys of the meiofauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 109, 16208-16212.

4. INDAGINI SULL'EVOLUZIONE DEL POPOLAMENTO ZOOPLANCTONICO DEL LAGO MAGGIORE

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La ricerca proposta ha lo scopo di proseguire l'acquisizione di dati per il mantenimento della serie storica pluridecennale del popolamento zooplanctonico, completando il database di riferimento sulla diversità genetica delle specie (DNA barcoding), in modo da standardizzare e calibrare il monitoraggio mediante metabarcoding (identificazione di campioni di comunità di organismi solo da DNA). Le ricerche a lungo termine sul popolamento zooplanctonico pelagico hanno permesso di tracciare negli anni le diverse fasi evolutive del lago, sia relativamente al modificarsi nelle condizioni di trofia sia agli effetti delle mutate condizioni climatiche. L'analisi dei dati a lungo termine ha consentito di comprendere tempi, meccanismi e processi che hanno guidato la resilienza della risposta del popolamento pelagico in seguito al processo di ri-oligotrofizzazione attivato dalla messa in funzione d'impianti di abbattimento dei nutrienti algali, e del fosforo in particolare. Tale analisi ha inoltre permesso di evidenziare importanti modificazioni nella fenologia delle popolazioni e di identificarne i meccanismi sottesi (Manca *et al.* 2014; Viana *et al.* 2016). Tale capacità di rispondere in modo specifico e manifesto ai diversi fattori d'impatto deriva dalla natura stessa degli organismi costituenti lo zooplancton, caratterizzati da tempi di sviluppo e tassi di turn-over relativamente diversificati, più lenti di quelli del fitoplancton ma abbastanza rapidi da essere ben visibili su scala annuale e stagionale. Efficienti consumatori primari capaci di utilizzare in maniera più o meno selettiva il materiale fitoplanctonico e sestonico, da un lato, e prede selettivamente consumate dai pesci zooplanctivori, dall'altro, gli organismi zooplanctonici rivestono un ruolo centrale nel trasferimento di materia ed energia attraverso la rete trofica pelagica.

L'alta variabilità delle condizioni meteo-climatiche, con un'accresciuta frequenza di eventi estremi che ha caratterizzato gli ultimi anni, ha reso solo in parte possibile interpretare e prevedere le tendenze evolutive anche per l'immediato futuro, accrescendo la necessità di proseguire il monitoraggio di questa importante componente. Il popolamento zooplanctonico nel recente è stato infatti caratterizzato da una dinamica stagionale con consistenza numerica e biomassa zooplanctonica meno prevedibili rispetto al passato e suscettibili di una maggiore variabilità stagionale e inter-annuale.

Le indagini condotte negli ultimi anni, in aggiunta a quelle destinate alla continuità della serie storica, hanno permesso di quantificare attraverso analisi dei segnali isotopici di carbonio ed azoto i livelli trofici di appartenenza di alcuni taxa di crostacei e la loro dipendenza dalle fonti pelagiche di alimento (Visconti *et al.* 2018). Tali indagini hanno consentito, inoltre, di evidenziare come col procedere della stratificazione termica si osservino sostanziali differenze tra i copepodi e i cladoceri: mentre questi ultimi sembrano dipendere da una base alimentare comune, i copepodi sembrano differenziarsi nettamente dagli altri crostacei zooplanctonici, durante la fase della stratificazione termica. Tale risultato è interessante anche in quanto *Cyclops* sembra avere un ruolo non trascurabile nel veicolare gli inquinanti organici persistenti ai pesci zooplanctivori (Bettinetti *et al.* 2015).

L'ulteriore innovazione che si propone di inserire riguarda il monitoraggio della presenza delle specie non più solo su base morfologica, ma anche mediante tecniche di metabarcoding molecolare. Il metabarcoding permette l'identificazione di tutte le specie all'interno di un campione mediante sequenziamento massivo di un marcatore genetico, ovvero una specifica sequenza di DNA (Tang *et al.* 2012). Si propone di continuare a costruire le basi per l'applicazione, sullo zooplancton del Lago Maggiore, di un metodo che potrebbe ridurre drasticamente tempi e costi, oltre a generare dati più facilmente gestibili e comparabili che, inoltre, consentiranno una

facile e sicura valutazione dell'evoluzione della biodiversità nel lago. Gli obiettivi di questa parte della ricerca sono (1) il completamento di un set di dati di riferimento per il Lago Maggiore mediante DNA barcoding da singoli individui (completato per i crostacei cladoceri, in fase di completamento per i crostacei copepodi, e ancora in fase di lavorazione per i rotiferi), che sarà l'indispensabile precursore degli sviluppi futuri, e (2) la valutazione dell'attendibilità del metodo di metabarcoding, condotto per un certo periodo in parallelo con l'identificazione morfologica.

Significato dei risultati attesi per CIPAIS

Le ricerche proposte servono per il calcolo di due indicatori facenti parte del *core-set* del "Pannello di controllo sullo stato e sull'evoluzione del Piano di Azione 2010-2021 delle acque del Lago Maggiore.

Nello specifico, i dati raccolti nella presente ricerca verranno utilizzati nel calcolo dei seguenti indicatori facenti parte del *core-set*:

- L3 7: "*Densità delle popolazioni zooplanctoniche*";
- L3 8: "*Indicatore di sovrapposizione di nicchia trofica delle principali specie ittiche autoctone ed alloctone*."

In aggiunta, l'applicazione di barcoding e metabarcoding porrà l'attività di CIPAIS per il biomonitoraggio della qualità delle acque lacustri in una posizione di vertice per il suo alto contenuto innovativo, offrirà la possibilità di proseguire l'acquisizione di dati per la prosecuzione delle serie temporali pregresse e, infine, offrirà uno strumento affidabile per la valutazione quantitativa dell'evoluzione della biodiversità del lago, oggi compromessa per i cambiamenti climatici in atto e per la pressione invasiva di specie aliene. Durante il triennio 2019-2021 verrà completato il set di dati di riferimento per il DNA barcoding di tutte le specie dello zooplancton del Lago Maggiore, che diventerà così il primo lago al mondo ad avere il 'barcodoma' per lo zooplancton.

Impegno di campionamento (frequenza e mezzi)

Si prevede di continuare le attività di monitoraggio del popolamento zooplanctonico mediante campionamenti a cadenza mensile nella stazione storicamente ritenuta rappresentativa dell'ambiente pelagico, ubicata lungo il transetto Ghiffa-Caldè, in corrispondenza del punto di massima profondità del lago. In tutti i sopralluoghi è previsto l'impiego dell'imbarcazione da ricerca LIVIA. Strumentazione e metodi di rilevamento dei parametri ambientali saranno quelli descritti nei rapporti pregressi redatti per la Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere.

I campioni verranno conteggiati con le usuali tecniche di analisi microscopica, necessarie per la stima della densità di popolazione. La biomassa verrà stimata mediante l'applicazione di tecniche matematico-statistiche sui dati di misura delle diverse entità tassonomiche e in confronto con i risultati di misure dirette. Le analisi microscopiche verranno affiancate da misure volte a definire la nicchia trofica.

La compilazione del set di dati molecolari per tutte le specie note nel plancton del lago continuerà come nel triennio precedente, con un approccio che copra diversi individui raccolti in tempi diversi per ogni specie, minimizzando l'effetto di eventuali specie criptiche (specie che sono diverse ma risultano indistinguibili su base morfologica). Da ogni individuo si estrarrà il DNA e si sequenzieranno due marcatori COI e 18S (Tang *et al.* 2012). Il set di dati genetici di riferimento per tutte le specie presenti nello zooplancton del Lago Maggiore è stato completato per i crostacei cladoceri, è in fase di completamento per i crostacei copepodi, mentre dovrà essere

continuato parzialmente anche nel triennio 2019-2021 per i rotiferi, data la loro maggiore ricchezza in specie e variabilità genetica (Fontaneto *et al.* 2015).

I controlli sull'efficienza e la standardizzazione del metabarcoding mediante sequenziamento massivo di campioni selezionati di plancton raccolti nel lago saranno effettuati focalizzandosi sugli aspetti di bioinformatica, confrontandone i risultati con quelli ottenuti dal monitoraggio su base morfologica.

BIBLIOGRAFIA

- BETTINETTI R., BOGGIO E., DOSSI C., PISCIA R., MANCA M. (2015) Contaminanti nello zooplancton. In: Indagini su DDT e sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore. Programma 2013-2015. Rapporto annuale 2014.
- FONTANETO D., FLOT J.-F., TANG C.Q. (2015) Guidelines for DNA taxonomy, with a focus on the meiofauna. *Marine Biodiversity*, in press.
- MANCA, M., ROGORA M., SALMASO, N. (2014). Inter-annual climate variability and zooplankton: applying teleconnection indices to two deep subalpine lakes in Italy. *Journal of Limnology*, 74(1), 123-132.
- TANG C.Q., LEASI F., OBERTEGGER U., KIENEKE A., BARRACLOUGH T.G., FONTANETO D. (2012) The widely used small subunit 18S rDNA molecule greatly underestimates true diversity in biodiversity surveys of the meiofauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 109, 16208-16212.
- VIANA D.S., FIGUEROLA J., SCHWENK K., MANCA M., HOBÆK A., MJELDE M., PRESTON C.D., GORNALL R.J., CROFT J.M., KING R.A., GREEN A.J. (2016) Assembly mechanisms determining high species turnover in aquatic communities over regional and continental scales. *Ecography*, 39(3), 281-288.
- VISCONTI A., CARONI R., RAWCLIFFE R., FADDA A., PISCIA R., MANCA M. (2018) Defining seasonal functional traits of a freshwater zooplankton community using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ Stable Isotope Analysis. *Water* 10 (2), 108.

5. CARBONIO ORGANICO TOTALE (TOC), SUA COMPONENTE MUCILLAGINOSA (TEP), CLOROFILLA E PICOCIANOBATTERI

Importanza e motivazioni di questa ricerca

Il carbonio organico totale è un rilevante indicatore dello stato di trofia degli ambienti acquatici perché riassume in una sola variabile il risultato delle attività delle comunità microbiche autotrofe ed eterotrofe lacustri. Lo studio del TOC, inoltre, è importante poiché è stato dimostrato il cospicuo ruolo dei laghi come componente attiva del ciclo globale del carbonio. Con i metodi di analisi oggi disponibili è possibile quantificare con precisione il carbonio organico totale (TOC), cioè particellato e disciolto, e misurarne anche la frazione esopolimerica, vischiosa e trasparente (TEP), derivante da un'intensa attività algale. La relazione del TOC con le comunità microbiche autotrofe (pico e nanoplancton) e con la clorofilla è stata più volte dimostrata ed indica la presenza in lago di carbonio organico prodotto dalle alghe e quindi autoctono. La presenza di picocianobatteri, frazione importante dei popolamenti autotrofi non rilevabile con il classico conteggio del fitoplancton, può essere indicativa di uno stato di oligotrofia ed è quindi utile per il monitoraggio del Lago Maggiore. Lo studio dell'evoluzione pluriennale spazio-temporale di TOC e delle sue frazioni dagli anni '80 ai nostri giorni ha documentato l'evoluzione dello stato trofico del lago Maggiore, evidenziandone la sua progressiva anche se discontinua trasformazione ed il suo ritorno alle originarie condizioni di oligotrofia. Nonostante questa tendenza sia evidente, si sono notate negli anni scorsi resilienze e comparse di anomale fioriture di cianobatteri e di diatomee, che innalzano la concentrazione di TOC e TEP e che sottolineano l'opportunità di continuare il monitoraggio del TOC e delle sue frazioni nei prossimi anni così da poter evidenziare precocemente eventuali inversioni di tendenza del processo di oligotrofizzazione e/o possibili immissioni in lago di sostanze organiche estranee.

Obbiettivi della ricerca

Il principale obiettivo di questa ricerca è lo studio del trend evolutivo del Carbonio Organico Totale (TOC) e della frazione esopolimerica (TEP), risultato del bilancio produzione-consumo nella catena alimentare del lago e dell'apporto di sostanze organiche dal bacino imbrifero. Il TEP (Transparent Exopolymeric Particle), meglio noto come "mucillagine", è costituito da microgel organici, cioè da particelle mucopolisaccaridiche con proprietà adesive derivate da essudati algali, e da gel extracellulari formati da alghe coloniali. Il TEP può formare particelle più grandi come la così detta "lake snow" e giocare un ruolo importante nei cicli biogeochimici e nella struttura delle catene trofiche così come nei processi di aggregazione e sedimentazione.

Dalla ricerca degli anni precedenti, già pubblicata su una rivista internazionale, è emersa una relazione tra TEP, TOC, clorofilla e picocianobatteri (2 μm). Si è quindi deciso di seguire l'evoluzione di questi parametri nel prossimo triennio.

L'aspetto innovativo di questo triennio è quello di aggiungere un secondo sito di campionamento a quello storico della stazione di Ghiffa di massima profondità (350 m). La stazione scelta è quella di Pallanza (profondità 100 m) nel Bacino Borromeo, che risente degli apporti dal fiume Toce. Di tale stazione esistono dati pregressi risalenti agli anni '80, per i parametri del carbonio organico. Si propone quindi un confronto dell'evoluzione del carbonio organico misurato nella storica stazione di Ghiffa con quella emergente nella stazione di Pallanza, potenziale vettore nei prossimi anni di nuove immissioni a lago anche legate alle opere di risanamento del sito di Pieve Vergonte. Il confronto con i dati dei nutrienti misurati dalla ricerca 3 avvalorerà anche i dati del carbonio organico, dei cianobatteri e della clorofilla perché anch'essi saranno effettuata su diverse profondità nelle due stazioni di Ghiffa e Pallanza.

Risultati attesi

La ricerca proposta è congrua con le finalità CIP AIS poiché fornirà, tra l'altro, i dati necessari all'aggiornamento annuale del pannello di controllo per i due indicatori:

- *L3.10 - TOC*, indice dello stato trofico lacustre efficace e di elevato valore diagnostico;
- *L3.11 - TEP*, indice di rilievo per valutare l'eventuale compromissione qualitativa delle acque lacustri dovuta a sostanze esopolimeriche (mucillagini).

E' ovvia l'importanza di mantenere aggiornata la serie storica del TOC e TEP che sono variabili utili per la comprensione dell'evoluzione trofica del lago.

La novità del prossimo triennio consiste nell'introduzione di una seconda stazione di campionamento, in un sito strategico per monitorare eventuali apporti dal fiume Toce e nella quale si studieranno le stesse variabili misurate a Ghiffa. In aggiunta allo studio della distribuzione spaziale di TOC e TEP lungo il gradiente verticale (8 profondità nella colonna d'acqua in due stazioni), si procederà anche all'individuazione dei popolamenti autotrofi pico e nanoplanctonici, picocianobatteri incluse anche forme filamentose o aggregati, caratteristici di fioriture algali. Di tali popolamenti si misurerà anche il contenuto in clorofilla e l'attività fotosintetica alle diverse profondità. In tal modo si potrà monitorare sia la presenza di picocianobatteri tipici di acque oligotrofe che l'eventuale presenza di fioriture algali di procarioti o eucarioti non visibili in superficie o con telerilevamento ma che possono influire sulla produzione di sostanze organiche anche mucopolisaccaridiche, possibili precursori della formazione di mucillagini ed eventuali schiume in lago. Va sottolineato che le variabili oggetto di questa ricerca non sono inclusi nella normale attività analitica di ARPA.

Impegno di campagna e di analisi

I campionamenti avranno luogo nella stazione di massima profondità di Ghiffa, sito storico di riferimento, e in quella di Pallanza, sita nel Bacino Borromeo, con frequenza mensile.

Il campionamento verrà effettuato a 7 profondità: 0, 5, 10, 15, 20, 50, 300 m a Ghiffa e 0, 5, 10, 15, 20, 50, 100 m a Pallanza.

Su tutti i campioni si effettueranno le analisi di TOC e i conteggi di picocianobatteri con citometro a flusso (BD Accuri C6) con l'inclusione sia dei procarioti che degli eucarioti autofluorescenti. Inoltre con lo strumento PhytoPAM si misurerà la clorofilla e l'efficienza fotosintetica (F_v/F_m) dei popolamenti autotrofi lungo il profilo verticale alle diverse profondità. Inoltre con frequenza bimestrale verrà misurato il TEP, come carbonio organico, alle profondità sopra menzionate.

6. SOVRAPPOSIZIONE DELLA NICCHIA TROFICA TRA LE SPECIE ITTICHE PRINCIPALI DEL LAGO MAGGIORE

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La presente proposta di attività di ricerca è finalizzata alla acquisizione delle informazioni necessarie alla prosecuzione della serie storica iniziata nel triennio 2016-2018 e relativa al monitoraggio del livello di sovrapposizione della nicchia trofica tra le tre specie ittiche principali nel Lago Maggiore: agone, coregonidi e gardon, e riassunto nel parametro L3.8 del Pannello di Controllo CIP AIS. Tale parametro è un utile indicatore della competizione per le risorse alimentari tra le specie ittiche principali.

L'attività di monitoraggio sarà svolta per tutti gli anni di progetto. Il piano di attività prevede il campionamento mensile della fauna ittica in zona litorale e in zona pelagica. I campionamenti saranno svolti nell'area centrale del Lago Maggiore, indicativamente tra Verbania, a sud, e Ghiffa-Oggebbio, a nord.

Saranno esaminati, se possibile, almeno 15-20 stomaci per specie per mese. Per ogni stomaco esaminato saranno determinate le categorie alimentari presenti, esprimendo i dati come: abbondanza percentuale (%N), equivalente al numero di individui di ciascuna categoria alimentare rispetto al numero totale di individui; presenza percentuale (%S), ossia il numero degli stomaci contenenti ciascuna categoria alimentare sul totale degli stomaci pieni (Hickley *et al.*, 1994); valore d'importanza (V.I.), calcolato come segue:

$$V.I. = \%N \times \sqrt{\%S}$$

Il grado di sovrapposizione della nicchia trofica delle specie ittiche prese in esame sarà valutato mediante l'indice di sovrapposizione di nicchia α (Schoener, 1970) rivisto in Northcote & Hammar (2006), ed espresso come:

$$\alpha = 1 - 0,5 \left(\sum_{i=1}^n |V.I._{xi} - V.I._{yi}| \right)$$

dove:

n = numero delle categorie alimentari

$V.I._{xi}$ = valore d'importanza della categoria alimentare i nella specie x ;

$V.I._{yi}$ = valore d'importanza della categoria alimentare i nella specie y ;

L'indice α varia tra 0 (nessuna sovrapposizione) e 1 (completa sovrapposizione). Valori superiori a 0,6 devono essere giudicati biologicamente significativi ed indicativi di competizione intraspecifica se le risorse sono limitate, mentre $\alpha > 0,8$ può essere considerato indice di un elevato grado di similarità nelle diete e, quindi di significativa competizione.

BIBLIOGRAFIA

- HICKLEY, P., NORTH, R., MUCHIRI, S. M., & HARPER, D. M. 1994. The diet of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in Lake Naivasha, Kenya. *Journal of fish biology*, 44(4), 607-619.
- NORTHCOTE, T. G. & HAMMAR J. 2006. Feeding ecology of *Coregonus albula* and *Osmerus eperlanus* in the limnetic waters of Lake Mälaren, Sweden." *Boreal environment research* 11.3 (2006): 229-246.
- SHOENER T.W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizard in patchy habitats. *Ecology* 51: 418-418.

7. PRESENZA E DISTRIBUZIONE DI BATTERI ANTIBIOTICO-RESISTENTI NELLE ACQUE DEL LAGO MAGGIORE

Motivazioni della ricerca

L'impatto del rilascio di antibiotici in acqua è uno dei più gravi problemi ambientali emergenti per la salute degli ecosistemi e dell'uomo, in quanto laghi e mari antropizzati fungono da serbatoi naturali di geni di resistenza. E' già stato dimostrato che questi geni possono essere trasferiti a batteri patogeni, che in ambiente ospedaliero sono causa di decine di migliaia di decessi l'anno in Europa e USA con ingenti costi per i sistemi sanitari nazionali. Il rischio di una prossima pandemia da batteri patogeni antibiotico resistenti è concreto, e lo si può ridurre unicamente attraverso un'azione sinergica che assommi la conoscenza dettagliata delle antibiotico resistenze in ambiente e la loro riduzione, lo sviluppo di nuovi antibiotici e l'educazione dei cittadini ad un utilizzo corretto degli antibiotici stessi. Lo sviluppo di tecnologie di analisi biomolecolare ci permette di riconoscere e quantificare la presenza di geni specifici di antibiotico resistenza nei popolamenti batterici acquatici naturali, che è il possibile risultato di un costante afflusso di antibiotici nell'acqua, anche in bassissime concentrazioni. Lo studio della contaminazione delle acque superficiali, e più in generale dello sviluppo di antibiotico resistenze in ambiente, è considerato un settore strategico di ricerca nella lotta all'antibiotico resistenza dall'Italia e dalla Svizzera, che hanno predisposto azioni specifiche e Piani d'Azione nazionali al riguardo, che dell'Unione Europea e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, che ne denunciano la enorme sottovalutazione. I Programmi CIPAI 2013-15 e 2016-18 hanno permesso di conoscere nel dettaglio la situazione, di attenzione ma fortunatamente non drammatica, della distribuzione di antibiotico resistenze nella comunità batterica del Lago Maggiore che, grazie ai risultati raggiunti (svariate pubblicazioni scientifiche su riviste di primissimo piano nel settore: Molecular Ecology, Environmental Pollution, Water Research, Science of the Total Environment, Hydrobiologia, Environmental Science and Technology ed altre), può essere considerato, con il suo bacino, come **sistema modello a livello internazionale** per il monitoraggio e la valutazione dell'impatto in ambiente dell'utilizzo di antibiotici. A questo si aggiunge il lavoro iniziato nel 2016 da parte dei colleghi svizzeri di SUPSI, di valutazione di resistenze nel bacino del Ceresio, che nel prossimo triennio permetterà di ampliare ancora di più la conoscenza del bacino, e delle sorgenti di inquinamento, puntiformi e diffuse, e di ampliare spazialmente la serie temporale di monitoraggio di geni di resistenza, che si avvia al decennio di dati a disposizione.

Obiettivi

Obiettivo di questa ricerca è la valutazione dell'impatto sulle comunità batteriche lacustri dei determinanti di antibiotico resistenza (antibiotici, geni di resistenza, batteri resistenti) rilasciati attraverso i reflui urbani (sorgenti puntiformi) e le attività agricolo/industriali (sorgenti diffuse) e accumulati e/o selezionati nelle acque del Lago Maggiore in seguito all'azione di fattori ecologici, chimici e climatici che promuovano lo sviluppo di batteri antibioticoresistenti nelle comunità residenti, e quindi potenzialmente molto pericolosi come determinanti di contaminazione anche se non patogeni per l'uomo. Questo risultato si esplicita nello screening qualitativo (presenza/assenza) di un ampio pool di geni di resistenza che, se presenti, vengono misurati con precisione fornendo uno schema quantitativo dell'abbondanza geni di resistenza più comuni nelle acque del lago. C'è da sottolineare che ad oggi non viene applicato nessun trattamento di rimozione dei determinanti di antibiotico resistenza dalle acque reflue e che nemmeno i sistemi di disinfezioni recentemente applicati o in via di implementazione in svariati impianti nel bacino del Lago Maggiore (e.g. ozonazione, filtrazione a carboni attivi) hanno dimostrato una benché minima efficienza nella rimozione degli stessi dai reflui.

Risultati

La ricerca proposta è congrua con le finalità CIP AIS poiché soddisfa la necessità, già espressa nella formulazione del Pannello di Controllo, di disporre di un indicatore di qualità microbiologica nei confronti dell'antibiotico-resistenza (L3.9) che è stato applicato ai valori misurati nei due trienni precedenti e che, basandosi sulla stima di variazioni (puntuali o diffuse) rispetto al triennio precedente, ci può fornire una fotografia delle variazioni in atto a livello di resistenza della comunità microbica, senza andare a definire un criterio di allarme, che ad oggi sarebbe prematuro individuare in quanto ancora oggi oggetto di discussione e di definizione sia a livello nazionale che di Unione Europea.

Va ricordato che lo studio dei batteri antibiotico-resistenti non è incluso nella normale attività di monitoraggio della qualità delle acque ma è considerato un'emergenza prioritaria dai sistemi sanitari nazionali Italiano e Svizzero.

Attività

In seguito alla valutazione dei risultati ottenuti nel periodo 2013-18, **lo studio** si svilupperà per il triennio 2019-21 su analisi quantitative e qualitative e di susseguente comparazione nei confronti dei relativi popolamenti batterici (campione integrato 0-10 metri) campionati con frequenza mensile in centro Lago (Ghiffa, campione pelagico) e nel bacino Borromeo (Pallanza, campione semi-litorale). Rispetto ai trienni precedenti si è scelto di concentrare lo studio sui due siti campionati a frequenza maggiore (Ghiffa e Pallanza) ampliandone lo spettro di analisi con ulteriori geni di resistenza e ad abbandonare il monitoraggio delle stazioni litorali di Ascona ed Arona, anche in considerazione delle limitate differenze geografiche osservate nei due trienni precedenti, peraltro statisticamente non significative. Attraverso reazioni di polimerasi (qualitative) mirate si valuterà la presenza di geni di resistenza ad antibiotici specifici (individuati dalle liste di utilizzo corrente stilate dall'Unione Europea e dall'Istituto Superiore di Sanità, e sulla base dei risultati pregressi dalle analisi effettuate nei trienni 2013-15 e 2016-18) e di geni accessori che possono essere considerati marker di propagazione della stessa nel microbioma acquatico. In caso di antibiotico resistenze particolarmente accentuate sarà poi possibile quantificarne l'effettiva importanza in termini di numero di batteri resistenti, e ricercare l'eventuale batterio esterno donatore del gene di resistenza (*E. coli*, Streptococchi, Salmonelle...). Le metodologie per l'esecuzione di questa ricerca sono state sviluppate e messe a punto presso il laboratorio di ecologia biomolecolare del CNR-ISE che le effettua ormai come routine su campioni di acque di svariata origine. L'indagine che si propone produrrà **risultati** direttamente utilizzabili nella futura gestione del Lago Maggiore. Infatti, anche se la presenza di batteri antibioticoresistenti in lago difficilmente costituirà un problema diretto per la salute umana data la generale non patogenicità dei batteri pelagici, tuttavia essi potrebbero indurre antibiotico resistenze nella microflora di organismi che sono a contatto con il lago stesso, dai pesci, e quindi a chi se ne nutre, ai prodotti irrigati con acqua di lago, fino ai bagnanti ed alle popolazioni rivierasche. Ricerche specifiche condotte in ambito UE hanno dimostrato come lo sviluppo di antibiotico resistenze nei degenti è la fonte di mortalità ospedaliera più in crescita in Europa, e che l'antibiotico resistenza potrebbe essere la prima causa di mortalità a livello globale entro i prossimi 30 anni. La limitata conoscenza del ciclo delle resistenze in ambiente, così come certificata nel 2017 dal piano d'Azione contro l'Antibiotico Resistenza del Ministero della Salute, e nel 2018 dai rapporti sullo stato di avanzamento delle attività di lotta all'AMR dell'Unione Europea e dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, rendono questa ricerca di **cruciale importanza** per una futura gestione consapevole del problema anche considerando l'eventualità di trattamenti specifici degli antibiotici nelle acque reflue urbane e agricole, che potranno avere successo solo se sviluppati su una conoscenza della situazione contingente e del suo sviluppo

storico che questa ricerca garantisce. La decisione di CIP AIS di iniziare queste ricerche nel 2013 ha permesso di fare del Lago Maggiore un modello di monitoraggio a livello mondiale, ed a breve saremo in grado di offrire, per la prima volta al mondo su dati reali, l'andamento temporale della presenza di batteri antibiotico resistenti su un periodo di almeno un decennio, e di correlare i dati all'effettivo consumo di antibiotici nel bacino. Rimarrà sempre da valutare quanto lo sviluppo di antibiotico resistenze porti a cambiamenti nella composizione dei popolamenti microbici naturali, con possibili implicazioni gravi a livello di catena trofica e rischio di decadimento di popolamenti zooplanctonici/ittici autoctoni, sfavoriti rispetto a specie invasive spesso più adattabili alla mutata disponibilità alimentare, che, seppur oggetto di pubblicazioni specifiche del nostro gruppo nel quadro delle ricerche già svolte, sembra offrire molti spunti di ricerca, per una corretta quantificazione delle resistenze stesse.

INDAGINI SULLE SOSTANZE PERICOLOSE NELL'ECOSISTEMA DEL LAGO MAGGIORE

PREMESSA

Il programma di indagini che qui si presenta è stato formulato sulla base delle linee di azione della CIP AIS per il Lago Maggiore e delle richieste avanzate nella riunione della Sottocommissione del 31 gennaio 2018 per soddisfare l'obiettivo specifico di conoscenza teso a verificare la concentrazione di microinquinanti e sostanze pericolose emergenti rilevabili nelle acque e nei diversi comparti dell'ecosistema.

In particolare questo programma di indagini si articola su due linee complementari prioritarie:

- 1) continuare la naturale e necessaria implementazione delle serie storiche su alcuni parametri di valutazione e delle conoscenze acquisite nell'arco di 19 anni grazie ai finanziamenti della CIP AIS;
- 2) introdurre una sperimentazione degli "effect based tools", metodiche innovative in corso di sviluppo in tutta Europa, che permettono di valutare la presenza di sostanze pericolose sulla base di effetti fisiologici o tossicologici su organismi campione. Questo aspetto è importante per il Lago Maggiore, che presenta nel suo bacino imbrifero già a partire dal XIX secolo numerose attività industriali e agricole, che rendono necessario individuare la presenza di sostanze pericolose ereditate dal passato o presenti in piccole quantità in diverse attività, e quindi non rilevabili dalle analisi delle pressioni.

Le altre ricerche specifiche, già previste nelle campagne precedenti, comprenderanno i seguenti settori:

- analisi dello zooplancton, finalizzata alla stima del trasferimento dei contaminanti in tre specie di pesci a dieta zooplanctofaga;
- analisi dei sedimenti dei tributari in funzione dei contaminanti più critici emersi dalle indagini passate;
- bioaccumulo sulla fauna macrobentonica del Fiume Toce;
- bioaccumulo in molluschi (*Dreissena*) lungo tutto il litorale del lago;
- bioaccumulo nella fauna ittica lacustre.

In questi comparti dell'ecosistema e nelle stazioni selezionate saranno analizzati i seguenti composti (omologhi e isomeri inclusi):

- DDT, PCB, PCB-dl (solo nei pesci), mercurio, metil-mercurio, arsenico e metalli pesanti, indicati da recenti analisi e normative come sostanze pericolose da monitorare con particolare attenzione;
- ritardanti di fiamma (PBDE, DBDPE, HBCD) per la contaminazione legata ai Fiume Bardello e Boesio
- IPA che recentemente hanno presentato valori elevati nel biota del Lago Maggiore.

La scelta dei singoli composti da analizzare nei diversi comparti si basa sulle serie storiche rilevate negli anni, in modo da limitare le analisi a quei composti che hanno una buona probabilità di

essere rilevati in concentrazioni significative. Per permettere una maggiore comprensione delle scelte effettuate, un riassunto delle attività passate è allegato in appendice a questo programma.

Inoltre, sulla base dei risultati positivi ottenuti nel programma precedente, si propone la continuazione del monitoraggio dei contaminanti nella fauna ittica dei tributari dell'area centro-meridionale del Lago Maggiore, limitandola alle specie risultate maggiormente contaminate e allo stesso tempo maggiormente diffuse, cioè il barbo comune e la trota.

Oltre alle due linee prioritarie sopra citate, si propone una linea di ricerca accessoria sulle microplastiche nel Lago Maggiore, da attivare qualora la Commissione la ritenga opportuna e siano disponibili finanziamenti sufficienti. L'inquinamento legato alla plastica degli ecosistemi acquatici è un problema ormai noto, ma studiato prevalentemente in ambienti marini. Esso tuttavia riguarda anche i laghi e solo recentemente sono comparsi i primi risultati di monitoraggio, che hanno mostrato come anche il Lago Maggiore risenta di questo problema. Pertanto, riteniamo che sia interesse della CIP AIS uno studio accurato delle microplastiche presenti nel Lago Maggiore, che non si limiti alla loro quantificazione, ma includa anche un'analisi della loro composizione e che si estenda alle particelle più piccole, a partire già dai 100 μm , potenzialmente più pericolose per l'ambiente e per l'uomo.

Nelle pagine seguenti verranno descritte in dettaglio e motivate singolarmente le ricerche proposte.

8. CONTAMINANTI NELLO ZOOPLANCTON: VARIAZIONI SPAZIO TEMPORALI E FATTORI DI CONTROLLO DEL TRASFERIMENTO LUNGO LA RETE TROFICA PELAGICA

Premessa

Le ricerche svolte nel passato decennio per conto della CIP AIS hanno mostrato che il Lago Maggiore è un sistema ancora lontano da condizioni di equilibrio rispetto alla contaminazione da pp'DDT e dei suoi prodotti di degradazione, pp'DDE in particolare, mentre sembra essere in una situazione stazionaria per quanto riguarda i PCB. Questo fenomeno è ascrivibile al fatto che a livello di bacino si verificano ancora degli input di DDT molto probabilmente dall'originario sito di contaminazione, in particolare in corrispondenza ad eventi di piena o forti piogge. Inoltre la realizzazione delle opere di bonifica del sito inquinato potrebbe verosimilmente causare un aumento dell'apporto di DDT a lago.

Gli organismi zooplanctonici rispondono rapidamente ad eventuali variazioni delle concentrazioni delle sostanze tossiche che si verificano nella colonna d'acqua, perché accumulano i contaminanti sia dall'acqua sia dal cibo, avendo tempi di sviluppo più rapidi rispetto ai loro predatori, hanno scarsa capacità di detossificazione e forte capacità di assimilazione. Per questo motivo, lo zooplancton può essere considerato come un bioindicatore precoce (*early warning*) di possibili contaminazioni della zona pelagica dei laghi, risultando complementare ai molluschi sessili come *Dreissena* che sono ottimi indicatori della zona litorale.

Contrariamente a quanto assunto dalla maggior parte dei modelli ecotossicologici, nei quali lo zooplancton è considerato costituito esclusivamente da consumatori primari, sono i consumatori secondari di maggior taglia corporea a formare in massima parte la biomassa zooplanctonica in taluni momenti stagionali, costituendo la preda privilegiata dei pesci zooplanctivori. Le analisi condotte gli scorsi anni, hanno messo in luce come, tendenzialmente, la frazione dimensionale di zooplancton maggiormente inquinata sia stata quella $\geq 450 \mu\text{m}$. Pertanto, si propone per il prossimo triennio la prosecuzione della determinazione della concentrazione di DDTs e PCBs in tale frazione. In aggiunta, alle analisi effettuate sulla frazione dimensionale zooplanctonica $\geq 450 \mu\text{m}$ proveniente dallo strato d'acqua compreso tra 0-50m, al fine di valutare eventuali differenze spaziali lungo la colonna d'acqua, le analisi verranno realizzate anche su campioni di organismi zooplanctonici crostacei presenti nei primi 20m di profondità del pelago lacustre.

Dagli studi del decennio precedente emerge che le analisi comparate di zooplancton e pesci sono fondamentali per ottenere una realistica quantificazione del rischio per la vita acquatica e la salute dell'uomo derivante dall'accumulo di sostanze chimiche dannose. L'esistenza di una biomagnificazione dallo zooplancton ai pesci può essere utilizzata come un segnale dell'esistenza di condizioni di stato stazionario che consente l'applicazione di modelli bioenergetici predittivi, utili a calcolare il rischio potenziale per i predatori che di essi si nutrono e per l'uomo. Anche quando fonti locali d'inquinamento sono poco rilevanti e vengono raggiunte condizioni di stazionarietà, le stime ottenute mediante modelli di biomagnificazione possono risultare poco rappresentative a causa delle variazioni stagionali nel comportamento alimentare dei pesci.

Le misure delle concentrazioni di DDT e PCB in campioni zooplanctonici sono state utilizzate per calcolare il trasferimento di questi contaminanti in tre diverse specie di pesci la cui dieta è

esclusivamente zooplanctofaga o comprende in parte il consumo di zooplancton. I risultati hanno messo in luce valori sperimentali inferiori a quelli teorici nel caso di coregoni e agoni, sia pure con una più elevata biomagnificazione in quest'ultimo, così come previsto dal modello. Le differenze osservate sono con tutta probabilità legate alla dieta dei pesci anche in rapporto alla loro età e al contributo di consumatori secondari alla biomassa zooplanctonica.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

In questo progetto si propone quindi di continuare le attività di campionamento ed analisi dei DDT *ad hoc* dello zooplancton. Inoltre, a seguito dell'avvio delle operazioni di bonifica del SIN di Pieve Vergonte, si propone di continuare l'analisi del mercurio totale e di introdurre l'analisi del metilmercurio in alcuni campioni selezionati di zooplancton, un elemento chiave della catena pelagica lacustre.

Esso verrà raccolto in una stazione del lago a cadenza stagionale e subito dopo eventi eccezionali che si verificano nel bacino, quali per esempio piene significative. Il materiale sarà raccolto in modo tale da consentire di effettuare, accanto alle classiche misure di abbondanza e biomassa, anche quelle di *fingerprint* isotopico (mediante analisi d'isotopi stabili di carbonio e azoto) di consumatori primari e secondari all'interno dello zooplancton. Tali misure consentiranno l'identificazione della posizione trofica degli organismi che maggiormente contribuiscono, direttamente o indirettamente, alla dieta e alla contaminazione delle specie di pesci zooplanctivori sulle quali vengono effettuate misure di contaminanti e delle quali sono state determinate le variazioni stagionali nel *fingerprint* isotopico (cfr. CIP AIS 2009).

Gli obiettivi e le finalità delle attività previste sono in armonia con quanto richiesto dalla Commissione e rispondono alle esigenze conoscitive previste dalla Direttiva 2000/60/CE in merito alla stima del rischio intrinseco e all'ecotossicità acquatica e per l'uomo di sostanze tossiche. L'aspetto innovativo della ricerca consiste nel voler studiare i fattori responsabili di eventuali anomalie nella dinamica del trasferimento di sostanze tossiche lungo la rete trofica pelagica lacustre. Essa dunque complementa e implementa le attività istituzionali delle Arpa presenti sul territorio. I risultati potranno infine essere utilizzati dalla CIP AIS per segnalare alle autorità competenti fenomeni potenziali e in atto e per proporre interventi, linee guida, regolamenti e norme di intervento e di gestione.

9. SEDIMENTI LACUSTRI

Premessa

Negli anni passati, le analisi dei sedimenti lacustri hanno costituito una parte importante dell'attività delle attività svolte per seguire la distribuzione delle sostanze pericolose (composti organiche di sintesi e metalli) nel Lago Maggiore. Infatti, i sedimenti di un lago costituiscono un archivio naturale che documentata l'evoluzione temporale e spaziale dell'inquinamento.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

In questa nuova campagna ci proponiamo di mantenere la stazioni più significative, in relazione sia a specifici eventi di piena che hanno interessato il Toce che l'apporto da specifici tributari che possono aver veicolato a lago quantità rilevanti di inquinanti.

In particolare, nel 2020, secondo dei tre anni previsti per le indagini, si propone di campionare i sedimenti del Lago Maggiore in circa 5 stazioni, una nel bacino meridionale del lago e altre quattro nel Bacino di Pallanza. In ciascuna delle stazioni scelte, saranno raccolte mediante carotatori a gravità carote di sedimento e referenziate in situ dai rilievi geografici (latitudine, longitudine e profondità di prelievo).

Le carote verranno fotografate, correlate fra loro mediante un esame della litologia del sedimento, e datate utilizzando gli andamenti temporali di resti fossili di diatomee. Dalla stima della datazione si otterranno il tasso di sedimentazione (cm a-1) e il tasso di accumulo (g cm² anno-1). Le carote saranno sezionate per analizzare il sedimento relativamente recente (ultimo dieci anni) ed analizzate a vari livelli (almeno tre sezioni per ogni carota).

Si prevede di eseguire in coerenza con le precedenti indagini le seguenti analisi: IPA, PBDE, DBDPE, HBCD, DDT, PCB e metalli in traccia (Hg, As, Cu, Pb, Ni, Cd); per quanto riguarda il metilmercurio, le indagini del triennio 2015-2018 hanno evidenziato concentrazioni molto limitate nei sedimenti, pertanto si propone di non proseguire l'analisi nei sedimenti e di destinare le risorse all'analisi di MeHg nello zooplancton.

Con questa ricerca sulla distribuzione spazio-temporale dei contaminanti di sintesi (DDT, PCB, ecc.), e dei metalli in traccia potranno proseguire, anche se in modo ridotto, le indagini sino a qui condotte nel Lago Maggiore sui trend storici, focalizzandosi sulle aree in cui persistono le maggiori criticità.

In conclusione, si ritiene che gli obiettivi e le finalità sintetizzate nel presente documento corrispondano ai medesimi della Commissione o alle esigenze conoscitive previste dalla Direttiva 2008/105/CE. Le attività qui in discussione riguardano inoltre aspetti di rilevante attualità soprattutto per quanto riguarda lo studio dei ritardanti di fiamma bromurati di nuova introduzione (HBCD e DBDPE) e del metilmercurio, oltre che di DDT, PBDE, IPA e PCB, studi che ben si integrano e si aggiungono a quelli previsti dalla attività istituzionale delle ARPA locali.

10. INDAGINI SUL FIUME TOCE: BIOACCUMULO IN MACROINVERTEBRATI BENTONICI

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Data la rilevanza del Fiume Toce nel veicolare al Lago Maggiore contaminanti quali in particolare il DDT e i suoi metaboliti e, tra gli elementi in traccia, il Hg, l'attività sarà volta ad approfondire il ruolo svolto dai sedimenti del fiume come sorgente di contaminazione per il lago. Si prevede quindi di continuare l'indagine iniziata nel 2013 sui sedimenti nelle 4-5 stazioni già identificate, i sedimenti saranno raccolti due volte all'anno, e sarà analizzato il livello di contaminazione da DDT e metaboliti e Hg.

Anche per la fauna macrobentonica lo studio del Fiume Toce continuerà nelle stazioni individuate nel corso del precedente programma 2016-2018 nelle zone di deposizione con studi sul bioaccumulo di DDT e metaboliti, Hg e metilmercurio; gli invertebrati bentonici si sono dimostrati ottimi bioindicatori per monitorare il trasferimento dei contaminanti dai sedimenti al biota. Inoltre, i dati raccolti finora iniziano a costituire una importante serie storica per valutare eventuali nuovi apporti di contaminanti determinati dalle operazioni di bonifica in corso.

Saranno considerati 4 taxa tra i più abbondanti e saranno utilizzati per valutare il bioaccumulo in situ di DDT e metaboliti, e Hg in due periodi di magra/morbida. In un solo periodo del secondo anno sarà valutato anche il bioaccumulo di metilmercurio.

11. SEDIMENTI DEI TRIBUTARI ALLA FOCE

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Per quanto riguarda i tributari, si intende condurre la stessa indagine già svolta nel triennio precedente alla foce di ogni tributario per i contaminanti che sono risultati più critici (DDT, PCB, PBDE, HBCD, DBDPE e Hg), mentre nel secondo anno l'indagine riguarderà l'intero set dei contaminanti sin qui analizzati anche in passato (quelli di prima + IPA, As, Cu, Pb, Ni, Cd, Hg e per il Toce metilmercurio) al fine di ricostruire il trend storico della contaminazione dei tributari che per DDT e PCB risale al 2001. Nella scelta dei contaminanti e dei tributari di interesse si condividono le scelte fatte nel programma 2016-2018 proprio al fine di contenere i costi dell'indagine stessa.

Come già indicato nella premessa, la scelta dei singoli composti da analizzare nei diversi comportamenti si basa sulle serie storiche rilevate negli anni, in modo da limitare le analisi a quei composti che hanno una buona probabilità di essere rilevati in concentrazioni significative. Per permettere una maggiore comprensione delle scelte effettuate, un riassunto delle attività passate è allegato in appendice a questo programma.

Per i metalli si propone di mantenere una frequenza di campionamento di 2 volte all'anno, 3 volte all'anno solo per il Toce, mentre per quanto riguarda i contaminanti organici, si propone di optare per lo schema di campionamento quadrimestrale (3 volte all'anno: ad esempio marzo, luglio e ottobre), che si è rivelato idoneo per individuare le principali variazioni di concentrazione degli inquinanti dovute alla variabilità sia dei carichi afferenti che dell'andamento delle portate.

12. EFFECT BASED TOOLS PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI DELLA CONTAMINAZIONE VEICOLATA DAI PRINCIPALI TRIBUTARI DEL VERBANO

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Il monitoraggio dei contaminanti veicolati al Lago Maggiore attraverso i tributari è stato finora condotto indagando con le analisi chimiche la presenza di singole sostanze inquinanti. Questo approccio permette di studiare i trend di contaminazione di specifici contaminanti, ma non di valutare i possibili effetti sul biota, legati alla miscela di contaminanti ambientali, molti dei quali non analizzati chimicamente. Per questa ragione, si intende proporre un'attività specifica allo scopo di valutare i potenziali effetti della contaminazione proveniente dai tributari e di mettere a punto un sistema di early warning che consenta di evidenziare eventuali alterazioni molecolari e cellulari fino a livello d'individuo e popolazione. D'altra parte, l'approccio degli Effect Based Tools è attualmente in corso di validazione in ambito comunitario, in quanto consente di evidenziare una condizione di stress potenzialmente pericolosa, prima che sopraggiungano effetti negativi e irreversibili nei più alti livelli dell'organizzazione biologica. Tale approccio prevede la misura di diversi end-points di tossicità a diversi livelli di organizzazione del sistema (es. biosaggi, biomarker, indicatori biologici) che, integrati insieme, possono rappresentare un eccellente strumento per una corretta valutazione del rischio ambientale.

Seguendo questo approccio, si propone di condurre diversi saggi su campioni di sedimento prelevati alla foce dei tributari del Lago Maggiore che evidenziano le maggiori contaminazione per differenti composti. Questi stessi fiumi sono già destinati all'analisi chimica e sono: Tresa, Boesio, Bardello, Margorabbia, Toce, Ticino emissario. In particolare, saranno effettuati due test ecotossicologici cronici su sedimento, utilizzando l'ostracode *Heterocypris incongruens* e il dittero *Chironomus riparius*. Entrambi i test, già altamente standardizzati, permettono di valutare la presenza di effetti a livello di popolazione attraverso la misura di diversi endpoints, utilizzando organismi considerati molto sensibili per la valutazione della qualità dei sedimenti, in quanto direttamente esposti a detta matrice. In parallelo, sui ditteri esposti saranno effettuate alcune analisi biochimiche e molecolari finalizzate a individuare la tipologia di esposizione e gli effetti riconducibili alla miscela dei contaminanti. Sarà applicata una batteria di biomarkers in grado di evidenziare diversi effetti ecotossicologici. Nello specifico, si andrà a indagare stress (SOD, CAT, GPx) e danno ossidativo (PCC e LPO), genotossicità (SCGE assay, test del micronucleo, apoptosi, necrosi) e neurotossicità (AChE, MOA, serotonina, dopamina). L'applicazione di tali "effect based tools" non solo permetterà di valutare gli effetti della miscela di contaminanti presente in tali tributari su un modello biologico di riferimento, ma consentirà di applicare anche il cosiddetto "biomarker bridge concept" che rappresenta un legame tra la risposta ottenuta mediante i biomarkers che mettono in evidenza l'effetto primario dei contaminanti a livello molecolare e/o cellulare con gli effetti misurati a livello di singolo organismo o di popolazione, ottenuti per mezzo dei saggi di tossicità. Questo legame è alla base delle nuove procedure per una corretta e più moderna valutazione del rischio ambientale. Non è possibile eseguire le stesse analisi su *Heterocypris incongruens* a causa delle ridotte dimensioni che impediscono di ottenere materiale sufficiente per la misura dei biomarkers.

Sulle due specie ittiche che saranno campionate in quattro dei principali tributari (vedi paragrafo seguente) verranno eseguite le stesse analisi dei biomarkers su cervello, fegato ed eritrociti, per valutare lo stato di salute anche della fauna ittica in condizione di esposizione naturale. Per

avere un quadro esaustivo e integrato con le analisi chimiche, si propone di eseguire tali analisi inizialmente solo nel primo anno di attività. In base ai risultati ottenuti, sarà possibile proseguire quest'attività anche per gli altri due anni del Progetto, in modo da avere un confronto pluriennale di questi parametri mai investigati fino ad ora in tali modelli biologici.

13. BIOMONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DEI PRINCIPALI TRIBUTARI DEL VERBANO

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La ricerca proposta prevede il monitoraggio di alcune classi di contaminanti in due delle specie ittiche prelevate nei tributari del Lago Maggiore che nella precedente campagna 2017 avevano mostrato i maggiori livelli di contaminazione (Toce, Boesio, Bardello, Margorabbia), scelte tra barbo cavedano e trota fario in base ai risultati delle analisi del 2018 e ad una verifica della presenza di eventuali immissioni di adulti per scopi alieutici. Questa proposta di ricerca s'inserisce a integrazione e completamento di quanto emerso nelle passate ricerche CIP AIS che avevano evidenziato delle importanti criticità nell'area centro meridionale del Verbano, non solo legate agli apporti del Fiume Toce, ma anche di altri tributari come i fiumi Boesio e Bardello. Anche la scelta delle due specie ittiche è legata ai risultati preliminari ottenuti nella campagna di monitoraggio 2017, in cui le due specie che hanno mostrato i risultati più chiari e confrontabili in termini di bioaccumulo.

Al fine di iniziare una serie storica anche su tale matrice biologica, non presa in considerazione fino al 2017, si propone di eseguire un prelievo con frequenza annuale per tutti i tributari indicati nei tre anni di progetto previsti. Si ritiene sufficiente campionare individui appartenenti a classi di età adulte in un range di taglia il più possibile simile. I campionamenti saranno effettuati mediante pesca elettrica nella zona terminale degli emissari, in modo da evidenziare tutto l'apporto inquinante proveniente dal loro bacino. Sarà effettuato un campionamento annuale durante la stagione tardo-primaverile (maggio/giugno). Saranno costituiti pool di almeno 5 individui, di cui saranno rilevati i principali parametri morfometrici: lunghezza totale, peso totale, peso eviscerato, sesso, peso delle gonadi. Sarà prelevato un campione di scaglie utilizzato per la determinazione dell'età.

Per quanto riguarda l'analisi chimica, si prevede il rapido trasporto in laboratorio di diversi esemplari delle specie catturate, per la loro successiva analisi. I parametri chimici che saranno misurati nei tessuti molli saranno: il p,p'-DDT e relativi composti omologhi (totale di 6 composti), 14 policlorodifenili (PCB), e 14 polibromodifenileteri (PBDE) e mercurio totale. Tali specie ittiche saranno anche impiegate per la misura di una batteria di biomarkers (come descritto nel paragrafo precedente).

14. BIOMONITORAGGIO DELLA CONTAMINAZIONE DEL VERBANO MEDIANTE IL BIVALVE *DREISSENA POLYMORPHA*

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Dai risultati ottenuti nei precedenti Progetti CIP AIS risulta chiaro che occorre mantenere viva la possibilità di seguire l'evolversi della contaminazione. Si propone, quindi, di continuare il biomonitoraggio triennale della zona litorale del Verbano attraverso l'impiego del bivalve *D. polymorpha*, il cui impiego è stato considerato un indicatore fondamentale da inserire nel "Pannello di Controllo della CIP AIS. D'altra parte, l'utilizzo di bioindicatori, quali molluschi e pesci, per il monitoraggio della contaminazione nelle acque è stato sancito dalle Direttive comunitarie 2000/60/CE e 2008/105/EC.

La frequenza di prelievo dei bivalvi riguarderà solamente il campionamento primaverile, in quanto esso rappresenta il cosiddetto "worst case", vale a dire il periodo dell'anno in cui vengono ritrovate le concentrazioni maggiori di contaminanti prioritari. Nel dettaglio, quindi, proponiamo di mantenere le otto stazioni attualmente studiate nelle quali i bivalvi saranno prelevati una volta l'anno, durante la fase pre-riproduttiva (maggio/giugno). I contaminanti che proponiamo di misurare nei tessuti molli dei bivalvi sono, innanzitutto, il p,p'-DDT e relativi omologhi, i PCB e gli IPA. In particolare, riteniamo indispensabile mantenere il monitoraggio degli IPA, in quanto il modello biologico scelto è un tipico rappresentante della fauna litorale, zona di accumulo preferenziale proprio di tali composti, la cui origine è tipicamente antropogenica (sversamenti diretti d'idrocarburi, autoveicoli, riscaldamento domestico e combustioni incomplete di materia organica). Ad esempio, i dati 2014, indicano una contaminazione da IPA maggiore rispetto a quella dei PCB, a testimonianza dell'importanza del monitoraggio della zona litorale mediante *D. polymorpha*.

I contaminanti che proponiamo di misurare nei tessuti molli dei bivalvi sono, innanzitutto, il p,p'-DDT e relativi omologhi, i PCB e gli IPA. In particolare, riteniamo indispensabile mantenere il monitoraggio degli IPA, in quanto il modello biologico scelto è un tipico rappresentante della fauna litorale, zona di accumulo preferenziale proprio di tali composti, la cui origine è tipicamente antropogenica (sversamenti diretti d'idrocarburi, autoveicoli, riscaldamento domestico e combustioni incomplete di materia organica). Ad esempio, i dati 2014, non ancora pubblicati, indicano una contaminazione da IPA maggiore rispetto a quella dei PCB, a testimonianza dell'importanza del monitoraggio della zona litorale mediante *D. polymorpha*.

Accanto a tali contaminanti, si propone di analizzare ancora i polibromodifenil eteri (PBDE) che hanno mostrato livelli non certo trascurabili nei tessuti del bivalve. Particolare attenzione, infine, è da riservare ai cosiddetti PCB dioxin-like, in quanto i livelli misurati nel periodo 2013-2015 rappresentano circa il 10% dei PCB totali e sono, dunque, ritenuti degni di un'indagine più approfondita.

Inoltre, al fine di monitorare la biodisponibilità del mercurio nella baia di Pallanza e continuare la serie storica 2008-2012 e 2015-2018, si prevede di continuare l'analisi di Hg.

Tale studio rappresenta una linea di continuità con i precedenti Progetti CIP AIS. In particolare, le due stazioni di campionamento di Baveno e Pallanza-Villa Taranto sono campionate fin dal 1996, mentre dal 2003 abbiamo i dati storici riguardanti le otto stazioni di prelievo attualmente studiate. La possibilità di avere a disposizione serie storiche di dati così lunghe è una prerogativa molto rara nel campo del monitoraggio ambientale e consentirebbe alla CIP AIS di avere a disposizione dati fondamentali per valutare l'evoluzione pluriennale della contaminazione.

15. BIOMONITORAGGIO COMPARTO ITTICO

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La fauna ittica del Lago Maggiore, oltre a costituire una risorsa commerciale destinata al consumo umano, rappresenta un'importante indicatore ecologico della qualità dell'ecosistema lacustre. I pesci, infatti, si trovano al vertice delle reti trofiche pelagica e litorale, e grazie alla loro vita relativamente lunga, in rapporto ad altri organismi acquatici, possono bioaccumulare e biomagnificare gli inquinanti presenti.

Perciò è importante mantenere la serie storica degli inquinanti nella fauna ittica, che rappresenta ormai una delle serie regolari più lunghe al mondo, che per alcuni contaminanti come DDT e PCB risale sino al 1996 e che permette di dare indicazioni complessive sull'evoluzione dell'inquinamento nel Lago Maggiore.

La Direttiva 2013/39/CE, recepita in Italia con il D. Lgs. 172/2015 indica nuovi Standard di Qualità Ambientale per DDT e metaboliti, PCB-dl, PBDE e mercurio, con soglie che negli anni precedenti sono state spesso superate nella fauna ittica. La continuazione delle serie temporali di analisi permetterà di valutare se l'intero ecosistema stia lentamente recuperando dall'inquinamento passato o se emergono nuove criticità ambientali.

Si propone quindi di continuare anche nel nuovo triennio le indagini condotte in passato relative ai PCB e ai PCB diossina-simili in coregone e agone, specie ittiche di maggior pregio dal punto di vista commerciale. Inoltre, poichè la Direttiva definisce gli standard di qualità per la somma dei PBDE 28, 47, 99, 100, 153 e 154 nel biota con un valore molto restrittivo, pari a 6,5 µg/g p.f., anche in questo caso si propone di proseguire l'indagine sui PBDE nel comparto ittico. Lo Standard di Qualità Ambientale per il mercurio e i suoi composti nei pesci previsto è di 20 µg/kg p.f., valore ampiamente superato nei pesci del Lago Maggiore analizzati nei precedenti anni di indagine, anche se i valori rimangono al di sotto dei limiti stabili per il consumo umano (0,5 mg/kg p.f.).

Le indagini seguiranno le tempistiche validate per gli anni precedenti con 4 pesche in quattro stagioni differenti con pool di almeno 5-10 individui.

Solo per gli agoni, le analisi verranno condotte in due classi di età separate: i giovani per proseguire con le indagini condotte in passato e che rappresentano la contaminazione più recente da DDT, mentre la classe di età maggiore, quella impiegata per lo più a scopi commerciali, verrà considerata in quanto in molti casi più contaminata.

Per quanto riguarda l'analisi del mercurio, saranno effettuate analisi di metilmercurio su esemplari di taglia grande di agone di una stagione.

Infine, verranno svolte alcune analisi esplorative di eptacloro ed eptacloro-eossido, esclusivamente sugli agoni grandi che per i loro elevato contenuto lipidico potrebbero essere maggiormente contaminati.

Con questa indagine CIP AIS avrà a disposizione una dettagliata serie di informazioni relative alla contaminazione della fauna ittica del Lago Maggiore.

APPENDICE: RIASSUNTO DEGLI STUDI SULLE SOSTANZE PERICOLOSE NELL'ECOSISTEMA DEL LAGO MAGGIORE TRA IL 1996 E IL 2016

Questi studi sono iniziati nel 1996 a seguito delle analisi di DDT condotte dal Laboratorio Cantonale di Lugano su pesci raccolti nella parte svizzera del Lago Maggiore. L'Italia fu sollecitata a verificare se la fonte di contaminazione fosse legata ad attività presenti nel territorio italiano. La raccolta di campioni di sedimento dal Lago svolta nel 1996 consentì l'individuazione di una fonte di inquinamento derivate dal Fiume Toce. In una prima fase (1996-1998), lo studio fu limitato al solo DDT e ai suoi metaboliti (indicati complessivamente come DDx) in un numero elevato di comparti dell'ecosistema lacustre, considerando sia l'area pelagica che quella litorale, dal momento che è noto che i DDx si accumulano nelle reti trofiche. I comparti studiati sono stati dunque: acqua e particolato (nel Lago Maggiore, Ticino Emissario e i seguenti immissari: Ticino, Verzasca, Maggia, Toce (+ Marmazza), Vevera, Boesio, Bardello, Toce, Margorabbia), sedimenti fluviali (negli stessi siti), carote di sedimento lacustre, zooplancton, oligocheti lacustri, pesci (12 specie nel Lago Maggiore, Lago di Mergozzo, Toce), bivalvi in 4 siti lacustri, uova di svasso e di germano reale.

Tra il 2001 e il 2012, la ricerca è ripresa includendo anche altre sostanze bioaccumulabili (organiche e inorganiche) di cui era nota, direttamente o attraverso l'analisi delle pressioni antropiche, la possibile presenza nell'ecosistema lacustre, mantenendo un'ampia gamma di comparti (includendo tra il biota analizzato lo zooplancton e sospendendo dal 2008 lo studio sui predatori terminali (svassi) per la difficoltà nel reperimento delle uova e includendo anche (fino al 2007) le deposizioni atmosferiche in quattro siti, due rivieraschi e due di alta quota nel bacino imbrifero del Lago Maggiore. Inoltre, ARPA Piemonte ha valutato la presenza nelle acque superficiali e nella falda intono a Pieve Vergonte di una serie di composti organici.

A partire dal 2012, le analisi sono state ridotte per motivi di budget, diminuendo il numero di stazioni per zooplancton, pesci e bivalvi, il numero di carote lacustri e il numero di specie ittiche. Inoltre, per i sedimenti dei tributari sono state selezionate le sostanze maggiormente rilevate in ciascun immissario, in base ai dati pregressi e alle pressioni esistenti. Questo risparmio ha permesso di inserire attività specifiche sul Toce per comprendere le cause della variabilità delle concentrazioni di DDx e definire nuove tecniche utili per monitorare gli interventi di bonifica. Nello stesso tempo sono state introdotte nuove analisi per i composti emergenti di cui era nota la possibile presenza nell'ecosistema, come i ritardanti di fiamma.

Nell'ultimo triennio (2016-2018) si è quindi mantenuta questa formula ridotta, inserendo nuove sostanze emergenti (DBDPE e HBCD), un nuovo studio sulla distribuzione del metil-mercurio nel biota del Lago Maggiore, per verificare i meccanismi di bioconversione e bioaccumulo del mercurio e l'introduzione di analisi esplorative sulle popolazioni ittiche degli immissari.

Nelle pagine seguenti viene dettagliata brevemente l'attività di ogni periodo, riassumendo brevemente le analisi effettuate e i principali risultati ottenuti.

1996-1998: Indagini estensive ma riferite solo a DDT e suoi metaboliti (DDx), comprendenti sia la distribuzione dell'inquinante che il suo flusso ed accumulo nella rete trofica.

Comparti e stazioni:

Pesci: 12 specie (10 nel 1998) nel Lago Maggiore, Lago di Mergozzo, Toce.

Carote di Lago: 5 carote nella baia di Pallanza nel 1996, e 13 (baia + alto lago + centro lago) nel 1998.

Acqua e particolato, nel Lago Maggiore, Ticino Emissario e i seguenti immissari: Ticino, Verzasca, Maggia, Toce (+ Marmazza), Vevera, Boesio, Bardello, Toce, Margorabbia.

Sedimenti fluviali (negli stessi siti).

Bivalvi (*Dreissena polymorpha*) in 4 siti.

Oligocheti lacustri.

Macrobenthos del Toce.

Zooplancton.

Uova di svasso e di germano reale.

Fecondità dei pesci del Lago Maggiore (confrontati con quelli del Lago di Monate).

Conclusioni principali

L'inquinamento interessa tutto il lago, in misura minore il bacino di Locarno; i DDx provengono principalmente dal Toce, ma anche forse come ricaduta delle deposizioni atmosferiche da Margorabbia e Verzasca; in base alle carote di sedimento, le concentrazioni massime di DDx si ebbero già negli anni 1970; i DDx non sono praticamente rilevabili in acqua; i bivalvi che accumulano gli inquinanti sia dall'acqua che dal particolato sospeso, soprattutto di origine biologica, danno una buona immagine della reale biodisponibilità degli inquinanti anche per gli organismi acquatici che si collocano a livelli trofici più elevati; non sono visibili effetti sulla fecondità dei pesci.

2001-2007: Inclusione di altri contaminanti bioaccumulabili: composti organici apolari, metalli e arsenico.

Composti: DDx, PCBs, Lindano e isomeri, HCB, As, Cd, Cu, Hg

Comparti e stazioni: Carote di Lago: 26 carote nella baia di Pallanza e 5 lungo l'asse del lago + 2 carote nei bacini di Vogorno e Verzasca in Canton Ticino (nel 2001), più altre 6 (3 in baia 3 lungo l'asse del lago) ogni anno dal 2002.

Acqua e particolato, nel Lago Maggiore, nel Ticino Emissario e i seguenti immissari: Verzasca, Maggia, Toce, Tresa e Margorabbia (composti organici sopra citati e anche T-eptaclor, dieldrin, enfrin, metoxyclor e mirex).

Sedimenti fluviali nel Ticino Emissario e i seguenti immissari: Verzasca, Maggia, Toce, Tresa e Margorabbia, Boesio, Bardello.

Deposizioni atmosferiche (composti organici come per le acque) in riva al lago (Pallanza, Locarno) e in alta quota (Robiei, Alpe Devero).

Bivalvi (*Dreissena*) mensilmente in 2 siti nella Baia di Pallanza e dal 2013 solo a maggio in 14 siti in tutto il lago (solo DDX e studi ecofisiologici).

Uova di svasso in 3 siti (solo DDX fino al 2004, dal 2005 solo studi ecotossicologici su spessore del guscio e produzione di ormoni, a causa della difficoltà a reperire le uova).

Pesci: 7 specie per 4 stagioni (composti organici e Hg).

Acque superficiali e di falda e scarichi intorno a Pieve Vergonte: As, Hg, Benzene, Etilbenzene, Clorobenzene, 1,2-Diclorobenzene, 1,3-Diclorobenzene, 1,2,3-triclorobenzene, Toluene, 2Clorotoluene, 4-Clorotoluene, 2,6-Diclorotoluene, 3,4-Diclorotoluene, Xileni, Cloroformio, HCB, Stirene, n-propilbenzene, DDT totale.

Conclusioni principali

Trend in diminuzione dei DDx, ma interrotto da apporti legati alle piene. Questi picchi sono evidenti anche nel biota, ma con ritardo; area settentrionale meno contaminata, ma presenza significativa di Cd e As; presenza di DDT nelle deposizioni atmosferiche, soprattutto a Pallanza (per la vicinanza alla sorgente) e Robiei (per le basse temperature); altri contaminanti esaminati in questo periodo poco significativi, salvo PCB e metalli; evidenti, ma modesti effetti fisiologici sugli uccelli.

2008-2012: inclusione di altre sostanze (IPA, PBDE) in base ai risultati precedenti e ad analisi delle pressioni. Interruzione dell'attività sui predatori terminali (uccelli) e sull'acqua.

Comparti, stazioni e composti

Acqua del Lago e del Toce: DDx, HCH e HCB.

Zooplankton: analisi di DDT, PCB e altri insetticidi organoclorurati in quattro stazioni (Locarno, Ghiffa, Baveno e Lesa).

Sedimenti lacustri: analisi di IPA, PBDE, Hg, As, Cd, Pb, Ni, Cu in nove stazioni da nord a sud.

Sedimenti dei tributari: analisi IPA, PBDE, PCBs, Hg, As, Cd, Cu, Pb, Ni su sedimenti raccolti alla foce dei principali tributari (Ticino immissario e emissario, Tresa, Margorabbia, Bardello, Boesio e Toce).

Bivalvi: analisi di DDT, PCB, IPA, HCH, HCB, chlorpyrifos con il suo metabolita chlorpyrifos-oxon e carbaryl e metalli in traccia (Hg, As, Cd, Cr, Ni, Pb) su campioni di bivalvi (*Dreissena polymorpha*) raccolti lungo il perimetro del bacino lacustre in otto stazioni (Brissago, Luino, Laveno, Pallanza, Suna, Baveno, Brebbia, Ranco).

Pesci: analisi di DDT, PCBs, PCB diossina-simili, PBDE e Hg su 3 specie ittiche (agone: due classi di età; coregone: due classi di età, gardon) catturate stagionalmente nelle acque del Bacino di Pallanza e in centro lago. Non sono previsti IPA in quanto metabolizzati dai pesci. La scelta delle specie ittiche rispecchia i seguenti criteri: il coregone è la specie pelagica che costituisce il principale oggetto della pesca sportiva e professionale nel Lago Maggiore, l'agone è la specie

che ha mostrato nel tempo le concentrazioni maggiori di inquinanti ed è anch'essa pelagica, mentre il gardon è una specie litorale.

Conclusioni principali

Gli altri composti organici persistenti monitorati (HCB, HCH, insetticidi organofosforati e carbammati) non sono rilevanti; DDX in diminuzione, PCB relativamente bassi ma costanti (in aumento nei molluschi), presenza di IPA, probabilmente legati alla navigazione, con un aumento nel 2012.

Generale aumento da Nord a Sud dei diversi contaminanti, ma per As e Ni diversa distribuzione probabilmente legata a fonti geologiche. Cu, Hg, Pb, Cd e As sono particolarmente presenti nei sedimenti del Boesio, Bardello e Tresa; Presenza di PBDE nel Boesio, Bardello e nella parte meridionale del Lago.

2012-2015: Razionalizzazione delle serie temporali, con scelta di siti e sostanze in base ai dati del decennio precedente. Introduzione di attività specifiche sul Toce per comprendere le cause della variabilità delle concentrazioni di DDX e definire nuove tecniche di monitoraggio utili in seguito per il monitoraggio della bonifica.

Comparti, stazioni e composti

Zooplankton: analisi stagionali di DDT, PCB in una stazione (Ghiffa), su classi dimensionali.

Sedimenti lacustri: analisi di IPA, PBDE, Hg, As, Cu in sette stazioni, cinque in baia, uno a nord e uno a sud.

Sedimenti dei tributari: differenziazione della lista di composti analizzata in ciascun immissario in base alle presenze individuate negli anni precedenti (fig. 1-6) e alle pressioni.

Bivalvi: analisi di DDT, PCB, IPA, su campioni di bivalvi (*Dreissena polymorpha*) raccolti lungo il perimetro del bacino lacustre in otto stazioni (Brissago, Luino, Laveno, Pallanza, Suna, Baveno, Brebbia, Ranco).

Pesci: analisi di DDT, PCBs, PCB diossina-simili, PBDE e Hg su 3 specie ittiche (agone (due classi di età), coregone (due classi di età), gardon) catturate stagionalmente nel lago.

Fiume Toce: sviluppo e test di campionatori passivi per l'analisi della biodisponibilità di DDT e Hg in acqua libera e interstiziale, test di tossicità cronico e di bioaccumulo sui sedimenti con *Chironomus riparius*, analisi dei contaminanti nei sedimenti fluviali, analisi degli effetti sulle comunità macrobentoniche, bioaccumulo in organismi macrobentonici nativi.

Conclusioni principali

Anomala contaminazione da IPA del Fiume Tresa, evidenziata da concentrazioni molto elevate di questi composti nei sedimenti del Tresa, che ha portato al loro accumulo nei bivalvi, a Luino già nel 2014 e in tutto il lago nel 2015; evidenza che eventi meteorologici di particolare intensità rimettono in movimento i contaminanti nel sedimento fluviale del Toce, veicolandoli al Lago Maggiore e interrompendo in tutti i comparti biologici esaminati (anche se con modalità diverse a seconda del composto) il trend decrescente delle concentrazioni registrato negli ultimi anni; le elevate concentrazioni di PBDE nei tessuti muscolari dei pesci rispetto agli standard di qualità e le concentrazioni elevate di questi ultimi nei sedimenti dei fiumi Boesio e Bardello; lievi effetti

tossici subletali del sedimento del Toce a valle del sito produttivo di Pieve Vergonte; effetti sulle comunità macrobentoniche non rilevabili mediante il calcolo di indici biotici; concentrazione crescente di DDX e mercurio da monte a valle lungo il Toce nei sedimenti e negli organismi nativi, accompagnata da fattori di bioaccumulo rilevanti per il mercurio e per il p,p'-DDD; test positivo dei campionatori passivi, proposti ad ARPA Piemonte come strumenti per il monitoraggio dell'impatto della bonifica.

2016-2018: continuazione delle serie temporali (limitate come nel triennio precedente) e introduzione di analisi esplorative sulle popolazioni ittiche degli immissari, sul metilmercurio nel biota per studiare i meccanismi di bioaccumulo del mercurio e su DBDPE e HBCD.

Comparti, stazioni e composti

Zooplankton: analisi stagionali di DDT, PCB e Hg in una stazione su classi dimensionali.

Sedimenti lacustri: analisi di IPA, PBDE, HBCD, DBDPE, DDT e PCB, As, Cd, Pb, Ni, Cu, Hg e MeHg in nove stazioni, sei in baia, e tre da nord a sud (poi ridotte a sei).

Sedimenti dei tributari: mantenimento della differenziazione della lista di composti analizzata in ciascun immissario in base alle presenze individuate negli anni precedenti e alle pressioni e aggiunta di MeHg, DBDPE e HBCD.

Bivalvi: analisi di DDT, PCB, IPA e Hg su campioni di bivalvi (*Dreissena polymorpha*) raccolti lungo il perimetro del bacino lacustre in otto stazioni (Brissago, Luino, Laveno, Pallanza, Suna, Baveno, Brebbia, Ranco).

Pesci: analisi di DDT, PCBs, PCB diossina-simili, PBDE e Hg su 3 specie ittiche (agone (due classi di età), coregone (una sola classe di età) e gardon) catturate stagionalmente nel lago. Per l'agone analisi di MeHg.

Fiume Toce: analisi di DDT, Hg e MeHg nei sedimenti fluviali e in organismi macrobentonici nativi.

Sospensione dell'attività sui campionatori passivi in vista dell'attivazione di questa misura da parte di ARPA Piemonte.

Conclusioni principali (primi due anni)

in assenza di precipitazioni particolarmente intense, i valori di DDX nei diversi compartimenti sono tornati ai valori medi dell'ultimo decennio, ma la percentuale di p,p'-DDT nei sedimenti, nei molluschi, nello zooplankton e nel benthos del Toce è elevata, suggerendo la presenza di sorgenti tuttora attive di DDT; le concentrazioni di PBDE nei tessuti muscolari dei pesci superano largamente gli standard di qualità ambientale (SQA), e le loro concentrazioni nei sedimenti dei fiumi Boesio e Bardello sono rilevanti; anche le concentrazioni di Hg nei tessuti dei pesci superano lo SQA per il biota; alla foce del Toce i PCB hanno raggiunto nell'aprile 2016 un valore mai osservato in precedenza; si osserva una concentrazione generalmente crescente di DDX e mercurio negli organismi da monte a valle lungo il Toce, accompagnata da fattori di bioaccumulo rilevanti; i due nuovi gruppi di composti analizzati (HBCD e DBDPE), sono stati ritrovati nei sedimenti di alcuni tributari, in particolare del Boesio. Solo HBCD è stato rilevato nei tessuti dei pesci, con valori inferiori allo SQA.

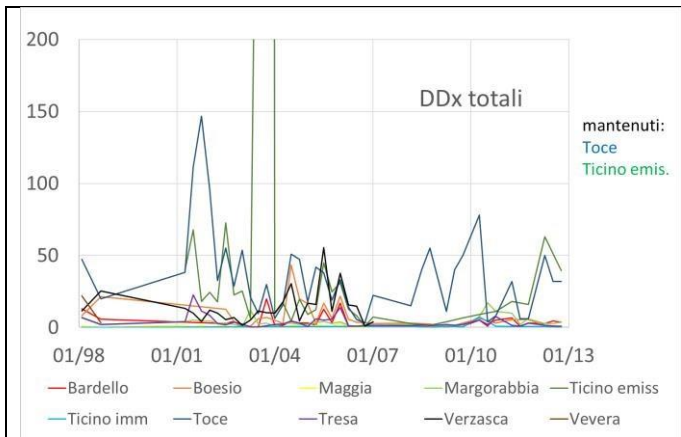


Fig. 1 – Concentrazioni di DDX (ng g^{-1} peso secco) nei sedimenti dei tributari tra il 1998 e il 2012

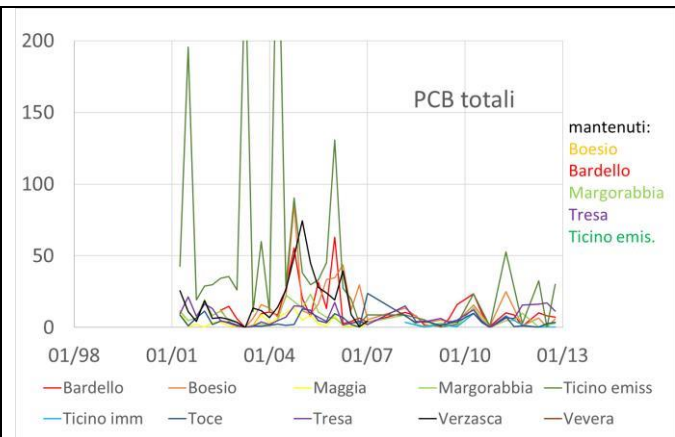


Fig. 2 – Concentrazioni di PCB (ng g^{-1} peso secco) nei sedimenti dei tributari tra il 1998 e il 2012

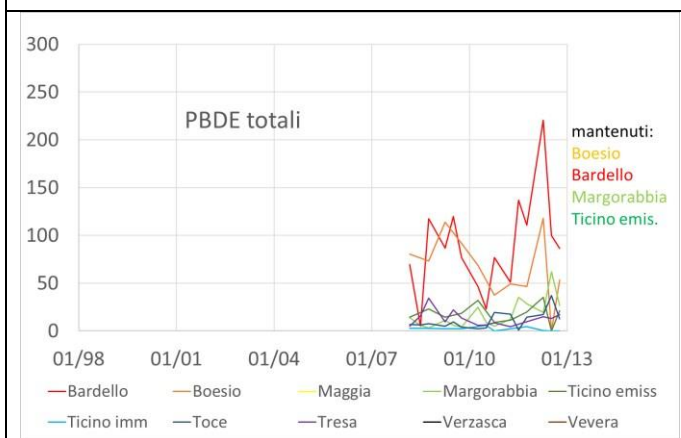


Fig. 3 – Concentrazioni di PBDE (ng g^{-1} peso secco) nei sedimenti dei tributari tra il 1998 e il 2012

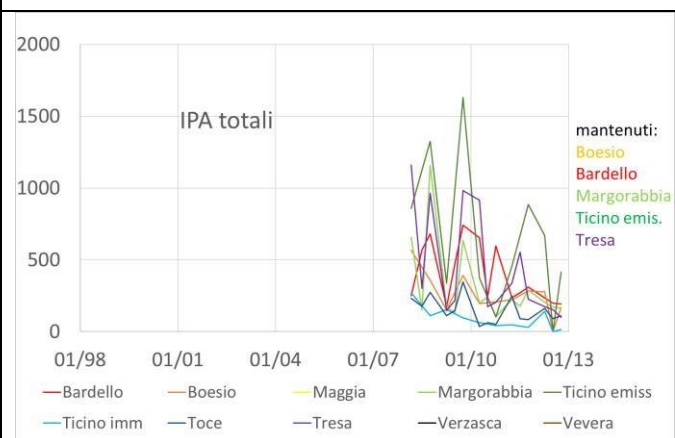


Fig. 4 – Concentrazioni di IPA (ng g^{-1} peso secco) nei sedimenti dei tributari tra il 1998 e il 2012

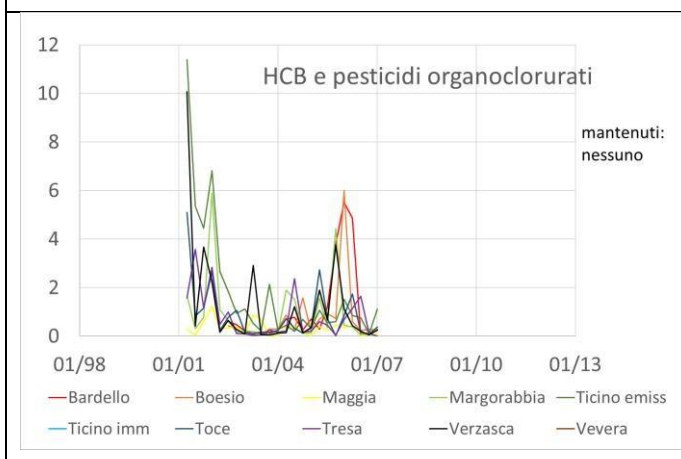


Fig. 5 – Concentrazioni di HCB e altri pesticidi organoclorurati (ng g^{-1} peso secco) nei sedimenti dei tributari tra il 1998 e il 2012

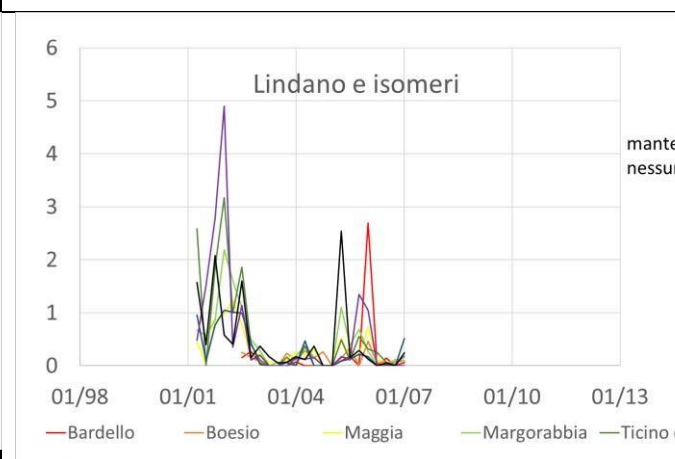


Fig. 6 – Concentrazioni di lindano e isomeri (ng g^{-1} peso secco) nei sedimenti dei tributari tra il 1998 e il 2012

AMBIENTI LITORALI E TEMI EMERGENTI: INDAGINI NEL LAGO MAGGIORE

PREMESSA

Le recenti normative e i relativi piani attuativi elvetici e italiani pongono obiettivi di tutela e recupero delle zone ripariali di fiumi e laghi e delle componenti biologiche ad esse connesse (p.e. macrofite, macroinvertebrati).

In occasione della riunione di Commissione tenutasi a Berna il 27 ottobre 2017, la CIP AIS ha indicato le linee programmatiche per la pianificazione del programma di ricerche per il triennio 2019-2021; in particolare sono stati indicati i seguenti indirizzi di ricerca:

- Proposte per il Lago Maggiore di Progettualità dimostrative di recupero in senso naturalistico di alcuni tratti di riva lacustre attualmente antropizzati e non valorizzati, orientati alla fruizione naturalistico-didattica del pubblico vasto, in area urbanizzata/antropizzata (non interni ad aree protette).
- Riflessione sulla possibilità di svolgere indagini sull'efficacia delle misure di rivitalizzazione (delle rive) sull'ecosistema lacustre. Individuazione di indicatori.
- Miglioramento della conoscenza dell'ecologia delle rive attraverso lo studio delle comunità di macroinvertebrati bentonici, macrofite acquatiche e fauna ittica litorale anche in funzione della presenza di specie aliene invasive e dello sviluppo irregolare delle macrofite.
- Prosecuzione delle indagini sulle specie invasive, che si delineano come tema di studio futuro per tutte le acque, con l'adozione di tecniche innovative per approfondire le cenosi, anche attraverso l'approccio genetico (DNA barcode).

La Sezione 3 della CIP AIS ha sviluppato tali tematiche nelle proposte di indagini di seguito riportate.

16. RICERCA E INNOVAZIONE NEL LAGO MAGGIORE: INDICATORI DI QUALITÀ NEL CONTINUUM ACQUA-RIVE

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Il Lago Maggiore contiene nel suo ecosistema numerosi elementi di contrasto: rive ancora molto naturali e rive risezionate e artificializzate per rispondere ad esigenze quali la fruibilità, la navigazione, e più in generale per produrre beni e servizi utili all'uomo. Riguardo alle sue componenti biologiche, alcune sono molto studiate rispetto ad altre più trascurate perché economicamente meno vantaggiose e impegnative in termini di tempo/lavoro.

La ricerca che si propone si inserisce quindi in un contesto di riqualificazione degli ambienti d'acqua dolce così come richiesto dalla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE – EU, 2000), di rinaturalizzazione delle sponde fortemente voluto dall'Unione Europea (Direttiva Habitat 92/43/CEE) a garanzia del *mantenimento della biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali e semi-naturali, e della flora e della fauna selvatiche sul territorio degli Stati Membri* e in un contesto di innovazione delle ricerche in linea con le richieste della COST Action DNAqua-net, *Developing new genetic tools for bioassessment of aquatic ecosystems in Europe* (COST Action CA15219, <http://dnaqua.net>) alla quale l'Istituto partecipa in rappresentanza dell'Italia.

Questa ricerca non si propone di proseguire e mantenere una serie storica, visto che ad esempio, le ricerche sulla fauna macroinvertebrata si sono interrotte negli anni '80 e quelle sulle diatomee non sono mai state avviate, ma di creare conoscenze nuove o approfondimenti di conoscenze già acquisite proponendo al contempo una piattaforma all'avanguardia sulle ricerche sulla biodiversità. L'attuale approccio alla valutazione della biodiversità si basa su indagini di tassonomia morfologica che presentano svantaggi quali: dispendio di tempo, limitatezza nella risoluzione temporale e spaziale ed errori legati alle diversificate competenze tassonomiche individuali degli operatori che la analizzano (Pawlowski et al., 2018). L'approccio molecolare basato su sequenze di DNA può superare molti di questi problemi e può integrare o addirittura arrivare a sostituire l'approccio tradizionale. Negli ultimi anni la ricerca tassonomica è andata sviluppando nuove metodologie di analisi basate sulle sequenze di DNA (tassonomia molecolare), e tali metodologie hanno permesso un notevole progresso per alcuni gruppi tassonomici, per i quali la tassonomia è ritenuta dubbia e poco chiara (Hebert et al., 2003). A tale proposito, il presente progetto vuole promuovere un approccio integrato con attività in affiancamento su tecniche molecolari e studi morfologici e anatomici su diverse componenti biologiche, molto rappresentate nel Lago Maggiore, così come in altri habitat d'acqua dolce.

Il progetto ha come obiettivo l'ampliamento delle conoscenze della diversità biologica all'interno di aree protette (SIC, parchi, ecc.), aree riqualificate in precedenti programmi CIP AIS e aree di foce dei principali tributari attraverso analisi di tassonomia morfologica e molecolare condotti in parallelo. Questo progetto si prefigge quindi di analizzare la biodiversità della componente bentonica (macrofite, diatomee e macroinvertebrati sia come specie autoctone che come specie alloctone), sino ad oggi poco studiata, e della flora periacuale per rendere più efficienti ed efficaci i piani di tutela e gestione delle aree protette, gli sforzi di conservazione della flora e della fauna di questi ambienti (Bennion et al., 2012; Kelly et al., 2012) e per verificare l'efficacia degli interventi di rinaturalizzazione sino ad ora intrapresi lungo le sponde sulla fauna e sulla flora.

Queste comunità costituiscono una parte importante delle aree di riva, integrata con gli aspetti pelagici del lago, e giocano un ruolo fondamentale nella rete trofica di questo ecosistema, in quanto fungono da anelli di congiunzione tra organismi microscopici e livelli più elevati delle reti trofiche (Descy & Coste, 1991; Rosenberg & Resh, 1993; Amaral Pereira et al., 2012), e, nel caso delle macrofite, costituiscono un *continuum* ecologico che unisce le acque del lago alle sue sponde fornendo zone di rifugio per animali e protezione dall'erosione e dall'ondazione. Le zone di foce sono invece sorgenti di biodiversità (Higler, 2011) sia nativa che alloctona, quindi il loro controllo è importante ai fini del contenimento dell'ingresso di specie indesiderate.

Per gestire e conservare la biodiversità, bisogna sapere cosa sia andato perso, dove e perché, nonché quali rimedi sono i più efficaci, quindi, un approccio tramite metabarcoding può permettere la caratterizzazione complessiva della composizione delle specie presenti in acqua e lungo il litorale tramite l'analisi di campioni di organismi o di DNA ambientale. Il metabarcoding è un metodo rapido di valutazione della biodiversità che combina due tecnologie: la tassonomia molecolare e il sequenziamento del DNA ad alto rendimento. Il metabarcoding permetterebbe di comprendere quali e quante specie di piante e animali siano presenti e quale sia il livello di biodiversità per gli ambienti indagati. Il lavoro proposto pone quindi le basi per una descrizione qualitativa e quantitativa che permetta di comprendere meglio la funzionalità ecologica dell'ambiente in studio e il suo stato di qualità, anche a seguito delle opere intraprese lungo le sue rive per riqualificarle. Si approfitterà il più possibile delle conoscenze acquisite negli anni precedenti nelle aree protette, dove un confronto storico per alcuni gruppi tassonomici è possibile. Il progetto prevede inoltre di aggiornare le conoscenze floristiche del lago (Gariboldi et al., 2018; Guilizzoni et al., 1989) con particolare riguardo alla fascia perilacuale (zona riparia, compresa la linea di riva), focalizzando l'attenzione sulle specie di pregio (protette o presenti nelle liste rosse delle specie a rischio di estinzione), la cui presenza nel lago ne aumenta il valore naturalistico e conservazionistico, e su quelle legate al disturbo o degrado dell'ambiente naturale (specie aliene).

Questo progetto si propone quindi diversi obiettivi:

- 1) promuovere attività integrative di tassonomia molecolare e morfologica (diatomee, macrofite, macroinvertebrati, macrocrostacei, molluschi) per migliorare le conoscenze di base sulla biodiversità lacustre litorale;
- 2) promuovere e mettere a punto un sistema di campionamento standard per il metabarcoding degli ambienti d'acqua dolce;
- 3) creare un database di riferimento di sequenze di DNA da essere usato per future applicazioni di metabarcoding molecolare per il monitoraggio ambientale speditivo;
- 4) utilizzare i risultati delle attività in laboratorio ed in campo per definire standard operativi attualmente non definiti a livello nazionale, ma in discussione in progetti europei quali COST Action CA15219 DNAqua-net.
- 5) valutare l'efficacia degli interventi di rinaturalizzazione intrapresi lungo le sponde del lago sulla fauna e sulla flora sia qualitativamente che quantitativamente.

6) realizzare per le aree analizzate per la flora perilacuale, una carta delle emergenze floristiche e una carta della presenza delle specie aliene, soprattutto delle invasive, utili per gli enti gestori di aree naturali o per gli amministratori territoriali preposti alla tutela e conservazione dell'ambiente naturale del lago.

Tutto ciò in linea con le richieste della Direttiva Quadro sulle Acque, in modo che in futuro le Agenzie possano decidere se optare per il monitoraggio tradizionale o scegliere un monitoraggio genetico che al termine del progetto potrebbe rivelarsi vantaggioso in termini economici e di impegno del personale.

Impegno di campionamento (frequenza e mezzi)

Il monitoraggio di macroinvertebrati, diatomee e macrofite seguirà le linee guida prodotte a livello nazionale per l'implementazione della Direttiva Quadro sulle Acque. In particolare, i campionamenti per l'implementazione della DQA:

- Per i macroinvertebrati prevedono campionamenti biennali su substrati soffici tramite draga e lungo transetti nei due periodi che caratterizzano gli habitat lacustri: il turn-over e la stratificazione (Boggero et al., 2013);
- Per le diatomee prevedono campionamenti su substrati duri naturali mobili (ciottoli, massi) tramite uno spazzolino o una lama nei periodi con alta intensità luminosa e temperatura mite (estate) (Buzzi et al., 2014);
- Per le macrofite prevedono campionamenti tramite rastrello e lungo transetti nel periodo di sviluppo delle macrofite (Buraschi et al., 2008).

Il campionamento di elementi biologici non inseriti nel monitoraggio da Direttiva prevedono invece l'uso di nasse nel caso di macrocrostacei (Larson & Olden, 2016) e di intelaiature quadrate nel caso di molluschi (Strayer & Smith, 2003) e verranno effettuati nei periodi di maggior attività (macrocrostacei) e/o nei periodi dell'anno nei quali è più facile trovare i giovani dell'anno (molluschi) delle specie da analizzare. In questi due ultimi casi, il campionamento è distribuito nei mesi che intercorrono tra la primavera e l'autunno.

Infine, il censimento della flora perilacuale, verrà svolto con uscite stagionali (2-3 uscite per sito), una in primavera e una in estate e/o autunno (Pignatti, 1994). Lo studio interesserà innanzitutto le aree protette e quelle dove in passato erano state individuate specie di pregio, e in secondo luogo le aree più o meno antropizzate (spiagge, etc).

Per il territorio svizzero si utilizzeranno le stesse metodiche (campionamento e analisi dei campioni) adottate in Italia per permettere una valutazione dello stato di qualità e dell'efficacia degli interventi sulle rive del lago, nella sua interezza secondo un'unica modalità. Per i sopralluoghi relativi ai macroinvertebrati e alle macrofite sarà necessario usare l'imbarcazione in uso presso il CNR-ISE per il territorio italiano e l'imbarcazione in uso presso la Fondazione Bolle di Magadino per il territorio svizzero, le altre tipologie di campionamento non prevedono l'uso di imbarcazione.

I campioni raccolti verranno smistati (solo nel caso dei macroinvertebrati) e analizzati per l'identificazione morfologica e per la stima della densità di popolazione. La compilazione del set di dati molecolari per le specie di macroinvertebrati (comprensivi di macrocrostacei e molluschi), diatomee e macrofite del lago segue metodologie standard che prevedono: i) estrazione del DNA di ogni individuo o colonia riconosciuto come specie a livello morfologico, ii) sequenziamento di marcatori di DNA, 18S per tutti i gruppi, in aggiunta a COI per gli animali (Tang et al., 2012) e rbcL per le diatomee (Vasselon et al., 2017).

I controlli sull'efficienza e la standardizzazione del metabarcoding mediante sequenziamento massivo di campioni selezionati della componente bentonica raccolta nel lago, saranno effettuati focalizzandosi sugli aspetti di bioinformatica, confrontandone i risultati con quelli ottenuti dal monitoraggio su base morfologica.

BIBLIOGRAFIA

- Amaral Pereira S., Rossano Trindade C., Faria Albertoni E. & C. Palma-Silva. 2012. Aquatic macrophytes as indicators of water quality in subtropical shallow lakes, Southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24: 52-63.
- Bennion H., Burgess A., Juggins S., Kelly M., Reddihough G. & M. Yallop. 2012. Assessment of ecological status in UK lakes using diatoms. Science Report SC070034/TR3, Environment Agency, Bristol.
- Boggero A., Zaupa S., Rossaro B., Lencioni V., Marziali L., Buzzi F., Fiorenza A., Cason M., Giacomazzi F. & S. Pozzi. 2013. Protocollo di campionamento dei macroinvertebrati negli ambienti lacustri. Rapporto tecnico: 17 pp.
- Buraschi E., Buzzi F., Garibaldi L., Legnani E., Morabito G., Oggioni A., Pozzi S., Salmaso N. & G. Tartari. 2008. Protocollo di campionamento di macrofite acquatiche in ambiente lacustre. Rapporto tecnico: 15 pp.
- Buzzi F., L. Mancini, Vendetti C., Puccinelli C., Marcheggiani S. & A. Marchetto. 2014. Protocollo di campionamento ed analisi delle diatomee bentoniche dei laghi e degli invasi. Rapporto tecnico: 19 pp.
- Pignatti S. 1994. *Ecologia del paesaggio*. Utet, Torino.
- Descy J. P. & M. Coste. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 24: 2112-2116.
- EU. 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities.
- Gariboldi L., Beghi A., Pandolfi F., Roella V. & P. Genoni. 2018. SPecie Alloctone invasive nel bacino del Lago Maggiore (SPAM) – programma triennale 2016-2018 – attività 2017.

- Guilizzoni P., Galanti G. & H. Muntau. 1989. The aquatic macrophytes of Lake Maggiore species composition, spatial distribution and heavy metal concentrations in tissue. *Memorie dell'Istituto italiano di Idrobiologia* 46: 235-260.
- Hebert P. D. N., Cywinska A., Ball S. L. & J. R. de Waard. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceeding of the Royal Society London, Series B* 270: 313-321.
- Higler L. W. G. 2011. Biology and biodiversity of river systems. In: Dooge J. C. I. (ed.), *Fresh surface water*. Vol. II. EOLLS, UNESCO: 222-231.
- Kelly M. G., Gómez-Rodríguez C., Kahlert M., Almeida S. F. P., Bennett C., Bottin M., Delmas F., Descy J.-P., Dörflinger G., Kennedy B., Marvan P., Opatrilova L., Pardo I., Pfister P., Rosebery J., Schneider S. & S. Vilbaste. 2012. Establishing expectations for pan-European diatom based ecological status assessments. *Ecological Indicators* 20: 177-186.
- Larson E. R. & J. D. Olden. 2016. Field sampling techniques for crayfish. In: Longshaw M. & P. Stebbing (eds), *Biology and Ecology of Crayfish*. CRC Press: 287-324.
- Pawlowski J., Kelly-Quinn M., Altermatt F., Apothéoz-Perret-Gentil L., Beja P., Boggero A., Borja A., Bouchez A., Cordier T., Domaizon I., Joao Feio M., Filipe A.F., Fornaroli R., Graf W., Herder J., van der Hoorn B., Iwan Jones J., Sagova-Mareckova M., Moritz C., Barquín J., Piggott J. J., Pinna M., Rimet F., Rinkevich B., Sousa-Santos C., Specchia V., Trobajo R., Vasselon V., Vitecek S., Zimmerman J., Weigand A., Leese F. & M. Kahlert. 2018. The future of biotic indices in the ecogenomic era: Integrating (e)DNA metabarcoding in biological assessment of aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 637-638: 1295-1310.
- Rosenberg D. M. & V. H. Resh. 1993. Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. & V.H. Resh (eds.), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman/Hall, New York, 1-9.
- Strayer D. L. & D. R. Smith. 2003. A guide to sampling freshwater mussel populations. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. Monograph 8: 103 pp.
- Tang C. Q., Leasi F., Obertegger U., Kieneke A., Barraclough T. G. & D. Fontaneto. 2012. The widely used small subunit 18S rDNA molecule greatly underestimates true diversity in biodiversity surveys of the meiofauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 109: 16208-16212.
- Vasselon V., Rimet F., Tapolczai K. & A. Bouchez. 2017. Assessing ecological status with diatoms DNA metabarcoding: scaling-up on a WFD monitoring network (Mayotte island, France). *Ecological Indicators* 82: 1-12.

17. SPECIE ALIENE: IMPATTI E SFRUTTAMENTO COME BIONDICATORI PER IL MONITORAGGIO DI PARASSITOSI E MICROPLASTICHE

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

La serie dei dati disponibili per le specie invasive di molluschi, monitorati senza finanziamento a partire dal 2010 (anno del primo rinvenimento di *Corbicula* e *Sinanodonta*) ha consentito di mettere in luce e assegnare una priorità alle criticità relative agli impatti sulla biodiversità, sulle reti trofiche pelagiche e bentoniche, e sulla fruibilità delle aree rivierasche. Tra queste, si è ritenuto di affrontare in prima istanza il problema emergente delle parassitosi, di crescente gravità sia a causa dell'ingresso delle specie invasive che dell'aumento dello stress climatico.

Oltre a comprendere molte specie aliene di maggiore impatto, delle quali tre già presenti nel Lago Maggiore (*Dreissena polymorpha*, *Corbicula fluminea* e *Sinanodonta woodiana*) i molluschi bivalvi sono anche i migliori indicatori per rilevamento, identificazione e mappatura della distribuzione di inquinanti chimici, fisici e biologici. Ampiamente usati per questi scopi a livello globale, la loro efficienza è stata dimostrata anche per l'attuale problema delle microplastiche (es. Browne et al. 2008; Von Moos et al., 2012; De Witte et al., 2014; Avio et al., 2015; Li et al., 2015, 2016; Kolandhasamy et al. 2018).

Benchè non ancora concluso, il progetto per l'identificazione dell'indicatore migliore per le microplastiche (www.cleaneasea-project.eu), cita il Mussel Watch quale esempio di biondicatore di valenza elevata e ribadisce le caratteristiche utili per la scelta dell'indicatore stesso.

- I. deve appartenere al livello più basso della piramide trofica (filtratore o pascolatore) perchè rappresenta l'ingresso degli inquinanti verso tutti i livelli della rete trofica.
- II. deve essere sessile, in modo da riflettere l'esposizione nel luogo in cui è stato raccolto (o appositamente esposto, nel caso di biomonitoraggio attivo);
- III. deve possedere capacità di bioconcentrazione elevate per facilitare l'individuazione dei contaminanti presenti in tracce;
- IV. deve essere incapace di biotrasformare ed eliminare molte sostanze tossiche per: a) facilitarne il rilevamento; b) fornire un dato di concentrazione proporzionale alla concentrazione nell'ambiente; c) fornire informazioni relative allo scenario peggiore, rappresentato da organismi privi di sistemi di detossificazione;
- V. deve essere poco sensibile all'inquinante, in modo che possa sopravvivere all'esposizione e ad altre condizioni avverse senza morire prima che i contaminanti accumulati possano essere misurati;
- VI. deve essere tollerante al mantenimento in gabbie per l'allestimento di un sistema di biomonitoraggio attivo (Mussel Watch; Mosselmonitor);
- VII. infine, deve appartenere agli invertebrati, che richiedono personale meno addestrato per la raccolta e la manipolazione rispetto ai vertebrati (abbattimento del costo effettivo).

Oltre ai punti sopra menzionati, quando si selezionano le specie da usare come indicatori è bene considerare alcuni aspetti aggiuntivi quali:

- i) Il campionamento può essere effettuato in modo economicamente vantaggioso mediante sinergie con programmi esistenti: ad es., il campione di *Dreissena* (raccolto per l'analisi di contaminanti nella Sezione 2) e il campione di bivalvi e gasteropodi (raccolti per analisi

molecolare e parassitosi nella Sezione 3) possono essere utilizzati anche per l'analisi della concentrazione e distribuzione di microplastiche nelle aree litorali.

- ii) le specie utilizzate forniscono indici direttamente collegabili all'impatto e agli effetti sull'intera comunità (es. mappa di distribuzione, concentrazione in ambiente). Per questo è utile la scelta di: a) "specie ombrello" (che per la loro reattività possono essere utilizzate per identificare gli impatti sulle altre specie) e b) specie per le quali è facile misurare la rata di assunzione dell'alimento e/o dell'inquinante (es. ingestione, assorbimento) per risalire alla concentrazione nell'ambiente, es i bivalvi filtratori;
- iii) la stessa specie può essere utilizzata per valutare l'evoluzione temporale e la distribuzione spaziale dell'inquinante, nonché l'efficacia delle azioni di mitigazione, ad esempio permettendo di confrontare mappe di distribuzione dell'inquinante nel tempo e nello spazio.

Rispetto a quanto elencato, i bivalvi posseggono tutte le caratteristiche necessarie per essere qualificati come i bioindicatori più efficienti, utilizzati sia come bio-sentinelle per i sistemi di allarme precoce (Early Warning) che come bioaccumulatori sul breve e lungo termine (ad es: Browne et al. 2008; Wegner et al. 2012; Von Moos et al., 2012; Wright et al. 2013; De Witte et al., 2014; Van Cauwenberghe e Janssen, 2014; Van Cauwenberghe et al., 2015; Canesi et al. 2015; Paul-Pont et al., 2016; Setälä et al., 2016; Kolandhasamy et al. 2018).

L'uso dei molluschi bivalvi come bioindicatori appare, inoltre, appropriato per gli scopi della Sezione 3, poiché sono organismi chiave che rappresentano la comunità dell'area costiera litorale e/o sub-litorale.

In conclusione, per ottenere massima efficienza, ottimizzazione delle risorse disponibili, e dati certi di presenza/concentrazione di inquinante, si propone di sfruttare come bioindicatori i bivalvi delle specie native ed aliene che verranno raccolti nell'ambito del progetto "Specie aliene". I bivalvi raccolti lungo il perimetro lacuale verranno analizzati sia per la verifica delle parassitosi che per l'analisi biomolecolare che per fornire un dato indicativo della presenza e distribuzione di microplastiche lungo il perimetro lacuale.

Per consentire di affrontare due problemi emergenti di pari interesse ed urgenza, mediante l'uso dello stesso bioindicatore, senza eccedere il budget disponibile si propone quindi:

- di potenziare la raccolta dei bivalvi lungo il perimetro lacuale aumentando il numero di stazioni e di campioni, ma effettuando i campionamenti una sola volta in ogni area;
- di utilizzare il medesimo campione sia per la verifica delle parassitosi che per la ricerca delle microplastiche ingerite e/o adese (Kolandhasamy et al. 2018);
- di utilizzare i campioni congelati storici disponibili presso il CNR ISE per la valutazione dell'evoluzione storica delle parassitosi e delle microplastiche in ambiente lacustre;
- di effettuare approfondimenti analitici o ripetizioni del campionamento solo qualora i risultati del primo screening lo rendessero necessario.

BIBLIOGRAFIA

- Avio, C.G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., D'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L., Regoli, F., 2015. Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environ. Pollut.* 198, 211–222.
- Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M., Thompson, R.C., 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environ. Sci. Technol.* 42, 5026–5031.
- Canesi, L., Ciacci, C., Bergami, E., Monopoli, M.P., Dawson, K.A., Papa, S., Canonico, B., Corsi, I., 2015. Evidence for immunomodulation and apoptotic processes induced by cationic polystyrene nanoparticles in the hemocytes of the marine bivalve *Mytilus*. *Mar. Environ. Res.* 111, 34–40.
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., Shi, H., 2015. Microplastics in commercial bivalves from China. *Environ. Pollut.* 207, 190–195.
- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., Shi, H., 2016. Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environ. Pollut.* 214, 177–184.
- Mathalon, A., Hill, P., 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Mar. Pollut. Bull.* 81, 69–79.
- Paul-Pont, I., Lacroix, C., Fernández, C.G., Hégaret, H., Lambert, C., Le Goïc, N., Frère, L., Cassone, A.L., Sussarellu, R., Fabioux, C., Guyomarch, J., 2016. Exposure of marine mussels *Mytilus* spp. to polystyrene microplastics: toxicity and influence on fluoranthene bioaccumulation. *Environ. Pollut.* 216, 724–737.
- Setälä, O., Norkko, J., Lehtiniemi, M., 2016. Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Mar. Pollut. Bull.* 102, 95–101.
- Su, L., Xue, Y., Li, L., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., Shi, H., 2016. Microplastics in Taihu Lake, China. *Environ. Pollut.* 216, 711–719.
- Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., 2014. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environ. Pollut.* 193, 65–70.
- Van Cauwenberghe, L., Claessens, M., Vandegehuchte, M.B., Janssen, C.R., 2015. Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. *Environ. Pollut.* 199, 10–17.
- Von Moos, N., Burkhard, H.P., Kohler, A., 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environ. Sci. Technol.* 46, 11327–11335.
- Wegner, A., Besseling, E., Foekema, E.M., Kamermans, P., Koelmans, A.A., 2012. Effects of nanopolystyrene on the feeding behavior of the blue mussel (*Mytilus edulis* L.). *Environ. Toxicol. Chem.* 31, 2490–2497.
- Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S., 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* 178, 483–492.
- Kolandhasamy P, Lei Su L, Li J, Qu X, Jabeen K, Shi H, 2018. Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: A novel way to uptake microplastics beyond ingestion. *Science of the Total Environment* 610–611: 635–640

**PROGRAMMA ESECUTIVO DELLE
RICERCHE
DELLA COMMISSIONE INTERNAZIONALE
PER LA PROTEZIONE
DELLE ACQUE ITALO-SVIZZERE NEL**

**TRIENNIO
2019-2021**



LAGO DI LUGANO

INTRODUZIONE AL PROGRAMMA DI RICERCA PER IL LAGO DI LUGANO

Al pari del triennio 2016-2018 il programma esecutivo per il triennio 2019-2021 è stato articolato in tre distinti settori d'indagine:

- limnologia
- sostanze pericolose
- ambienti litorali e temi emergenti

Se per la limnologia le indagini proseguono più o meno inalterate da 35 anni, le altre due articolazioni hanno preso avvio nel Ceresio nel contesto CIP AIS solamente nel 2008. Queste nuove indagini si ponevano l'obiettivo di indagare in maniera regolare comparti ambientali poco studiati e/o in cui si presume, in base a studi recenti effettuati su altri corpi idrici a livello internazionale, la presenza di criticità latenti o emergenti. Con il triennio 2019-2021 la sezione precedentemente denominata "Ecomorfologia" assume la denominazione "Ambienti litorali e temi emergenti"; il riorientamento si rende necessario da un lato in quanto le indagini ecomorfologiche pregresse hanno fornito un quadro sufficientemente chiaro e dettagliato dello stato delle rive, proponendo delle misure la cui attuazione e i cui effetti presentano tempistiche sull'arco di più decenni. Dall'altro lato la nuova denominazione consentirà di indagare più celermente nuove criticità ambientali, nello spirito della missione CIP AIS.

Il programma delle indagini previste nel triennio 2019-2021 sul Ceresio risulta sempre incentrato sulla limnologia, in quanto a tutt'oggi l'eutrofizzazione è il maggiore problema che affligge questo lago, con importanti conseguenze a livello ambientale ed in termini d'uso.

Di seguito viene presentato il programma esecutivo proposto dalla delegazione Svizzera per il Ceresio.

INDAGINI LIMNOLOGICHE SUL LAGO DI LUGANO

Rispetto al triennio 2016-2018 nel presente programma sono state inserite le voci Modellizzazione e Resistenza batterica. La modellizzazione consentirà di aggiornare e verificare il rapporto tra carichi e concentrazioni di fosforo nel lago, mentre lo studio sulla resistenza batterica consentirà di allestire una prima immagine complessiva di medio-periodo della diffusione dell'antibiotico-resistenza nell'ecosistema del lago. Quest'ultima attività verrà svolta nel corso del primo anno (2019) ancora sotto l'egida della sezione sostanze pericolose per poi passare definitivamente alla sezione limnologia, sancendo di fatto il consolidamento di questo recente filone d'indagine, similmente a quanto viene svolto da tempo sul Verbano.

1. INDAGINI LIMNOLOGICHE

Premessa

Per quanto concerne lo stato limnologico del Ceresio l'obiettivo strategico è il raggiungimento di condizioni mesotrofiche delle acque lacustri, in ottemperanza a quanto previsto dall'Ordinanza federale sulla protezione delle acque (OPAc, all. 2, cfr. 13) e in linea con quanto previsto dal piano d'azione 2019-2027 e dal relativo pannello di controllo. La mesotrofia corrisponde ad uno stato qualitativo accettabile per un bacino inserito in un contesto territoriale fortemente antropizzato e rappresenta un ragionevole compromesso tra qualità ecologica ed esigenze d'uso (approvvigionamento in acqua potabile, attrattività turistica, uso termico e irriguo, pesca,...). Il conseguimento di un tale livello trofico permetterà di eliminare gli effetti negativi legati all'eutrofizzazione delle acque, quali l'eccessiva produzione algale, l'anossia delle acque profonde, la formazione di sostanze ridotte indesiderate (azoto ammoniacale, metano, anidride solforosa), impoverimento della biodiversità, ecc. L'obiettivo della mesotrofia, definibile numericamente con una concentrazione media di fosforo totale attorno a 30 mg P m^{-3} è stato raggiunto e mantenuto per quanto concerne lo strato 0-100 m del bacino nord (Fig. 1), mentre potrebbe essere raggiunto nel corso del prossimo lustro nel bacino sud. Una riduzione delle concentrazioni al di sotto di questo limite non appare al momento auspicabile, sia a motivo dei costi richiesti (in primis per l'uso di flocculanti presso gli impianti di depurazione), sia per le eventuali conseguenze negative sulla produzione ittica, a meno che il conseguimento dell'obiettivo di qualità non si traduca in un tangibile miglioramento a livello ecosistemico e si rendano quindi necessari ulteriori passi.

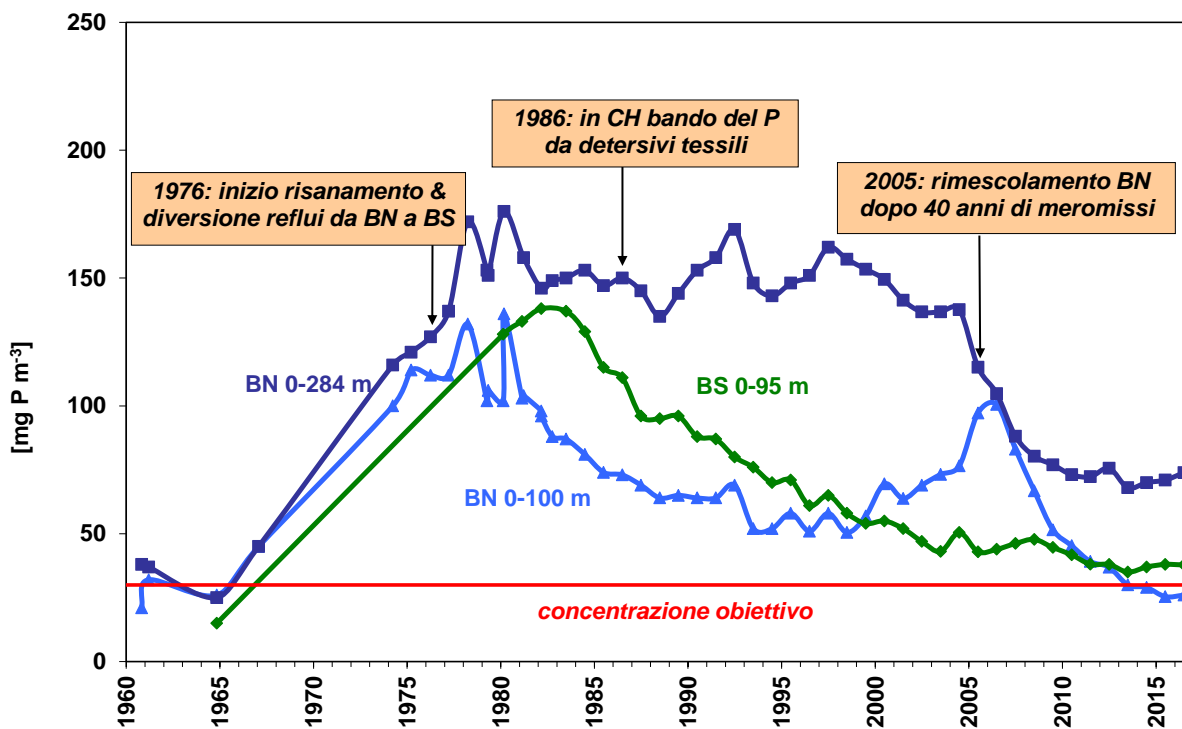


Fig. 1: Andamento delle concentrazioni di fosforo totale nel Ceresio (periodo 1960-2016)

Dopo gli eccezionali episodi di rimescolamento del bacino nord (2005 e 2006), il Ceresio, ha accelerato la sua evoluzione verso il conseguimento degli obiettivi di qualità fissati dalla CIP AIS, in particolare per quanto riguarda i valori di fosforo totale.

Nel bacino nord, malgrado un carico esterno (15.9 t P a^{-1} ; periodo 2013-2017) inferiore a quello critico (18 t P a^{-1}), nel biennio 2016-2017 si è registrata una concentrazione media sulla colonna più che doppia rispetto all'obiettivo (75 invece di 30 mg P m^{-3}). Il lungo tempo di risposta delle concentrazioni nel lago al mutare dei carichi è dovuto al fatto che il bacino nord non ha ancora raggiunto uno stato stazionario, ma è in costante evoluzione. Inoltre, dopo i rimescolamenti si è ripristinata una situazione di meromissi, con un progressivo accumulo di fosforo negli strati profondi.

Nel bacino sud i carichi medi di fosforo si sono viepiù ridotti (26.4 t P a^{-1}), ma superano ancora di circa il 20% il carico critico auspicato (22 t P a^{-1}). La concentrazione media annua rilevata sulla colonna si è stabilizzata da un lustro attorno a 37 mg P m^{-3} .

Nonostante la positiva evoluzione del fosforo, il Ceresio non ha ancora raggiunto gli obiettivi di risanamento previsti: lo confermano sia il ripristino della meromissi nel bacino nord (con un'ossiclini stabile intorno ai 100 m di profondità e la presenza di sostanze ridotte indesiderate nello strato sottostante), sia le condizioni d'anossia ipolimnica stagionale nel bacino sud. Anche la produzione primaria si mantiene eccessivamente elevata ($300\text{-}350 \text{ g C}_{\text{ass}} \text{ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) rispetto all'obiettivo di mesotrofia ($150 \text{ g C}_{\text{ass}} \text{ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), e l'attuale livello trofico favorisce fioriture algali. La risposta dell'ecosistema alle condizioni trofiche vigenti è fortemente influenzata dal clima; infatti inverni miti, come ad esempio quelli 2013-2014 e 2015-2016, riducono la circolazione naturale del lago aggravando gli effetti negativi dell'eutrofizzazione, in particolare l'anossia di fondo.

Si può quindi affermare che malgrado i miglioramenti qualitativi riscontrati ancora recentemente, lo stato limnologico del Ceresio rimane insoddisfacente, e che la sua evoluzione deve continuare ad essere seguita accuratamente nel corso dei prossimi anni. Per questo motivo si raccomanda il mantenimento dell'attuale programma di monitoraggio, fintanto che nei singoli

bacini i parametri limnologici chiave (nutrienti, stato d'ossigenazione, biocenosi planctonica, produzione primaria) risulteranno conformi ai criteri di risanamento previsti. Tale mantenimento consentirà anche di verificare gli effetti delle misure di risanamento intraprese negli ultimi decenni.

Proposte d'indagine

Le proposte d'indagine si orientano quindi lungo tre assi principali d'indagine:

- Abbattimento del carico esterno;
- Monitoraggio dell'evoluzione trofica;
- Monitoraggio dell'evoluzione del carico interno.

Come indicato in precedenza due strumenti cardine nella strategia di risanamento trofico del Ceresio sono stati la definizione della concentrazione di fosforo obiettivo e dei rispettivi carichi critici, ovvero i carichi esterni massimi (di fosforo) che permetterebbero al lago di raggiungere la concentrazione obiettivo. A oltre 25 anni dalle prime stime dei carichi critici (Barbieri & Mosello, 1992), pare opportuno riesaminare mediante modellizzazione matematica il rapporto tra carichi e concentrazioni di fosforo nel lago, per tener conto di sviluppi metodologici (modelli nutrienti), della migliorata conoscenza dell'ecosistema lacustre e delle mutate condizioni ambientali (riscaldamento climatico, sviluppo di carichi interni). Verranno applicati nuovi modelli dinamici e "steady-state" per esaminare le serie storiche delle concentrazioni di fosforo nel lago (1983-presente) e proiettare scenari futuri. Le proiezioni, che considereranno con particolare attenzione le possibili influenze del clima, serviranno a rivalutare i carichi critici per ottenere la concentrazione obiettivo e altre concentrazioni di riferimento usate nei principali sistemi di classificazione dello stato trofico dei laghi. La modellizzazione prevede un'analisi di sensibilità per valutare la robustezza delle stime rispetto ai parametri dei modelli.

Inoltre, verranno sviluppati altri modelli empirici, basati sulle serie storiche della CIP AIS, per mettere in relazione la concentrazione di fosforo nel lago con il clima e i principali indici di stato trofico (produzione primaria, trasparenza, ossigenazione delle acque profonde). Questi modelli permetteranno di effettuare valutazioni ad ampio raggio sul possibile effetto del raggiungimento delle concentrazioni obiettivo e dei previsti cambiamenti climatici sullo stato trofico del lago.

Il monitoraggio dei 9 principali corsi d'acqua del Ceresio avviene attualmente sia tramite prelievi annuali istantanei mensili, sia tramite prelievi cumulati settimanali, raccolti grazie a campionatori automatici sui fiumi Vedeggio, Cassarate e Laveggio. Il monitoraggio attualmente in corso consente di soddisfare una serie di esigenze istituzionali:

- Valutare il rispetto delle esigenze qualitative dell'Ordinanza federale sulla protezione delle acque (OPAc, 1998) nei corsi d'acqua;
- Stimare il carico di nutrienti convogliato a lago e confrontarlo con i carichi critici CIP AIS;
- Evidenziare deficit qualitativi imputabili all'immissione degli scarichi provenienti dagli impianti di depurazione delle acque (IDA) o dai manufatti speciali inseriti sulla rete delle canalizzazioni.

Per quanto concerne il comparto lacustre viene riproposto nella sua forma integrale il programma del triennio 2016-2018, con il campionamento mensile delle tre stazioni di riferimento a Gandria, Melide e Figino. Una volta raggiunti gli obiettivi di qualità prefissati è ipotizzabile la rinuncia ad una stazione lacustre liberando risorse per poter indagare comparti

scarsamente considerati o per i quali è necessario un aggiornamento sul loro stato qualitativo, si pensi in particolare ai golfi minori, sempre più spesso utilizzati per captazioni a fini idropotabili.

2. INDAGINI SULLA PRESENZA DI DETERMINANTI GENICI DI RESISTENZA AGLI ANTIBIOTICI NEI BATTERI

Premessa

Il problema dell'antibiotico-resistenza dei batteri patogeni, che in ambiente ospedaliero sono causa di decine di migliaia di decessi l'anno con ingenti costi per i sistemi sanitari, è mondiale e se nulla verrà intrapreso c'è il rischio che le infezioni batteriche divengano una delle cause principali di morte, come succedeva prima della scoperta degli antibiotici.

L'insorgenza dell'antibiotico-resistenza nei batteri ha diverse cause tra cui l'uso (eccessivo) di antibiotici negli allevamenti e in clinica umana. D'altra parte, non bisogna dimenticare che una grande percentuale degli antibiotici utilizzati (20-80%, a seconda della classe di antibiotici) vengono rilasciati nell'ambiente in forma attiva tramite l'escrezione nelle urine e nelle feci. La raccolta e il trattamento delle acque fognarie negli impianti di depurazione svolgono un ruolo essenziale nella protezione della salute umana e ambientale ma questi sistemi sono stati progettati per rimuovere inquinanti convenzionali, inclusi solidi sospesi, nutrienti (azoto e talvolta fosforo), materia organica e, in una certa misura, agenti patogeni, mentre non sono stati previsti per la rimozione di antibiotici o di batteri resistenti e geni di resistenza. Residui di antibiotici e batteri resistenti provenienti da fonti diverse (popolazione allacciata, industrie e ospedali) entrano così nelle acque reflue municipali insieme ad altri fattori di co-selezione, come metalli e tensioattivi. Gli impianti di depurazione delle acque trattengono buona parte di questi inquinanti ma antibiotici, batteri resistenti e geni di resistenza possono comunque essere ritrovati nelle acque all'uscita degli impianti che rimangono degli "hot spots" per lo sviluppo e la successiva diffusione di antibiotico-resistenza. In Svizzera, queste strutture stanno implementando nuove tecnologie per riuscire ad eliminare i numerosi microinquinanti. Al momento attuale comunque, residui di antibiotici, batteri resistenti e geni di resistenza possono diffondere nell'ambiente acquatico attraverso i reflui urbani depurati o no (sorgenti puntiformi) e le attività agricolo/industriali (sorgenti diffuse).

L'incremento a livello globale dell'antibiotico-resistenza può essere controllato unicamente attraverso un'azione coordinata che consideri sia l'educazione ad un utilizzo corretto degli antibiotici e lo sviluppo di nuove sostanze attive che la conoscenza della diffusione dell'antibiotico-resistenza nell'ambiente e delle strategie attuabili per la sua riduzione. Il monitoraggio ambientale ha quindi un ruolo fondamentale nella valutazione della diffusione dell'antibiotico-resistenza, come preconizzato anche in Svizzera dalla Strategia nazionale contro le resistenze agli antibiotici (STAR), in una visione "One Health" di questa preoccupante problematica. L'obiettivo del monitoraggio ambientale dell'antibiotico-resistenza è di valutare l'impatto sulle comunità batteriche dei determinanti di antibiotico resistenza (antibiotici, geni di resistenza, batteri resistenti) rilasciati attraverso le attività antropiche e accumulati e/o selezionati nelle acque di superficie in seguito all'azione di fattori ecologici, chimici e climatici che potrebbero promuovere lo sviluppo di batteri antibiotico-resistenti nelle comunità residenti. Inoltre, i risultati dei potranno aiutare lo sviluppo di metodologie di valutazione del rischio della contaminazione ambientale da determinanti di resistenza per la salute umana e animale.

Obiettivi della ricerca

Nel 2016, il Laboratorio Microbiologia Applicata ha condotto, nell'ambito dei programmi di ricerca della CIPAI, le indagini sulla presenza di determinanti genici di resistenza agli antibiotici nei batteri delle acque del Lago di Lugano e di alcuni suoi immissari. Tale indagine, con alcune modifiche attuate a meglio perseguire gli scopi prefissi, è proseguita a partire dal 2017. Nel 2019

il monitoraggio sarà inoltre continuato nell'ambito delle ricerche sostenute dalla sezione "Sostanze pericolose" della CIP AIS.

Dalla campagna CIP AIS del 2016 era emerso che i geni di resistenza agli antibiotici comunemente utilizzati in clinica e veterinaria sono presenti nei batteri del Lago di Lugano e specialmente dei fiumi immissari influenzati dagli IDA. Il proseguimento del monitoraggio nel 2017 ha permesso di iniziare ad individuare alcune tendenze, quali la reazione positiva delle acque del Cassarate alla messa fuori servizio dell'IDA che gravava su questo fiume, evidenziata dal miglioramento della qualità delle sue acque per quanto concerne l'antibiotico-resistenza. D'altro canto, è stato possibile mostrare un peggioramento per i geni che conferiscono resistenza ai beta-lattamici, in particolare nel Vedeggio. Il confronto con i dati riferiti al Lago Maggiore, inoltre, ha mostrato alcune differenze tra i due laghi, che necessitano di approfondimenti scientifici.

L'obiettivo principale dello studio proposto è di valutare ulteriormente la presenza, la distribuzione e la tipologia dei geni di resistenza agli antibiotici nelle popolazioni batteriche delle acque del Ceresio e di quelle di alcuni suoi tributari. Il proseguimento delle ricerche e del monitoraggio permetterà, tenendo in considerazione i risultati ottenuti negli anni precedenti, di allestire una prima immagine complessiva di medio-periodo della diffusione dell'antibiotico-resistenza nell'ecosistema del lago, fornendo dati che potranno risultare utili in diversi ambiti di applicazione (es. impatto delle strategie messe in atto per la riduzione dei microinquinanti, conoscenze di base nell'ottica di captazioni di acqua potabile). Vista l'importanza del proseguimento continuato del monitoraggio di determinanti genici di resistenza nell'ambiente acquatico, di seguito viene proposto un programma di analisi per il periodo 2020- 2021 che tiene in considerazione i risultati ottenuti negli anni precedenti.

Proposte d'indagine

1 Punti di campionamento e frequenza

Campagna 2020

Fiumi: Vedeggio, Magliasina, Cassarate. Prelievi mensili da gennaio a dicembre di acqua di superficie (a valle dell'impianto di depurazione se presente).

Campagna 2021

Lago: Lugano (stazione di captazione acqua potabile 40 m), Riva S.V. (prevista stazione di captazione acqua potabile 33 m), Figino (integrato 0-20), Gandria (integrato 0-20), Ponte Tresa (integrato 0-20). Prelievi stagionali (marzo, maggio, agosto, novembre).

I campionamenti verranno concordati con altri Istituti che già effettuano dei prelievi sullo stesso Lago.

2 Indagini molecolari (Campagna 2020 e 2021)

Ricerca di geni che conferiscono resistenza alle principali classi di antibiotici utilizzate in clinica e in veterinaria (β -lattamici, tetracicline, fluorochinoloni, macrolidi, sulfamidici) e del gene *intI* come marcatore molecolare di diffusione della resistenza in ambiente acquatico. In ogni campione saranno ricercati tramite PCR (Polymerase Chain Reaction) i seguenti 10 determinanti genici: *sulII*, *tetA*, *qnrS*, *blaCTX-M*, *blaSHV*, *blaTEM*, *ermB*, *vanA*, *mcr-1* e *intI* e quelli che risulteranno presenti nei campioni verranno quantificati mediante PCR quantitativa e rapportati al gene 16S rDNA, quantificato come indicatore della popolazione batterica totale.

3 Indagini sulle popolazioni batteriche (Campagna 2020 e 2021)

Mediante le tecniche di citometria a flusso, microbiologia generale per l'analisi delle acque e spettrometria di massa (MALDI-TOF MS) sarà possibile contare, isolare e identificare i batteri ambientali per avere un'idea delle popolazioni batteriche che possono essere influenzate dalla presenza di antibiotici e a loro volta fungere da vettori di geni di resistenza. Utilizzando piastre di coltura con aggiunta di antibiotici sarà possibile isolare i batteri resistenti, multi-resistenti ed eventualmente indagare se presentano dei geni di resistenza. Le combinazioni e gli antibiotici per la selezione dei batteri resistenti che verranno utilizzate sono probabilmente le seguenti: SXT (trimethoprim - sulfamethoxazole), CIP:CTX (ciprofloxacina – cefotaxime), NOR:CPD (norfloxacina - cefpodoxime), e CLA:TE (claritromicina - tetraciclina).

INDAGINI SULLE SOSTANZE PERICOLOSE NEL LAGO DI LUGANO

PREMESSA

La convenzione siglata tra Svizzera e Italia nell'ambito della CIP AIS ha tra i suoi obiettivi primari la protezione delle acque italo-svizzere dall'inquinamento. La determinazione della concentrazione di sostanze pericolose nelle acque comuni o in altri organismi indicatori, così come gli approfondimenti sui loro effetti, rappresentano un importante contributo per la descrizione dello stato degli ecosistemi. Questo esercizio può inoltre portare alla luce problematiche specifiche con seguenti interventi mirati.

A partire dagli anni '80-'90 sono state promosse sia a livello istituzionale che di ricerca scientifica diverse indagini in relazione alla presenza e agli effetti negativi di sostanze pericolose nel lago di Lugano, nei suoi organismi indicatori (in particolare: pesci e molluschi) o in altri comparti ambientali specifici (es. sedimenti). Nella stragrande maggioranza dei casi, queste indagini hanno focalizzato la loro attenzione all'indirizzo di alcuni inquinanti organici persistenti liposolubili (quali DDT, PCB, HCB, HCH, Clordano, Eptacloro, Aldrin, Dieldrin, Endrin e composti nitro aromatici) o inorganici (quali i metalli o metalloidi arsenico, cadmio, cromo, piombo, rame e zinco o gli isotopi radioattivi del cesio). Le indagini della CIP AIS nel periodo 2008-2012 hanno potuto estendere le conoscenze già acquisite per queste categorie di contaminati, poi ampliate nel 2015 ad altre sostanze organiche liposolubili emergenti, come gli PFAS e i PBDE, nei pesci. Proprio quest'ultima campagna ha mostrato una contaminazione da PBDE leggermente superiore a quella riscontrabile nell'ecosistema del Verbano, riconducibile in parte a delle fonti puntuali riconosciute. Pertanto, è possibile ipotizzare anche per il bacino imbrifero del lago Ceresio la presenza di fonti puntuali di contaminazione da PBDE (per esempio: rilascio da sedimenti contaminati da attività industriali del passato) non ancora identificate e meritevoli di essere approfondite.

Gli altri studi promossi dalla Sezione 2 negli anni 2013, 2014 e 2017 hanno approfondito la tematica dei contaminati organici idrosolubili ("microinquinanti"), permettendo la determinazione robusta della contaminazione di base nelle acque del lago e nei suoi principali immissari. I risultati hanno mostrato, in linea con le attese, delle criticità per alcuni tributari. Considerando l'aumento demografico e l'accrescimento dell'aspettativa di vita, la varietà e la quantità di microinquinanti nell'ambiente potrebbero aumentare ulteriormente, tendenza suggerita anche dai risultati del 2017 che hanno permesso per la prima volta di valutare delle tendenze temporali. Nell'attesa che il vasto programma di lotta alla presenza di microinquinanti nelle acque, che dovrebbe portare nei prossimi anni al potenziamento degli IDA di Bioggio, di Mendrisio-Rancate e di Barbengo, possa portare a un miglioramento della qualità delle acque dei corsi d'acqua interessati e del Ceresio, è importante proseguire con il monitoraggio.

Tra i possibili effetti dei microinquinanti idrosolubili, in particolare quelli appartenenti alla classe degli antibiotici, figurano la promozione diretta o indiretta di batteri resistenti. Lo sviluppo di resistenze ad antibiotici sintetici o semisintetici, utilizzati per esempio in ambito medico, ospedaliero o veterinario, è oggetto di preoccupazione in quanto mette a repentaglio l'efficacia dei farmaci sviluppati per tutelare la salute umana ed animale. Il monitoraggio ambientale di questa problematica è in linea con la strategia nazionale contro le resistenze agli antibiotici (STAR). Dopo il primo studio in questo senso, i cui risultati sono contenuti nel rapporto CIP AIS del 2016, la SUPSI ha proseguito le ricerche. È auspicabile completare la serie di dati disponibili attraverso una campagna specifica nel 2019, allo scopo di proporre una prima valutazione complessiva del fenomeno sul medio-periodo. Dal 2020, le attività di ricerca e monitoraggio sulla

presenza di popolamenti di batteri antibiotico-resistenti nelle acque verranno proposte all'interno della Sezione 1.

Sulla base di queste considerazioni, tenuto conto degli orientamenti strategici e degli obiettivi definiti nel Piano d'azione della CIPAI, per il programma 2019-2021 sono previste con scopi diversi indagini differenziate di anno in anno.

3. INDAGINI SULLA PRESENZA DI DETERMINANTI GENICI DI RESISTENZA AGLI ANTIBIOTICI NEI BATTERI DELLE ACQUE DEL LAGO E DI FIUMI IMMISSARI E DISCUSSIONE DELLE OSSERVAZIONI DI QUATTRO ANNI DI INDAGINI

Premessa

La presenza nell'ambiente di popolamenti di batteri resistenti agli antibiotici è un tema di stretta attualità e, visti gli scarsi dati, la strategia nazionale contro le resistenze agli antibiotici (STAR) promuove studi di diversa natura. Il monitoraggio ambientale è di fondamentale importanza per valutare l'entità di questi effetti e la loro distribuzione spaziale. Nel 2016, il LMA ha condotto la prima ricerca CIP AIS sul lago Ceresio, proseguendo le indagini anche in seguito.

Dalla campagna CIP AIS del 2016 è emerso che i geni di resistenza agli antibiotici comunemente utilizzati in clinica e veterinaria sono presenti nei batteri del Lago di Lugano e specialmente dei fiumi immissari influenzati dagli IDA. Il proseguimento del monitoraggio nel 2017 ha permesso di iniziare ad individuare alcune tendenze, quali la reazione positiva delle acque del Cassarate alla messa fuori servizio dell'IDA che gravava su questo fiume, evidenziata dal miglioramento della qualità delle acque per quanto concerne l'antibiotico-resistenza. D'altro canto, è emerso un peggioramento per i geni che conferiscono resistenza ai beta-lattamici, in particolare nel Vedeggio. Il confronto con i dati riferiti al Lago Maggiore, inoltre, ha mostrato alcune differenze tra i due laghi, che necessitano di approfondimenti scientifici.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

L'obiettivo principale di questo studio è di valutare e approfondire ulteriormente la presenza, la distribuzione e la tipologia dei geni di resistenza agli antibiotici nelle popolazioni batteriche delle acque del Ceresio e di quelle di alcuni suoi tributari. La distribuzione geografica dei punti d'indagine viene proposta sulla scorta dei risultati e delle esperienze sinora acquisite.

Il proseguimento delle ricerche e del monitoraggio di geni di resistenza nell'ambiente acquatico per il 2019 permetterà, tenendo in considerazione i risultati ottenuti negli anni precedenti, di allestire una prima immagine complessiva di medio-periodo della diffusione dell'antibiotico-resistenza nell'ecosistema del lago, fornendo dati che potranno risultare utili in diversi ambiti di applicazione (es. impatto delle strategie messe in atto per la riduzione dei microinquinanti, conoscenze di base nell'ottica di captazioni di acqua potabile).

Attività

Ricerca di diversi geni di resistenza (presenza/assenza) nelle popolazioni batteriche delle acque dei fiumi Vedeggio, Cassarate e Magliasina in prossimità della foce a cadenza mensile. A cadenza stagionale (marzo, maggio, agosto e novembre) verranno inoltre verificati 6 punti diversi del lago (presso le stazioni di captazione delle acque potabili esistenti o previste di Lugano e Riva san Vitale, rispettivamente presso le stazioni di monitoraggio limnologico di Figino, Gandria, Melide e Ponte Tresa).

Verranno ricercati 7 geni che conferiscono resistenza alle principali classi di antibiotici utilizzate in clinica e in veterinaria (β -lattamici, tetracicline, fluorochinoloni, macrolidi, sulfamidici). I geni sono gli stessi indagati negli anni precedenti, eccetto quelli mai identificati o non quantificabili. Si propone l'aggiunta del gene *vanA* che conferisce la resistenza alla vancomicina e il gene *mcr-1* che conferisce resistenza alla colistina; entrambi gli antibiotici sono utilizzati in medicina umana come ultima scelta in caso di infezioni da batteri multi-resistenti. I nuovi geni potranno essere

testati anche sui campioni di DNA degli anni precedenti conservati a -20°C. Sarà mantenuta la ricerca del gene *intl* come marcatore molecolare di diffusione della resistenza in ambiente acquatico. Riassumendo, saranno ricercati i seguenti 10 determinanti genici: *sullI*, *tetA*, *qnrS*, *blaCTX-M*, *blaSHV*, *blaTEM*, *ermB*, *vanA*, *mcr-1* e *intl*. I geni che risulteranno presenti nei campioni all'analisi mediante PCR (Polymerase Chain Reaction) verranno quantificati mediante qPCR (quantitative PCR) e rapportati al gene 16S rDNA, quantificato come indicatore della popolazione batterica totale.

Mediante le tecniche di citometria a flusso, microbiologia generale per l'analisi delle acque e spettrometria di massa (MALDI-TOF MS) sarà possibile contare, isolare e identificare i batteri ambientali per avere un'idea delle popolazioni batteriche che possono essere influenzate dalla presenza di antibiotici e a loro volta fungere da vettori di geni di resistenza. Utilizzando piastre di coltura con aggiunta di antibiotici sarà possibile isolare i batteri resistenti, multi-resistenti ed eventualmente indagare se presentano dei geni di resistenza. Si ipotizzano al momento le seguenti combinazioni e gli antibiotici per la selezione dei batteri resistenti:

SXT (trimethoprim - sulfamethoxazole), CIP:CTX (ciprofloxacina – cefotaxime), NOR:CPD (norfloxacina - cefpodoxime), e CLA:TE (claritromicina - tetraciclina).

I campionamenti verranno concordati con altri Istituti che già effettuano dei prelievi sullo stesso Lago. L'attività verrà svolta durante un solo anno (2019). In seguito, la tematica verrà integrata nella Sezione 1.

4. INDAGINE CON CAMPIONATORI PASSIVI SUI FIUMI IMMISSARI PER VERIFICARE EVENTUALI FONTI PUNTUALI DI PDDE E PCB

Premessa

La Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti (POPs) si prefigge di ridurre al minimo le emissioni globali di sostanze particolarmente problematiche nell'ambiente. La Convenzione, che è stata ratificata dalla Svizzera nel 2003 e che contempla i bifenili policlorurati (PCB), è stata modificata nel maggio del 2009, quando sono stati annessi nove prodotti commerciali precedentemente non considerati, tra cui i ritardanti di fiamma polibromurati (PBDE).

I risultati della campagna CIP AIS 2015 portano ad ipotizzare la presenza di fonti puntuali di contaminazione da PBDE (per esempio: rilascio da sedimenti contaminati da attività industriali del passato) nel bacino imbrifero del lago Ceresio, non ancora identificate e meritevoli di essere approfondite. Benché la contaminazione da PCB nel Ceresio possa essere giudicata di sottofondo, specie ittiche ad elevato contenuto lipidico come gli agoni possono accumulare PCB a concentrazioni di non molto inferiori ai valori massimi consentiti per il consumo di derrate alimentari. L'identificazione e la successiva rimozione di eventuali fonti da PCB sono pertanto in ogni caso auspicabili.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Tra i possibili approcci scientificamente riconosciuti per identificare fonti puntuali di contaminazione da sostanze liposolubili figura l'impiego di campionatori passivi. Questo tipo di dispositivi permettere di campionare su lunghi periodi, generalmente 30 giorni, diverse sostanze idrofobe come PCB e PBDE. Tra i vantaggi del campionamento passivo figura la possibilità di misurare concentrazioni mediate anche molto basse di un determinato inquinante, altrimenti difficilmente osservabili nel caso un campionamento puntuale.

Nel quadro di questo progetto, si propone di analizzare 38 congeneri di PBDE e 7 congeneri di PCB in 9 corsi d'acqua – Cassarate, Cuccio, Livone, Bolletta, Laveggio, Magliasina, Mara, Scairolo, Vedeggio – e su 4 mesi, posando un totale di 72 campionatori, due per ogni corso d'acqua e per ogni momento di misura. La tipologia di campionatori e i dettagli sulla strategia campionamento verranno opportunamente sviluppati.

Progettazione dello studio analitico	
Corsi d'acqua	9 diversi corsi d'acqua
Campagne di prelievo	4 campagne distinte di 30 giorni
Campionatori totali	2 per ogni corso d'acqua, quindi 18 per campagna e 72 per l'intero studio
Composti ricercati	38 congeneri di ritardanti di fiamma PBDE 7 congeneri di PCB

Questa attività verrà svolta un solo anno (2020).

5. INDAGINI SUI MICROINQUINANTI IDROSOLUBILI NELLE ACQUE DEL LAGO

Premessa

Nei paesi industrializzati vengono utilizzate giornalmente decine di migliaia di preparati chimici diversi. In Svizzera, viene stimato l'utilizzo giornaliero di oltre 30000 sostanze che trovano impiego in applicazioni industriali, artigianali e domestiche, come prodotti fitosanitari, biocidi, farmaci o componenti di beni di consumo (prodotti per il corpo, detersivi, ecc.). Considerando l'aumento demografico e l'accrescimento dell'aspettativa di vita, la varietà e la quantità di microinquinanti nell'ambiente appaiono in aumento. L'evoluzione della situazione rende importante proseguire con l'esecuzione di campagne di monitoraggio. Questi dati serviranno a verificare l'efficacia delle misure previste sul territorio nei prossimi anni per diminuire la diffusione di microinquinanti nell'ambiente, come lo specifico potenziamento degli IDA di Bioggio, Mendrisio-Rancate e Barbengo.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Lo scopo principale è quello di ripetere le indagini sulle acque del lago con la parametrizzazione adattata alle conoscenze acquisite nel 2017. Verranno quantificati nuovamente diversi microinquinanti appartenenti a classi differenti, in particolare i benzotriazoli, i dolcificanti artificiali, i complessanti, gli ormoni steroidei e i farmaci. Rispetto al 2017, la parametrizzazione di quest'ultima categoria verrà leggermente ampliata, abbandonando d'altra parte la ricerca degli alchilfenoli, la cui presenza nelle acque del lago è risultata molto sporadica. I risultati permetteranno di verificare nel tempo lo stato di contaminazione delle acque da microinquinanti con origine diversa e appartenenti a svariate categorie.

Attività

Prelievo di due campioni di acqua lacustre (diverse profondità) in quattro diversi punti del Ceresio (bacino nord, bacino di Ponte Tresa, Melide, Figino) e in quattro diversi momenti dell'anno (in particolare prima e dopo il possibile rimescolamento verticale delle acque). Vista l'impossibilità dell'Istituto proponente di eseguire direttamente le analisi, le stesse verranno subappaltate. La parametrizzazione coprirà un'ampia gamma di microinquinanti della classe delle sostanze farmacologiche, dei benzotriazoli, di sostanze endocrine, di complessanti e di quattro edulcoranti artificiali. Questa attività verrà svolta un solo anno (2021).

AMBIENTI LITORALI E TEMI EMERGENTI: INDAGINI NEL LAGO DI LUGANO

PREMESSA

Le recenti normative e i relativi piani attuativi elvetici e italiani pongono obiettivi di tutela e recupero delle zone ripariali di fiumi e laghi e delle componenti biologiche ad esse connesse (p.e. macrofite, macroinvertebrati).

In occasione della riunione di Commissione tenutasi a Berna il 27 ottobre 2017, la CIP AIS ha indicato le linee programmatiche per la pianificazione del programma di ricerche per il triennio 2019-2021; in particolare sono stati indicati i seguenti indirizzi di ricerca da sviluppare per il Lago di Lugano:

- Riflessione sulla possibilità di svolgere indagini sull'efficacia delle misure di rivitalizzazione (delle rive) sull'ecosistema lacustre. Individuazione di indicatori.
- Miglioramento della conoscenza dell'ecologia delle rive attraverso lo studio delle comunità di macroinvertebrati bentonici, macrofite acquatiche e fauna ittica litorale anche in funzione della presenza di specie aliene invasive e dello sviluppo irregolare delle macrofite.
- Prosecuzione delle indagini sulle specie invasive, che si delineano come tema di studio futuro per tutte le acque, con l'adozione di tecniche innovative per approfondire le cenosi, anche attraverso l'approccio genetico (DNA barcode).

La Sezione 3 della CIP AIS ha sviluppato tali tematiche nelle proposte di indagini di seguito riportate.

6. VALUTAZIONE DELLO STATO DEL CANNETO SUL CERESIO

Aggiornamento della distribuzione dei nuclei di canneto sul lago Ceresio e sulla loro qualità intrinseca e ecologica

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

L'analisi della qualità dei canneti (*Phragmites australis*) del lago Ceresio e la creazione di nuove superfici a canneto, hanno caratterizzato numerose ricerche biologiche in questi ultimi 20 anni. Risale al 1999 l'ultimo rilievo di dettaglio di questi ambienti, ad opera degli stessi professionisti autori della presente offerta (Paltrinieri & Pollini, 1999).

L'importanza di tali superfici vegetali lacustri per la fauna ittica e per l'avifauna e la necessità di valutare nuovamente la dinamica delle stesse dopo un così lungo lasso di tempo hanno portato l'Ufficio natura e paesaggio a richiedere un nuovo progetto di analisi qualitativa dei canneti presenti su tutto il bacino del lago Ceresio.

Da queste analisi scaturiranno interessanti dati inerenti proprio alla dinamica stessa di questi ambienti.

Il punto di partenza di questa nuova analisi saranno i dati relativi alla presenza dei canneti nel 1999. In particolare, la presente ricerca intende raggiungere i seguenti obiettivi:

- A. conoscere e cartografare la distribuzione attuale dei canneti;
- B. confrontare la distribuzione con quella del 1999;
- C. definire lo stato di salute delle attuali zone di canneto, secondo le indicazioni del dott. Jean Louis Moret, specialista nel campo dei canneti (metodo usato nel 1999).

Metodi

Il metodo di analisi sarà quello usato nel 1999, proprio per poter poi confrontare in modo oggettivo gli stessi nuclei di canneto a distanza di 20 anni.

Tale metodo prevede l'analisi dello stato di salute di ogni nucleo di canneto censito, valutato secondo i seguenti parametri:

- la densità delle canne verdi (numero in 1m²);
- il diametro di un campione di steli, misurato alla base di ognuno di essi;
- la densità dei fusti secchi degli anni precedenti;
- altri parametri qualitativi (ambientali e propri dei canneti stessi).

Il documento definitivo conterrà quindi i seguenti documenti:

- il rapporto sui lavori svolti e sui risultati ottenuti, comprendente l'analisi qualitativa attuale e un confronto con lo stato di salute dei canneti del 1999;
- le carte di sintesi illustranti le distribuzioni attuali dei canneti.

Tempi

I tempi di realizzazione del lavoro sono ripartiti secondo la seguente tempistica:

Attività	estate 2018	estate 2019	autunno 2019	inverno 2019 - 2020	primavera 2020
Lavori; analisi e rilievi preliminari; preparazione delle basi cartografiche					
Raccolta dati di terreno e analisi dati					
Analisi dati, redazione rapporto e realizzazione delle cartine					

Prima dell'inizio dei lavori, sarà necessario che i mandanti del presente progetto forniscano agli operatori tutti i necessari permessi per poter realizzare il presente lavoro su acque svizzere e italiane, così come i permessi di poter navigare con l'imbarcazione direttamente lungo e in prossimità della riva lacustre, onde poter raccogliere adeguatamente i dati necessari al completamento del lavoro.

7. SVILUPPO DI UNO STRUMENTO DI SUPPORTO PER LA PROGETTAZIONE DELLE MISURE E PER LA VERIFICA DELL'EFFICACIA D'INTERVENTI DI RIVITALIZZAZIONE DELLE RIVE LACUSTRI

Premessa

Gli interventi di rivitalizzazione di rive lacustri sono promossi dalla legislazione Svizzera e europea. L'oggetto di questi interventi è principalmente il risanamento della morfologia delle rive e per mezzo di essi il miglioramento delle comunità biologiche e dei processi ecologici nel comparto litorale. A livello svizzero ed internazionale è previsto un maggior investimento di risorse per questi interventi. La Sezione 3 della CIP AIS, tra il 2013-2015, ha promosso uno Studio di valutazione del potenziale di rivitalizzazione e di pubblica fruizione delle rive del Lago di Lugano. Su questa base, per il triennio (2016-2018) è in corso la progettazione di massima di cinque interventi di riqualificazione a scopo naturalistico-ambientale e fruizionale da attuare lungo le sponde del Lago Ceresio e in corrispondenza della foce degli immissari. Per il Lago Maggiore è invece in corso lo Studio di valutazione del potenziale di rivitalizzazione e di pubblica fruizione sul modello di quanto eseguito sul Lago di Lugano tra il 2013-15.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Finora, gli interventi concreti realizzati sul Lago Lugano si sono limitati a canneti in diverse zone attorno al lago e su alcuni progetti di miglioramento della morfologia della zona litorale sommersa ed emersa sul lungo lago a Lugano città e tra Capo San Martino e Melide. Al momento, la progettazione e la verifica dell'efficacia di progetti di rivitalizzazione di rive lacustri è complicata dalla mancanza di un quadro concettuale fondato su basi scientifico-ecologiche. Difficoltà concettuali acute dalla mancanza di una visione completa sulle esperienze di progetti svizzeri e internazionali e sugli indicatori ecologici applicati in questi progetti.

Per rispondere a questa mancanza, proponiamo un progetto in tre fasi. Nella prima fase sarà elaborata una *review* di letteratura riferita agli interventi di rivitalizzazione delle rive lacustri e gli indicatori usati per quantificare le limitazioni ecologiche e l'efficacia della rivitalizzazione. Nella seconda fase sarà individuato un quadro d'insieme di misure di rivitalizzazione ed un set d'indicatori per coprire i diversi aspetti biologici e fisici degli ecosistemi delle rive. Questa seconda fase si orienta alla situazione dei grandi laghi dell'arco alpino. Nella terza fase, il set d'indicatori sarà applicato in diverse zone di canneti del Lago Lugano che sono stati oggetto d'interventi di rivitalizzazione negli ultimi venti anni per valutarne lo sviluppo e l'efficacia.

Lavori proposti

1. *Review* di letteratura scientifica e grigia sugli approcci di rivitalizzazione delle rive di grandi laghi e degli indicatori biologici ed ecologici usati
2. Sviluppo di un concetto per la verifica dell'efficacia delle rivitalizzazioni con un set d'indicatori adattati ai grandi laghi ed elaborazione di un rapporto
3. Valutazione del concetto e del set d'indicatori in uno studio di caso principalmente nelle zone di canneto del Lago Lugano ed elaborazione di un rapporto

8. EFFETTI DELL'ECOMORFOLOGIA SULL'INPUT E LA DEGRADAZIONE DEL MATERIALE ORGANICO NEGLI ECOSISTEMI DELLE RIVE DEL LAGO CERESIO

Premessa

Gli ecosistemi delle rive sono zone di connessione ecologica importanti fra gli ecosistemi terrestri del bordo (boschi ripilivi) e gli organismi acquatici e terrestri delle rive. Gli input di materiale organico grezzo (foglie, rametti) e i processi della sua degradazione sono una fonte importante d'energia per la rete trofica di questi ecosistemi. I microorganismi ed in particolare i funghi microscopici catalizzano questi processi, traendo energia direttamente per la loro attività metabolica ma anche indirettamente attraverso trasformazioni enzimatiche del materiale organico messo poi a disposizione di altri consumatori (macroinvertebrati). Gli input ed i processi di degradazione sono influenzati dal collegamento fra le zone terrestre e litorale e di conseguenza dall'ecomorfologia delle rive.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Con questo progetto di ricerca proponiamo di quantificare il materiale organico grezzo su transetti laterali in 10 siti con ecomorfologia diversa. Inoltre, proponiamo di stimare i tassi di attività di degradazione del materiale organico grezzo in queste zone attraverso un indicatore standardizzato: bande di cotone che simulano le foglie, usate come substrati per l'attività di degradazione dei funghi. Inoltre, proponiamo di stimare la biomassa dei funghi sulle bande di cotone e loro diversità.

Lavori proposti

1. Identificazione di 10 siti di studio sul campo e del periodo stagionale di studio (con gli esperti della sezione 3)
2. Quantificazione del materiale organico superficiale grezzo su transetti laterali (ca. 2m²/sito)
3. Installazione (e recupero) delle bande di cotone sui transetti (ca. 120 bande)
4. Installazione (e recupero) dei datalogger per il rilevamento di temperatura, umidità e radiazione solare
5. Essiccazione e gravimetria del materiale organico grezzo
6. Trattamenti iniziali delle bande di cotone (pulitura e liofilizzazione)
7. Stima del tasso di degradazione delle bande di cotone attraverso la perdita di resistenza delle fibre di cotone
8. Stima della biomassa dei funghi nelle bande di cotone attraverso il biomarcatore ergosterolo
9. Stima della diversità tassonomica dei funghi nelle bande di cotone attraverso il metodo di metabarcoding (eventualmente su un set rappresentativo di campioni).
10. Stima della correlazione fra i parametri biologici e la temperatura, l'umidità e la radiazione solare
11. Elaborazione di un rapporto con la descrizione dei metodi e un'interpretazione dei risultati

9. PROBLEMATICA DELLE MICROPLASTICHE NEGLI ECOSISTEMI DEL LAGO CERESIO

Premessa

L'inquinamento da microplastiche degli ecosistemi d'acqua dolce negli ultimi anni è stato riconosciuto dalla comunità scientifica internazionale come un problema rilevante. Per i grandi laghi Svizzeri (compreso il Lago Verbano), studi dell'EPFL hanno mostrato una contaminazione significativa e ha messo in rilievo il ruolo potenziale delle rive come sorgente di plastiche. Queste zone possono rappresentare una fonte importante che contribuisce all'aggravamento dell'inquinamento da microplastiche a causa dell'attività delle onde e dell'esposizione alla radiazione UV. Infatti, questi sono fattori importanti nei processi di degradazione dei rifiuti plastici depositati direttamente o trasportati con l'acqua superficiale. Questo progetto potrebbe perciò essere in sinergia con progetti sulle microplastiche nelle zone pelagiche del Lago Ceresio proposti per la sezione 2 della CIP AIS (sostanze pericolose) per lo stesso periodo di ricerca.

Obiettivi della ricerca e risultati attesi

Con questo progetto di ricerca proponiamo di fornire i primi dati sull'inquinamento delle rive del Lago Ceresio con microplastiche. Proponiamo di stimare la quantità (in massa totale) e la distribuzione delle grandezze dei frammenti e particelle di plastica. Proponiamo in più di fare un confronto di queste stime con l'ecomorfologia, la distanza dalle zone d'origine principali (maggiori tributari e zone urbane), l'esposizione alle onde e la radiazione solare. Questi rilevamenti verranno effettuati per 6 siti in zone morfologiche diverse identificate con gli esperti della sezione 3 del CIP AIS.

Lavori proposti

1. Identificazione di 6 siti di studio sul campo (con gli esperti della sezione 3)
2. Per ogni sito: prelievi di 10 campioni su un transetto verticale alla riva (5 campioni bentici, 5 campioni terrestri)
3. Installazione/estrazione di datalogger per la misura dell'intensità della radiazione solare.
4. Separazione delle particelle plastiche dalle particelle minerali e organiche.
5. Separazione delle particelle plastiche a seconda della loro grandezza.
6. Lavaggio e quantificazione del peso totale delle particelle plastiche di ogni grandezza.
7. Stima della correlazione fra la massa totale delle particelle plastiche di ogni classe di grandezza e l'ecomorfologia e la distanza dalle zone d'origine principali.
8. Stima della correlazione fra la distribuzione delle grandezze delle particelle plastiche e l'attività delle onde (intensità media e direzione del vento) e della radiazione UV (radiazione totale).
9. Elaborazione di un rapporto con la descrizione dei metodi e l'interpretazione dei risultati.