Blue Lakes

No microplastics, just waves.

NO MICROPLASTICS, JUST WAVES.

Il Libro bianco dei Laghi

BENEFICIARIO COORDINATORE

LEGAMBIENTE

BENEFICIARI ASSOCIATI

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale

arpa UMBRIA Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell'Umbria

ENEA AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Global Nature Fund

Bodensee Stiftung Lake Constance Foundation

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

PROGETTO COFINANZIATO DA

PlasticsEurope Association of Plastics Manufacturers

www.lifebluelakes.eu / info@lifebluelakes.eu

www.lifebluelakes.eu | info@lifebluelakes.eu

Il Libro bianco dei Laghi del progetto LIFE *Blue Lakes* è stato realizzato con il contributo di:

- Leonardo Gatta e Manuela Ruisi (Autorità di bacino distrettuale Appennino Centrale)
- Fabrizio Soddu, Chiara Braschi, Stefania Di Vito e Elisa Scocchera (Legambiente);
- Paolo Stranieri, Valentina della Bella e Valentina Stufara (ARPA Umbria);
- Maria Sighicelli (ENEA);
- Francesco Fatone, Anna Laura Eusebi, Stefania Gorbi, Lucia Pittura, Serena Radini e Alessia Foglia (Università Politecnica delle Marche);

con il supporto di Alessandro de Carli, Sara Zanini e Giulia Vaglietti (SEP Consulting srl).

Si ringrazia il personale di ABDAC e di tutti i partner *LIFE Blue Lakes* che attraverso la partecipazione alle attività di progetto hanno consentito tale prodotto di sintesi.

Si ringraziano, inoltre, per le osservazioni e i commenti ricevuti: ACEA-ATO 5 S.p.A., Autorità di bacino distrettuale del Po, Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali, Brianzacque S.p.A., Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Istituto di ricerca sulle acque – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Dipartimento di Bioscienze dell'Università degli Studi di Milano, Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, Istituto Superiore di Sanità, ROLD S.p.A., Utilitalia.

Contenuti

Contenuti 4
Sintesi dei contenuti (ITA) 5
Executive summary (ING) 6
Il progetto LIFE Blue Lakes 7
Glossario 8
Premessa 9
1. Introduzione 10
2. Le microplastiche 13
2.1. Cosa sono le microplastiche 13
2.2. La provenienza delle microplastiche 15
2.3. Le microplastiche nelle acque interne italiane 17
2.4. La normativa in materia di microplastiche 20
3. Gli strumenti operativi proposti dal progetto LIFE Blue Lakes per il contrasto alle microplastiche nelle acque superficiali 23
3.1. Il protocollo di monitoraggio delle microplastiche nei corpi idrici superficiali 23
3.2. Il protocollo di monitoraggio negli impianti di potabilizzazione e depurazione 25
3.3. La Carta del lago 29
4. Verso una strategia nazionale in risposta al problema delle microplastiche nelle acque interne 31
4.1. Proposta per l'applicazione operativa del protocollo di monitoraggio delle microplastiche nei corpi idrici 31
4.2. Proposta per l'applicazione operativa del protocollo tecnico per le infrastrutture del servizio idrico urbano 32
4.3. Le proposte per nuove policy 33
5. Conclusioni 36
Riferimenti 38

Sintesi dei contenuti (ITA)

Il progetto LIFE *Blue Lakes* si è posto l'obiettivo di affrontare il problema delle microplastiche nei laghi attraverso una serie di azioni di governance, formazione, informazione e sensibilizzazione indirizzate a istituzioni, cittadinanza e altri stakeholder. In particolare, lo scopo del progetto è stato quello di sviluppare dei protocolli per l'analisi delle microplastiche nei laghi e negli impianti di trattamento del Servizio Idrico Integrato e promuovere processi partecipativi volti all'adozione di buone pratiche, in linea con la strategia europea per le materie plastiche inserita nel processo di transizione verso un'economia circolare. I risultati di queste azioni e le proposte che ne scaturiscono sono esposti nel presente Libro Bianco dei Laghi.

Il Libro Bianco dei Laghi si pone l'obiettivo di informare sull'emergenza delle microplastiche nei laghi italiani e sulle azioni, sviluppate nell'ambito del progetto LIFE *Blue Lakes*, che potrebbero essere messe in campo rapidamente, o meno, per contrastare la diffusione di queste particelle nelle acque.

Il documento è stato sviluppato sulla base di quanto è stato elaborato dal progetto, integrato da un'analisi della più recente letteratura in merito alla presenza di microplastiche nelle acque interne italiane. Inoltre, attraverso una serie di interviste con stakeholder istituzionali e privati, è stato possibile raccogliere utili osservazioni per migliorare i contenuti del libro bianco.

All'interno del Libro Bianco vengono innanzitutto fornite informazioni sulla definizione di microplastica, sulla sua provenienza e quantificazione nelle acque interne Italiane. Inoltre, viene proposta una sintesi della normativa europea e italiana in materia di prevenzione dell'inquinamento da microplastiche.

Il capitolo successivo illustrati tre strumenti operativi, elaborati dal progetto LIFE *Blue Lakes*, per il contrasto alle microplastiche nei corpi idrici superficiali. I primi due sono i protocolli di monitoraggio delle microplastiche rispettivamente nei corpi idrici e negli impianti di trattamento del Sistema Idrico Integrato per la potabilizzazione delle acque e per la depurazione dei reflui. In aggiunta, viene presentata una stima dei costi di implementazione dei protocolli. Il terzo strumento presentato è la Carta del Lago, strumento volontario finalizzato ad adottare misure normative, di governance e di sensibilizzazione volte a ridurre la presenza delle microplastiche nei laghi.

Il capitolo 4 del documento è invece dedicato alle proposte del progetto LIFE *Blue Lakes* per rendere operativi gli strumenti elaborati (protocolli e carta del lago) e, più in generale, per ridurre l'immissione di microplastiche negli ambienti lacustri.

In conclusione, il documento evidenzia come le azioni intraprese dal progetto LIFE *Blue Lakes* nonché le proposte per un monitoraggio e gestione innovativi ed efficaci condivisi da molteplici *stakeholder* siano state elementi essenziali all'individuazione delle lacune che dovranno essere colmate al fine della risoluzione del problema della presenza delle microplastiche nelle acque interne superficiali.

Executive summary (ING)

LIFE Blue Lakes project is set out to address the problem of microplastics in lakes through a series of governance, training, information, and awareness-raising actions aimed at institutions, the public, and other stakeholders. In particular, the aim of the project was to develop protocols for the analysis of microplastics in lakes and treatment plants of the Integrated Water Service and to promote participatory processes aimed at the adoption of good practices, in line with the European plastics strategy included in the process of transition to a circular economy. The results of these actions and the resulting proposals are set out in this Lakes White Paper.

The objective of the Lakes White Paper is to inform about the emergency of microplastics in Italian lakes and the actions, developed within the LIFE Blue Lakes project, that could be put in place quickly, or not, to counter the spread of these particles in the waters.

The Lakes White Paper is developed on the basis of project's contents and activities, supplemented by an analysis of the most recent literature on the presence of microplastics in Italian inland waters. In addition, through a series of interviews with institutional and private stakeholders, it was possible to gather useful observations to improve the contents of the document.

Within the white paper, information is first of all provided on the definition of microplastics, their origin and quantification in Italian inland waters. In addition, a summary of European and Italian legislation on the prevention of microplastic pollution is proposed.

The next chapter illustrates three operational tools, developed by the LIFE Blue Lakes project, for preventing the spread of microplastics in surface water bodies. The first two are monitoring protocols for microplastics in water bodies and Integrated Water System treatment plants for drinking water and wastewater treatment, respectively. In addition, an estimate of the cost of implementing the protocols is proposed. The third tool presented is the Lake Charter, a voluntary instrument aimed at adopting regulatory, governance and awareness measures to reduce the presence of microplastics in lakes.

Chapter 4 of the paper, on the other hand, is devoted to the LIFE Blue Lakes project proposals to operationalize the tools developed (protocols and lake charter) and, more generally, to reduce the input of microplastics into lake environments.

In conclusion, the paper highlights how the actions taken by the LIFE Blue Lakes project as well as the proposals for innovative and effective monitoring and management shared by multiple stakeholders were essential elements in the identification of the gaps that will need to be filled in order to solve the problem of the presence of microplastics in inland surface waters.

Il progetto LIFE Blue Lakes

Il progetto LIFE *Blue Lakes* coinvolge partner italiani e tedeschi, con l'obiettivo di prevenire e ridurre la presenza di microplastiche nei laghi.

Il progetto coinvolge associazioni, università, enti di ricerca, Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale e Autorità di bacino, per affrontare tempestivamente il problema attraverso un approccio integrato che combini il rafforzamento della governance, la formazione per gli addetti ai lavori insieme ad attività di informazione e sensibilizzazione della cittadinanza e degli studenti.

I laghi su cui si svolgono le azioni di progetto sono Bracciano, Garda e Trasimeno in Italia, Lago di Costanza e *Chiemsee* in Germania. Altre comunità lacustri italiane ed europee saranno coinvolte nelle azioni di promozione e diffusione di buone pratiche.

LIFE *Blue Lakes* è coordinato da Legambiente Onlus e conta tra i partner: l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale umbra, l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), *Global Nature Fund*, La Fondazione Lago di Costanza, l'Università Politecnica delle Marche.

Il progetto è realizzato con il contributo della Commissione Europea e cofinanziato da *Plastics Europe*, *Association of plastics manufacturers*.

Per maggiori informazioni: www.lifebluelakes.eu

Glossario

AdBD	Autorità di Bacino Distrettuale
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
CE	Commissione Europea
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
CN-LAB	Centro Nazionale per la rete nazionale dei laboratori
ECHA	*European Chemicals Agency* - Agenzia Europea delle Sostanze Chimiche
GNL	Gruppo Nazionale di Lavoro
IRSA	Istituto di Ricerca sulle Acque
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
ISS	Istituto Superiore di Sanità
MASE	Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
MF	Microfibre
MP	Microplastiche
RAC	Comitato per la Valutazione dei Rischi
SEAC	Comitato per l'Analisi Socio-Economica
SII	Servizio Idrico Integrato
SNPA	Sistema nazionale protezione ambiente (SNPA)
UE	Unione Europea
UNIMI	Università degli Studi di Milano
WFD	*Water Framework Directive* - Direttiva Quadro Acque
WSP	*Water Safety Plan* - Piano di sicurezza dell'acqua

Premessa

Il tema delle microplastiche (MP) è diventato oggetto di grande attenzione sociale, scientifica, politica e legislativa negli ultimi anni. L'interesse è stato concentrato in particolar modo sull'ambiente marino, dando poca attenzione alla presenza di microparticelle di plastica nelle acque dolci. Tuttavia, l'attenzione alle microplastiche nelle acque interne è rilevante in quanto viene stimato che l'ottanta per cento delle microplastiche in mari e oceani provenga dai fiumi. La ricerca scientifica si dedica in maniera sistematica a questo tema da circa venti anni e, allo stato attuale, la conoscenza sulla presenza delle microplastiche e i loro impatti, in particolare nelle acque interne, necessita di numerosi approfondimenti attraverso azioni operative.

In questo contesto, il **progetto LIFE *Blue Lakes*** si è posto l'obiettivo di affrontare il problema delle microplastiche nei laghi attraverso una serie di azioni di *governance*, formazione, informazione e sensibilizzazione indirizzate a istituzioni, cittadinanza e altri stakeholder. In particolare, lo scopo del progetto è stato quello di sviluppare dei protocolli per l'analisi delle microplastiche nei laghi e negli impianti di trattamento del Servizio Idrico Integrato e promuovere processi partecipativi volti all'adozione di buone pratiche, in linea con la strategia europea per le materie plastiche inserita nel processo di transizione verso un'economia circolare. I risultati di queste azioni e le proposte che ne scaturiscono sono esposti nel presente **Libro Bianco dei Laghi**.

Con il termine "libro bianco" si indica generalmente un rapporto ufficiale, pubblicato da un'istituzione (nazionale o sovranazionale) o da un'organizzazione relativo ad un determinato argomento o settore di attività, e contenente una descrizione dello *status quo* dell'argomento e delle proposte di azioni per risolvere la problematica o raggiungere determinati obiettivi. La Commissione europea si avvale frequentemente dei libri bianchi per annunciare le proposte di azione dell'Unione Europea (UE) in un settore specifico. Essi seguono talvolta la pubblicazione di "libri verdi", il cui scopo è quello di avviare un processo di consultazione preliminare. Lo scopo dei libri bianchi è invece quello di avviare una discussione con il pubblico, le parti interessate, il Parlamento europeo e il Consiglio al fine di raggiungere il consenso politico.

Il Libro Bianco dei Laghi fornisce un quadro delle conoscenze sulla presenza delle microplastiche nei laghi italiani, illustra i risultati di tre azioni del progetto LIFE *Blue Lakes* (i protocolli per il monitoraggio delle microplastiche nei laghi e negli impianti di trattamento del Servizio Idrico Integrato e la Carta dei Laghi) e individua delle azioni future per contrastare da subito l'immissione delle microplastiche in ambiente.

1. Introduzione

Il **Libro Bianco dei Laghi** si pone l'obiettivo di informare sull'emergenza delle microplastiche nei laghi italiani e sulle azioni, sviluppate nell'ambito del progetto LIFE *Blue Lakes*, che potrebbero essere messe in campo rapidamente, o meno, per contrastare la diffusione di queste particelle nelle acque.

I partner del progetto sono stati impegnati in azioni che hanno coinvolto Enti Locali, imprese, associazioni e comunità di cittadini residenti in prossimità dei laghi di Garda, Bracciano, Piediluco e Trasimeno in Italia e dei laghi di Costanza e di *Chiemsee* in Germania.
Gli obiettivi specifici del progetto LIFE *Blue Lakes* sono stati i seguenti:

- supportare le amministrazioni locali situate in prossimità dei principali laghi italiani e tedeschi e rafforzare l'impegno delle realtà economiche presenti sul territorio attraverso un processo partecipativo per la stesura della Carta del Lago: un documento di impegno volontario, siglato da tutti gli attori coinvolti che prevede l'adozione di buone pratiche gestionali e la diffusione di modelli di economia circolare per proteggere i laghi e ridurre l'impatto delle attività antropiche;
- ridurre l'immissione di microplastiche dovuta agli impianti di trattamento e depurazione delle acque, attraverso lo sviluppo di un protocollo tecnico e la formazione degli operatori;
- collaborare con le industrie coinvolte (plastica, pneumatica, cosmetica) per discutere e sviluppare soluzioni che riducano e prevengano ulteriori carichi primari di microplastiche nei laghi;
- sensibilizzare il pubblico italiano e tedesco mirando alla promozione di comportamenti che prevengano la diffusione dei rifiuti di plastica nell'ambiente;
- migliorare il quadro normativo esistente per affrontare l'inquinamento da microplastiche nei bacini lacustri, influenzando l'agenda politica a livello italiano, tedesco ed europeo.

Figura 1 - Laghi coinvolti dal progetto Blue Lakes. Fonte dati: GADM (2012) ed HydroLakes (2016)

Il documento è stato sviluppato sulla base di quanto è stato elaborato dal progetto, integrato da un'analisi della più recente letteratura in merito alla presenza di microplastiche nelle acque interne italiane. Inoltre, attraverso una serie di interviste con *stakeholder* istituzionali e privati, è stato possibile raccogliere utili osservazioni per migliorare i contenuti del libro bianco. La prima fase di ascolto e confronto è stata organizzata prima della stesura del libro bianco, con l'obiettivo di avere informazioni su ricerche e monitoraggi sulle microplastiche, svolti in acque interne o in impianti del Servizio Idrico Integrato in Italia. La seconda fase di confronto è stata realizzata sottoponendo agli *stakeholder* una prima bozza del Libro bianco per raccogliere le loro osservazioni. Le istituzioni e gli Enti intervistati sono riportati in Tabella 1.

Tabella 1 - Elenco degli intervistati nelle due fasi

Sessione	*Stakeholder*	Settore	Temi approfonditi durante l'intervista
1° sessione	ACEA - ATO5 S.p.A.	**Servizio Idrico Integrato**	Monitoraggio delle MP negli impianti SII
	Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di ricerca sulle acque (Roma)	**Ricerca scientifica**	Presenza MP nelle acque sotterranee
	ROLD S.r.l.	**Industria**	Ritenzione delle microfibre alla fonte, principalmente durante l'uso di lavatrici
	Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria	**Ricerca scientifica**	Potenziali investimenti in agricoltura
	Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di ricerca sulle acque (Roma)	**Ricerca scientifica**	Plastisfera / problematica delle MP quali vettori di trasporto microrganismi nei laghi
	Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di ricerca sulle acque (Bari)	**Ricerca scientifica**	Plastisfera / presenza delle MP nei fiumi (rilevata provenienza da terreni agricoli)
	Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di ricerca sulle acque (Verbania)	**Ricerca scientifica**	Plastisfera / monitoraggio MP depurazione e laghi (rilevata presenza MP nella fauna acquatica)
	Brianzacque S.p.A.	**Servizio Idrico Integrato**	Monitoraggio delle MP da parte del gestore del servizio idrico (acqua di falda)
	Dip. Bioscienze - Università degli studi di Milano	**Ricerca scientifica**	Monitoraggio delle MP nelle acque interne / ecotossicologia acquatica
2° sessione	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale	**Ricerca scientifica**	Standard per analisi ambientali, formazione degli enti affinché sia applicabile a livello nazionale tra più laboratori; ad oggi ISPRA ha progetti

			attivi su microplastiche perlopiù in ambiente marino
	Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica	**Pubblica Amministrazione**	Importanza della coesione tra scopi e potenziali applicazioni del protocollo affinché esso sia di supporto all'implementazione e rispetto delle leggi europee in termini di tutela acque
	Istituto Superiore di Sanità	**Ricerca scientifica**	Metodi analitici di determinazione e caratterizzazioni microplastiche in acque destinate al consumo umano, affinché sia rispettato il concetto di acqua pulita e salubre per prevenire quelli che sono eventuali effetti negativi sulla salute umana
	Autorità di Bacino Distrettuale del Po	**Pubblica Amministrazione**	Monitoraggio asta del Po: individuazione di best practices per campionamenti su aste fluviali nonché potenziali criticità associate ai cambiamenti climatici
	Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali	**Pubblica Amministrazione**	Interessata all'applicazione di protocolli, ma nessun progetto è stato ancora iniziato: idea di modellizzazione delle dinamiche delle microplastiche in collaborazione con il CNR (identificazione polimerica), e organizzazione gestionale di centri di analisi
	Utilitalia	**Servizio Idrico Integrato**	Applicabilità dei protocolli per i gestori del SII, così che siano sia tecnicamente sia economicamente viabili

2. Le microplastiche

In questo capitolo vengono fornite informazioni sulla definizione di microplastica, sulla sua provenienza e quantificazione nelle acque interne Italiane. Inoltre, viene proposta una sintesi della normativa europea e italiana in materia di prevenzione dell'inquinamento da microplastiche.

2.1. Cosa sono le microplastiche

Le microplastiche (MP) rappresentano un contaminante fisico emergente, derivante dalla degradazione e dispersione di materiale polimerico, organico e sintetico, la cui inadeguata conoscenza eco-tossicologica non consente di valutarne né il dettagliato impatto sia sull'ambiente sia sugli organismi viventi, né con precisione gli effetti sulla salute umana (Duis, Coors, 2016; OIKOS, 2022).

La dispersione delle plastiche e delle microplastiche in ambiente è certamente da riconoscersi come un effetto indesiderato e, in termini economici, come un'esternalità negativa delle attività di produzione o di consumo della società. Questa forma di inquinamento determina un peggioramento del benessere sociale ad oggi non ancora definito in tutte le sue declinazioni, la cui conoscenza, anche in termini di quantitativi introdotti in ambiente, è incompleta ma oggetto crescente di studio di molti esperti.

Gli effetti a breve termine dell'inquinamento da microplastiche includono impatti diretti sull'ambiente e sul biota, mentre si prevede che gli effetti a lungo termine o secondari possano derivare dagli additivi chimici e microrganismi trasportati dalle microplastiche (Kershaw *et al.,* 2015).

Uno dei primi studi in cui compare il termine "microplastica" (Thompson *et al.*, 2004) faceva riferimento ad agglomerati di piccolissimi pezzetti di plastica ritrovati nei campioni di sedimenti ed acqua. Per molti anni, la distinzione tra "micro" e "meso" plastiche si è basata sulla dimensione massima di cinque millimetri (5 mm). La più recente letteratura scientifica, riferendosi ad una più coerente definizione dimensionale, definisce microplastiche quelle particelle di materiale plastico con dimensione massima di 1 millimetro (Van Cauwenberghe *et al.*, 2015; Browne *et al.*, 2011). Tuttavia, la definizione di microplastica non è ancora uniforme (da Costa *et al.,* 2016) ed altri *range* micrometrici sono in uso. Infatti, enti come il Comitato per l'Analisi Socioeconomica (SEAC), il Comitato per la Valutazione dei Rischi (RAC) dell'Agenzia Europea delle Sostanze Chimiche (*European Chemical Agency* - ECHA) suggeriscono che la dimensione limite inferiore non sia necessaria, neppure ai fini dell'applicazione della normativa proposta nel 2019 (per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo 2.4).

In Tabella 2 è riportato un recente esempio di categorizzazione delle plastiche basata sul *range* micrometrico proposto dall' *European Commission's Group of Chief Scientific Advisors* (SAM, 2018), il quale riconosce l'importanza dello sviluppo di un parere scientifico sull'inquinamento da microplastiche e i suoi impatti.

L'uso di differenti limiti dimensionali rende, quindi, non confrontabili le stime di presenza di microplastici proposti dai diversi studi.

Tabella 2 – Classificazione dimensionale delle microplastiche (SAM, 2018)

Classe dimensionale	*Range* dimensionale
Nanoplastiche	φ ≤ 0.1 μm
Microplastiche	0.1 μm < φ ≤ 1 mm
Mesoplastiche	1 mm < φ ≤ 5 mm
Macroplastiche	φ > 5 mm

Un'ulteriore classificazione delle microplastiche si basa sul loro processo di formazione. Anche in questo caso non vi è una definizione condivisa. Ad esempio, la classificazione proposta da Cole *et al.* nel 2011 suddivide le microplastiche in tre ambiti: primarie intenzionali, primarie non intenzionali e secondarie, come descritto in Tabella 3.

Altre classificazioni delle microplastiche si basano sulla forma: linee, film, frammenti e fibre (*Binelli et al.*, 2021). Anche il colore riveste grande importanza relativamente all'impatto delle microplastiche sugli organismi, i quali le ingeriscono sulla base di questa caratteristica (Wright *et al.*, 2013).

L'identificazione polimerica, insieme alla forma, alla dimensione, al colore, è un processo determinante che è importante operare con accuratezza per il corretto conteggio e la classificazione delle microplastiche.

Tabella 3 – Classificazione dimensionale in funzione della provenienza (Cole et al., 2011)

Classificazione	Definizione
Primarie intenzionali	*Particelle composte da polimeri sintetici e prodotte intenzionalmente con un diametro inferiore a 5 mm. Si tratta di microparticelle necessarie in diverse industrie ad esempio: petrolifero (drilling fuels), agricoltura (fertilizzanti), costruzione (vernici e abrasivi industriali), cosmetici e prodotti per la casa. "[…] plastiche convenzionali artificiali (polimeri sintetici che assumono forma solida a temperature ambiente). […] Includono polietilene (PE), polipropilene (PP), polistirolo (PS), polietilene tereftalato (PET), cloruro di polivinile (PVC), poliammide (nylon) e etilene vinil acetato (EVA), […] (lista non esaustiva)." (Scudo et al., 2017, da Terms of Reference – European Commission)*
Primarie non-intenzionali	*"Materiale composto anche da polimeri sintetici in forma solida, […] creati durante il ciclo di vita del prodotto o emessi a causa di perdite accidentali" (Hann et al., 2018)*
Secondarie	*"Derivano dai processi di invecchiamento chimico-fisico e degradazione di prodotti" (Duis, Coors, 2016) plastici macroscopici quali sacchetti e bottiglie di plastica, e particelle derivanti da usura di pneumatici.*

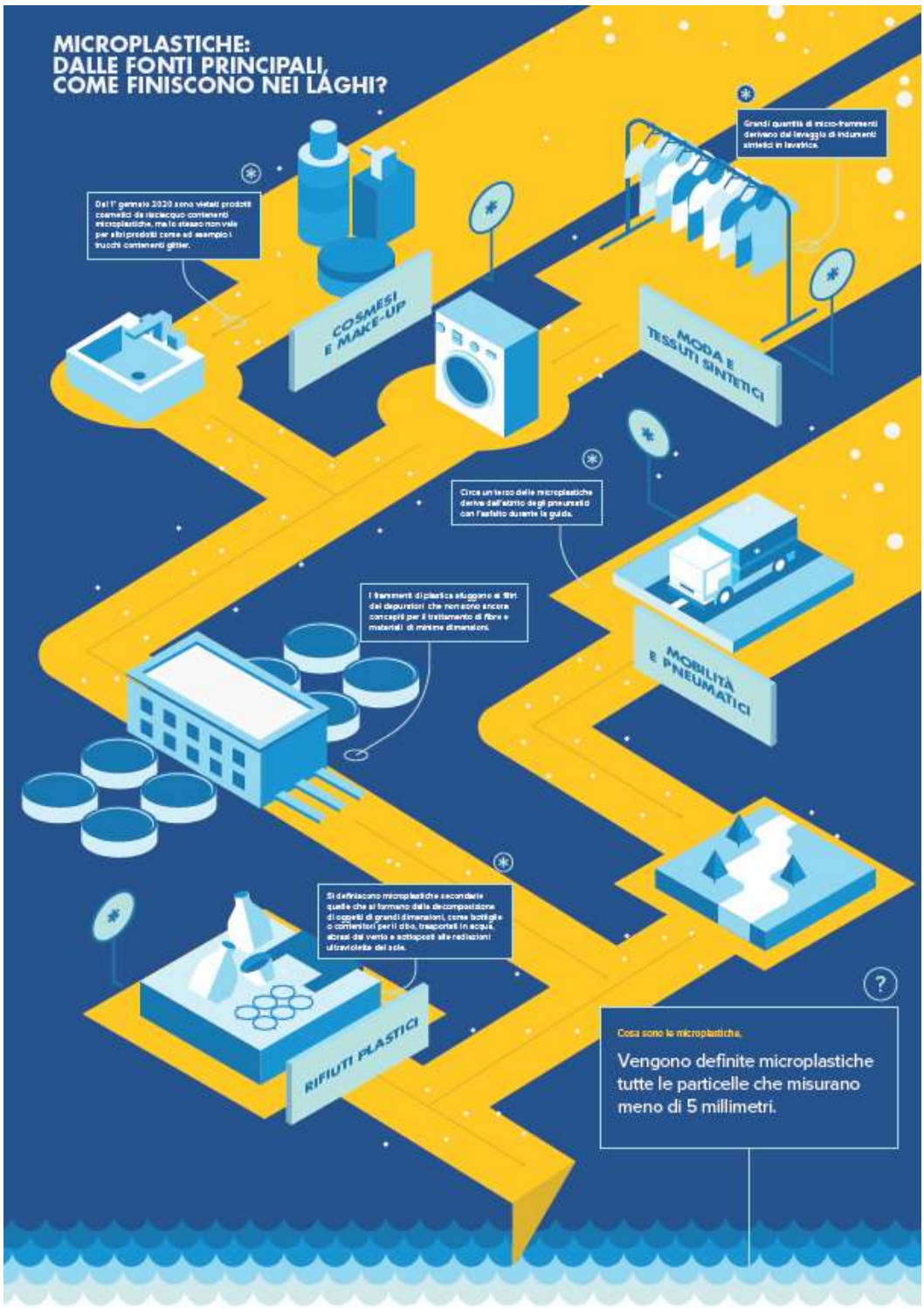
2.2. La provenienza delle microplastiche

Diverse sono le fonti di microplastiche e differenti sono i canali di diffusione in ambiente. In generale, l'esistenza di molteplici fonti e canali di diffusione comporta la complessità di analisi di tale esternalità negativa. Le principali fonti di microplastiche che giungono in ambienti acquatici interni, elencate nello studio effettuato da Galafassi et al. (2019) sono i prodotti per la cura personale, la dispersione in ambiente di microplastiche primarie, il lavaggio degli indumenti, l'usura degli pneumatici, la degradazione di pitture stradali, vernici, erba sintetica, abrasivi per sabbiatura, come schematizzato in Figura 2.

Le particelle raggiungono i corpi idrici superficiali di acqua dolce mediante due vettori principali: le fonti aeree (che trasportano perlopiù le particelle che compongono il *city-dust*, ovvero le particelle derivanti dall'usura del manto stradale o di materiali come pneumatici, ecc.) oppure attraverso altre fonti idriche (come le acque di scarico, gli impianti di trattamenti dei reflui, ecc.).

I meccanismi di contaminazione delle acque superficiali attraverso i vettori atmosferici non sono ancora stati approfonditi mentre è sicuramente più studiato l'apporto di microplastiche attraverso le acque reflue urbane. È stato, infatti, verificato che le diverse configurazioni tecnologiche degli impianti di trattamento presentano livelli di efficienza eterogenei nell'asporto di microplastiche dalla linea acque (Istituto Superiore di Sanità, 2021).

Figure 2 – Le fonti di MP



2.3. Le microplastiche nelle acque interne italiane

L'impegno della ricerca scientifica nello studio delle microplastiche in ambiente si è concentrato primariamente sugli ecosistemi marini e oceanici, tralasciando inizialmente lo studio sugli ecosistemi presenti nelle acque interne.

Una delle lacune conoscitive riguardanti le MP riguarda la stima delle quantità prodotte dall'UE[1][2] (Hann *et al.,* 2018; Scudo *et al.*, 2017). Solo alcuni settori merceologici sono in grado di fornire dati sugli usi delle microplastiche. Dunque, l'impossibilità di stimare il quantitativo complessivo di microplastiche è anche dovuta alla completa mancanza di informazioni per alcuni settori. Le incertezze, che includono le fonti, la distribuzione, i quantitativi e le concentrazioni in ambiente (Duis e Coors, 2016), rendono difficile sia lo sviluppo di una normativa che l'individuazione di soluzioni utili a mitigare il problema.

Così come per tutte le matrici ambientali, anche le analisi sulla diffusione delle microplastiche nelle acque superficiali italiane sono estremamente frammentate: esse sono infatti svolte a livello locale (singolo lago o bacini regionali) e con metodologie differenti. È importante considerare che condizioni idrogeografiche e socioeconomiche influenzano sia le fonti sia i canali di diffusione delle microplastiche nelle acque interne superficiali, rendendo ad oggi difficile la comparazione delle analisi e lo sviluppo di una soluzione unica e condivisa per il loro contrasto.

I principali studi riguardanti la presenza di microplastiche nelle acque interne italiane – descritti nei capoversi successivi - hanno investigato i laghi subalpini (Garda, Iseo, Como, Maggiore e Lugano) e i laghi di Bracciano, Trasimeno e Piediluco nell'Italia centrale; inoltre, sono disponibili studi sui fiumi Po, Adige e Lambro.

Le prime analisi effettuate nel lago di Garda, riportate da Imhof *et al.* (2013), hanno osservato una concentrazione di microplastiche compresa nell'intervallo 1,1 - 8,3 particelle per metro quadro nel sedimento raccolto in diversi campionamenti delle spiagge del lago. Gli autori hanno inoltre constatato differenze in concentrazioni nelle diverse zone di campionamento, tali differenze sono riconducibili alle condizioni orografiche e alla direzione dei venti. I componenti principali rilevati sono stati il polistirene (45,6%), il polietilene (43,1%) e il polipropilene (9,8%).

Nell'ambito delle attività di monitoraggio della campagna della "Goletta dei Laghi" di Legambiente, sono stati monitorati diversi laghi italiani, in collaborazione con ENEA, al fine di quantificare e comparare l'inquinamento da microplastiche nelle acque superficiali. Dall'analisi dei campioni provenienti da tre laghi subalpini (Iseo, Garda e Maggiore, Sighicelli *et al.*, 2018) è emersa una consistente omogeneità nella concentrazione media di microplastiche: 40.000 particelle per km^2 nel lago d'Iseo, 39.000 particelle per km^2 nel lago Maggiore e 25.000 particelle per km^2 nel lago di Garda. L'analisi include tutti i tipi di particelle comprese tra 1 e 5 mm. Differenze sono state rilevate in funzione dell'orografia dei punti di prelievo mentre i polimeri più rappresentati sono omogenei: principalmente polietilene e polipropilene, seguiti da particelle estremamente degradate di cui non è stata identificata l'origine.

---

[1] Il rapporto tecnico ISO/TR 21960:2020 raccoglie lo stato dell'arte della conoscenza scientifica attuale sulla presenza di macroplastiche e microplastiche nell'ambiente e nel biota, fornendo una panoramica sui metodi di valutazione, compreso il campionamento nelle varie matrici ambientali, la preparazione e l'analisi del campione. Vengono inoltre descritti metodi di test chimici e fisici per l'identificazione e la quantificazione delle materie plastiche.

[2] Due importanti report - *Intentionally added microplastics in products* (Scudo *et al.*, 2017) che si occupa nello specifico dell'individuazione di soluzioni alle microplastiche primarie intenzionalmente inserite nel prodotto e *Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products* (Hann *et al.*, 2018), entrambi report commissionati dalla DG-Environment della Commissione Europea a, rispettivamente, Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Limited ed EUNOMIA Research & Consulting Ltd - riescono comunque a fornire un'indicazione di quali sono le maggiori fonti di MP all'interno del territorio europeo attraverso i dati raccolti e stimati ai fini delle indagini commissionate dalla CE. Per un dettaglio si rimanda a (de Carli e Zanini, 2021).

Sempre nell'ambito della campagna "Goletta dei Laghi" di Legambiente è stato portato avanti lo studio di Binelli *et al.* (2020) che si è dedicato al monitoraggio dei laghi Maggiore, Como, Iseo e Garda, andando ad approfondire anche gli effetti eco-tossicologici derivanti dall'esposizione a questi inquinanti.

Nell'ambito del progetto LIFE *Blue Lakes*, sono stati monitorati i laghi Bracciano e Trasimeno, dal 2020 al 2022, per comprendere la variabilità di presenza e distribuzione delle particelle. Similmente a quanto rilevato per altri laghi subalpini nella campagna "Goletta dei Laghi" di Legambiente, le principali particelle rilevate sono costituite da polietilene e polipropilene. In aggiunta, i partner del progetto LIFE *Blue Lakes* hanno studiato la stagionalità della composizione e origine degli inquinanti: in primavera viene infatti osservato un incremento di film derivanti da imballaggi, mentre le fibre, associate perlopiù al lavaggio degli indumenti, non sono state rilevate nei campionamenti primaverili (Blue Lakes, 2022).

Gli studi di seguito elencati hanno riguardato anche la presenza di queste particelle in alcuni fiumi italiani.
Dal 2020, nell'ambito del progetto "*Manta River*", l'Autorità di bacino distrettuale del Po monitora le acque dell'intera asta del fiume Po. I risultati relativi al primo periodo di campionamento (2020) hanno messo in evidenza che la quantità di microplastiche rilevata, pari a 2,06-8,22 particelle per m^3, è in media minore rispetto ad altri fiumi europei. Nonostante sia stata osservata una significativa variabilità in funzione dei punti di prelievo, le forme dominanti sono prevalentemente frammenti composti da polietilene e polipropilene. Le fonti principali (64%) includono scarichi civili ed industriali, agricoltura e pesca (Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, 2020).

L'Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima di Bolzano-Alto Adige monitora le acque superficiali dei principali fiumi altoatesini dal 2019, anno in cui iniziò il progetto pilota sul fiume Adige. In tale occasione fu riscontrata una concentrazione di microplastiche pari a 842,67 per m^2 (Provincia Autonoma Bolzano-Alto Adige, 2022).

Un ruolo chiave nelle indagini ambientali sulle microplastiche nelle acque interne lo ha avuto il monitoraggio effettuato lungo il corso del Fiume Lambro. Tale corpo idrico è stato scelto in quanto il Lambro riceve effluenti provenienti da numerosi impianti di depurazione, nonché diversi tributari artificiali e naturali, oltre ad attraversare una delle zone più industrializzate e antropizzate d'Italia. Per l'approfondimento di questi studi si rimanda al report della Fondazione AquaLAB (Binelli *et al.,* 2021) e agli studi di Magni *et al.* (2021).

Un altro ambito di ricerca altrettanto significativo quanto la concentrazione delle microplastiche riguarda le fonti di immissione e le dinamiche di diffusione nei corpi idrici superficiali. Uno studio dell'Università degli Studi di Milano (Magni *et al.,* 2018) ha valutato la presenza delle microplastiche in relazione all'impianto di depurazione di acque reflue urbane di Nosedo (Milano). Sulla base delle particelle che sono state ritrovate e del dato giornaliero di acque reflue trattate dall'impianto (400.000.000 L/giorno) è stato possibile stimare un numero di particelle plastiche che entra quotidianamente nel depuratore pari a 1 miliardo e si è calcolato che circa 160 milioni di microplastiche vengono rilasciate ogni giorno dallo scarico del depuratore nel corpo idrico recettore.

Esistono infine studi che approfondiscono anche le acque transfrontaliere. Tra questi l'indagine di Faure *et al*. (2015), che analizza tutte le principali acque superficiali svizzere includendo, tra gli altri, anche il lago di Costanza ove gli autori hanno riscontrato una media di 61.000 particelle per km^2. Similarmente, il report dell'*École polytechnique fédérale de Lausanne* (EPFL) sui laghi svizzeri include nell'analisi il lago Maggiore e Ceresio, caratterizzati da una concentrazione di microplastiche di circa 0,22 particelle per metro quadrato, tipicamente dovute a fonti come imballaggi e materiali utilizzati nell'edilizia (Repubblica e Cantone Ticino, 2022).

L'eterogeneità dei risultati degli studi appena descritti, riassunti in Tabella 4, evidenziano la necessità di adottare definizioni standardizzate affinché la problematica delle microplastiche sia effettivamente misurabile, comparabile e si abbiano dunque le giuste basi per affrontarla. L'applicazione di protocolli univoci, implementati su larga scala e a frequenza costante, permetterebbe di costruire un database di

informazioni completo. L'ottenimento di statistiche rilevanti sulla problematica relativa alle microplastiche è necessario per implementare interventi sia finalizzati alla qualità ambientale sia alla salute umana (ad esempio per la determinazione di soglie critiche di concentrazione e il loro rispetto).

Oltre alle problematiche riguardanti la concentrazione delle MP nelle acque si dovrà, in futuro, volgere lo sguardo non solo alla questione dell'accumulo di queste sostanze in ambiente ma anche al suo impatto per la salute del biota lacustre e fluviale. Sebbene, in ambiente marino, l'impatto delle microplastiche sulla fauna ittica sia tra i temi più studiati, i rapporti sull'ingestione di microplastiche in ambienti di acqua dolce sono ancora scarsi. Solamente Galafassi *et al*. (2021) hanno campionato un totale di 80 esemplari di pesce persico dai laghi italiani Como, Garda, Maggiore e Orta riscontrando la presenza di particelle di microplastica nell'86% dei campioni analizzati, a ulteriore conferma della loro larga diffusione nelle acque interne. Altre specie e ulteriori analisi sono dunque necessarie per affrontare, sul lungo termine, anche la problematica della sicurezza alimentare dovuta alla magnificazione di inquinanti nelle più consumate specie ittiche.

Tabella 4 – Concentrazione di microplastiche rilevate nelle acque interne italiane

Corpo idrico	Concentrazioni di microplastiche	Unità di misura	Principale componente	Anno monitoraggio	Bibliografia
Lago di Garda	1,1 - 8,3	particelle/m^2	Polistirene	n.d.	Imhof *et al*., 2013
Lago d'Iseo	0,015 – 0,57	particelle/m^2	Polietilene	2016	Sighicelli *et al*., 2018
Lago Maggiore	0,29 – 0,45	particelle/m^2	Polietilene	2016	Sighicelli *et al*., 2018
Lago di Garda	0,004 – 0,055	particelle/m^2	Polietilene	2016	Sighicelli *et al.,* 2018
Lago di Como	0,028	particelle/m^2	Polipropilene	2019	Binelli *et al.,* 2020
Lago di Lugano	0,213	particelle/m^2	Polietilene	2018	Repubblica e Cantone Ticino, 2022
Fiume Po	2,06 – 8,22	particelle/m^3	Polietilene	2020	AdBD Po, 2020
Fiume Lambro	0,5 – 14,3	particelle/m^3	Polipropilene, Polietilene	2018	Magni *et al*. 2021
Fiume Adige	842,67	particelle/m^2	N.d.	2019	Provincia Autonoma Bolzano-Alto Adige, 2022
Fiume Lambro Scarico impianto di trattamento delle acque reflui	0,0004	particelle/m^3	Poliestere	2017	Magni *et al*. 2018

2.4. La normativa in materia di microplastiche

Nonostante la conoscenza sugli impatti delle microplastiche sugli ecosistemi e sugli esseri viventi sia ancora limitata, la Commissione Europea, e di conseguenza l'Italia, ha previsto azioni legislative in attuazione del principio di precauzione, per impedire l'ulteriore diffusione delle microplastiche e limitare il danno ambientale (Brennholt, Reifferscheid, 2018).

Si riportano di seguito i riferimenti normativi più rilevanti, esplicitando la loro rilevanza e interconnessione con le microplastiche.

Con la **Direttiva Quadro Acque – 2000/60/CE** (*Water Framework Directive* – WFD) si è sviluppato a livello europeo un sistema unitario ed un approccio circolare della gestione idrica al fine di mantenere i corpi idrici, superficiali e sotterranei, in buono stato ecologico (acque superficiali), chimico e quantitativo. Nonostante la WFD sia considerata la base legislativa per la protezione delle acque interne, stabilendo che la quantità di inquinanti deve essere minimizzata, la direttiva non riporta alcun riferimento specifico alle MP e delega agli stati membri la definizione degli standard ambientali. Alcuni esperti, tuttavia, ritengono che la direttiva tratti già indirettamente il tema delle MP mirando al mantenimento della qualità generale delle acque (Brennholt e Reifferscheid, 2018). Proposte per l'aggiornamento della WFD e le sue "direttive figlie" sono attualmente al vaglio del Consiglio e del Parlamento Europeo: tra queste la *co-decision procedure* (COD) 540 del 26 ottobre 2022. Quest'ultima propone l'inclusione delle MP tra i composti emergenti monitorati allo scopo di valutare il loro impatto sulle acque superficiali e sotterranee. Qualora sia approvata, la Commissione europea potrebbe richiedere agli Stati membri di redigere specifici protocolli di monitoraggio e, in funzione dei livelli di rischio per la salute umana e ambientale riscontrati, di formulare appropriate misure di mitigazione (*European Investment Bank*, 2023). A supporto delle misure di mitigazione ed i relativi investimenti, si considera anche l'implementazione di un nuovo sistema di responsabilità estesa del produttore così che la responsabilità finanziaria dell'esternalità negativa ricada sull'attore inquinante e non sul soggetto inquinato. Questo approccio favorirebbe l'ammodernamento di numerosi impianti di trattamento per le acque reflue urbane.

La **Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino – 2008/56/CE** (*European Marine Strategy Framework Directive* – MSFD) si pone in maniera complementare alla WFD, regolando lo stato qualitativo delle acque salate. La direttiva mira al mantenimento del buon stato ecologico delle acque (articolo 3, paragrafo 5, articolo 9, paragrafi 1 e 3, e articolo 24) e fornisce una lista di descrittori per la sua determinazione: tra questi si impone un livello di rifiuti marini che non danneggino l'ambiente marino e costiero né per causa della quantità né per qualità (Allegato I, paragrafo 10). Nonostante essa non citi direttamente le MP, esse possono essere considerate come rifiuti marini: per tal ragione numerosi autori riportano la direttiva originale come primo passo verso la regolamentazione delle MP nelle acque. In seguito, la Decisione (UE) 2017/848 della Commissione, del 17 maggio 2017 ha meglio specificato le componenti dei rifiuti marini inserendo tra questi anche le MP ("Microrifiuti – particelle inferiori a 5 mm, classificati nelle categorie «materiali polimerici artificiali» e «altro»"). Essa ha inoltre definito criteri e metodologie che gli Stati membri devono seguire per la definizione degli standard ambientali, ovvero un insieme di caratteristiche e di standard di monitoraggio e la valutazione dello *status* delle acque (specialmente in occasione di interventi e programmi coordinati).

La **Direttiva Reflui Urbani – 91/271/EEC** è stata adottata nel 1991 al fine di proteggere l'ambiente e soprattutto i corpi idrici da sversamenti di reflui urbani e industriali, regolandone il collettamento, trattamento e scarico. Essendo vetuste, le direttive includono soglie massime per i principali inquinanti ma nessun riferimento alle MP. Nonostante la Direttiva 91/271/EEC ed i successivi emendamenti si siano dimostrati efficaci per la riduzione di Domanda Biochimica di Ossigeno (*Biochemical Oxygen Demand* - BOD), azoto e fosforo rispetto ai livelli pre-1990 (Commissione europea, 2019), alcuni Stati Membri non si sono ancora totalmente conformati agli standard richiesti dalle norme evidenziando un livello di *governance* disomogeneo. Inoltre, con la comparsa di nuovi rischi e sfide globali è richiesto l'aggiornamento della Direttiva 91/271/EEC affinché sia possibile allinearsi con i più stringenti obiettivi europei: tra questi, per esempio, spicca l'*European Green Deal*, il quale mira alla lotta ai cambiamenti

climatici, a rinforzare l'economia circolare ma soprattutto a contrastare il degrado ambientale. Proprio per una lotta efficace al degrado ambientale e all'inquinamento la proposta include le microplastiche: in particolare mira a imporre soglie graduali per la rimozione dei micro-inquinanti, iniziando da impianti di trattamento per più di 10.000 abitanti equivalenti. L'applicazione di norme stringenti richiede inoltre sistemi di analisi e controllo standardizzati così da poter applicare un sistema di finanziamento basato sulla *producer responsibility*. Secondo la Commissione Europea (2022), l'applicazione dei miglioramenti proposti potrebbe portare ad una riduzione delle microplastiche emesse del 9% entro il 2040.

La Commissione Europea alla fine del 2022 ha presentato il pacchetto "Zero pollution, contenente, tra l'altro, la proposta di revisione della direttiva 91/271/CEE sul trattamento delle acque reflue urbane, ora all'esame del Parlamento europeo e del Consiglio UE. Tale revisione include anche il contrasto ai nuovi microinquinanti, tra i quali si annoverano le microplastiche, come accennato sopra riferendosi alla Direttiva Quadro Acque.
La proposta in argomento, redatta sulla base della valutazione d'impatto condotta dalla Commissione tra gli Stati membri, è stata presentata dalla Presidenza svedese, ed analizzata in Consiglio Ambiente a Bruxelles, in sede di Gruppo Ambiente (WPE), tra novembre 2022 e marzo 2023. La Presidenza predisporrà un testo revisionato, con il contributo degli Stati Membri, che trasmetterà successivamente alla subentrante Presidenza spagnola che ne assicurerà i seguiti.

Il **Regolamento (UE) 2019/2023** per la progettazione ecocompatibile delle lavatrici per uso domestico e delle lavasciuga di biancheria per uso domestico[3] norma l'intensità energetica e il consumo d'acqua di lavatrici e lavasciuga di uso domestico al fine ridurne l'impatto ambientale. Sebbene ad ora non preveda alcuna restrizione sulle microplastiche, all'Articolo 8 viene richiesta la revisione dello stesso entro il 25 dicembre 2025 affinché possa includere "la fattibilità e l'adeguatezza di nuove specifiche norme volte a ridurre le microplastiche nell'acqua in uscita, come l'uso di "filtri". In tal caso il regolamento si inserirà tra quelle norme volte al rilascio involontario di MP nell'ambiente: ad oggi viene considerato come un monito dalle aziende produttrici di elettrodomestici, spingendole ad interessarsi alla questione relativa alla presenza di MP in anticipo rispetto alla sua attuazione.

Nel gennaio 2019 l'ECHA ha avviato il percorso decisionale necessario all'introduzione di restrizioni all'utilizzo delle microparticelle di polimeri sintetici con l'obiettivo di modifica dell'allegato XVII del Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alla registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals* - REACH). Le restrizioni studiate riguardano le microparticelle intenzionalmente aggiunte ai prodotti immessi sul mercato, quali ad esempio i prodotti cosmetici, i detergenti industriali, i prodotti per la pulizia anche della casa, le vernici, i prodotti fitosanitari e i fertilizzanti agricoli. Nel 2021 la Commissione europea, alla luce della relazione dell'ECHA e del parere combinato dei comitati, ha elaborato la proposta di modifica dell'elenco delle sostanze soggette a restrizioni ai sensi dell'allegato XVII del regolamento REACH. La proposta sarà sottoposta al voto degli Stati membri dell'UE in seno al comitato REACH e si prevede per il 2023 l'eventuale adozione. La previsione di efficacia risultante dall'introduzione della misura è pari alla riduzione, nell'arco di 20 anni, di circa 500.000 tonnellate di MP altrimenti immesse in ambiente.

La **Direttiva sulla riduzione dell'incidenza di determinati prodotti di plastica sull'ambiente – (UE) 2019/904** (*Single Use Plastic* – SUP), mira a limitare i prodotti in plastica monouso nonché a favorire l'istituzione di un'economia circolare che risponda alle esigenze di riutilizzo, riparazione e riciclaggio dei prodotti in plastica. Sebbene le MP non rientrino direttamente nell'applicazione della direttiva, essa viene considerata come un primo passo verso il contrasto al loro rilascio nell'ambiente: in quanto indirettamente contrasta la contaminazione ambientale con oggetti il cui deterioramento porterebbe alla

[3] Regolamento (UE) 2019/2023 della Commissione del 1ottobre 2019 che stabilisce specifiche per la progettazione ecocompatibile delle lavatrici per uso domestico e delle lavasciuga biancheria per uso domestico in applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, modifica il regolamento (CE) n. 1275/2008 della Commissione e abroga il regolamento (UE) n. 1015/2010 della Commissione (Testo rilevante ai fini del SEE).

creazione e dispersione di MP. La direttiva stessa non manca di ricordare l'importanza per l'UE di perpetuare la lotta alle MP e la necessità di un approccio globale al problema.

Più recentemente, la **Direttiva concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano – (UE) 2020/2184**[4] ha introdotto norme stringenti volte a proteggere la salute umana dagli effetti negativi derivanti dalla contaminazione delle acque destinate al consumo umano. Esse introducono standard sia microbiologici sia chimici, e invitano gli Stati Membri a istituire misure di monitoraggio, valutazione e gestione del rischio. Viene inoltre istituito un meccanismo dell'elenco composti emergenti[5] (tra cui le MP), volto a stimolare e integrare le nuove conoscenze sulla loro importanza per la salute umana, nonché sui metodi e gli approcci di monitoraggio più adeguati (Direttiva 2020/2184/UE). La direttiva rimarca inoltre la necessità di adottare una metodologia per misurare le MP entro il 12 gennaio 2024, e di presentare una relazione sulle potenziali minacce per le fonti di acque destinate al consumo umano dovute al Parlamento e al Consiglio Europeo entro il 12 gennaio 2029. Per questa ragione, sia a livello europeo sia nazionale, si stanno organizzando diversi gruppi di lavoro al fine di individuare una metodologia armonizzata e condivisa, basata sulle proposte di ciascuno Stato Membro, di protocolli analitici volti alla valutazione delle MP nelle acque potabili. In Italia il compito di definire un quadro nazionale delle attività è stato affidato al Ministero della Salute, il quale, coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità, dovrà individuare *stakeholder* ed esperti in materia di microplastiche (ISS, 2022). Il Ministero della Salute ha inoltre formalizzato il Gruppo Nazionale di lavoro (GNL) per la determinazione e caratterizzazione di microplastiche nelle acque destinate al consumo umano ai sensi della direttiva (UE) 2020/2184, che si è riunito per la prima volta il 16 giugno 2022. La composizione del GNL è in costante aggiornamento, al fine di coinvolgere nelle attività il maggior numero possibile di esperti nazionali in materia. Il *pool* organizzato dovrà redigere il protocollo analitico da sottoporre alla Commissione Europea (CE), permettendo di inserire le microplastiche nella "*watch list*" dei composti emergenti. L'inserimento delle microplastiche nella *watch list* è stato recentemente regolamentato in Italia mediante il D.Lgs. 23 febbraio 2023, n. 18. Queste norme rappresentano i primi passi verso una inclusione più sinergica della lotta alle MP nelle normative europee, ed il loro progresso potrà essere garantito solo sulla base di evidenze scientifiche (studi standardizzati e ad hoc) ed il coinvolgimento di tutti gli *stakeholder* coinvolti. Come già evidenziato, la mancanza di standardizzazione in merito alle dimensioni delle microplastiche complica la formulazione di una normativa efficace al contrasto alle microplastiche, ostacolando quindi la possibilità di stipulare accordi internazionali per tutelare le acque transfrontaliere.

A livello italiano, la Legge n. 205/2017 (Legge di bilancio 2018) ha previsto, dal primo gennaio 2020, il divieto di produrre e commercializzare prodotti "cosmetici con azione esfoliante o da risciacquo" contenenti microplastiche. Il divieto non è valido per altre tipologie di cosmetici (es. rossetti, lucidalabbra, mascara, cipria e fondotinta).

[4] La Direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano è stata recepita nell'ordinamento italiano attraverso il D. Lgs. 23 febbraio 2023, n. 18. Il Decreto è in vigore dal 6 marzo 2023 ed abroga il Decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 che attuava la passata direttiva 98/83/CE.

[5] Una "*watch list*" d'osservazione di nuove sostanze, potenzialmente rischiose per la salute qualora presenti nelle acque potabili (ISS 2022).

3. Gli strumenti operativi proposti dal progetto LIFE Blue Lakes per il contrasto alle microplastiche nelle acque superficiali

In questo capitolo vengono illustrati tre strumenti operativi, elaborati dal progetto LIFE *Blue Lakes*, per il contrasto alle microplastiche nei corpi idrici superficiali. I primi due sono i protocolli di monitoraggio delle microplastiche rispettivamente nei corpi idrici e negli impianti di trattamento del Sistema Idrico Integrato per la potabilizzazione delle acque e per la depurazione dei reflui. In aggiunta, viene presentata una stima dei costi di implementazione dei protocolli. Il terzo strumento presentato è la Carta del Lago, strumento volontario finalizzato ad adottare misure normative, di governance e di sensibilizzazione volte a ridurre la presenza delle microplastiche nei laghi.

3.1. Il protocollo di monitoraggio delle microplastiche nei corpi idrici superficiali

Il protocollo di monitoraggio delle microplastiche nei laghi è stato elaborato nel quadro delle attività di monitoraggio del progetto *Blue Lakes*, finalizzate a raccogliere dati sulla concentrazione e diffusione delle microplastiche nelle acque e nei sedimenti delle spiagge del lago Trasimeno e del lago di Bracciano. Il protocollo è stato sviluppato per omogeneizzare le procedure di prelievo dei campioni e di analisi in laboratorio.

I due laghi sono stati scelti in quanto già da alcuni anni Legambiente ed ENEA svolgono attività di monitoraggio sulle microplastiche nell'ambito della campagna Goletta dei Laghi[6]. Ottimizzando l'esperienza e i risultati ottenuti dalle precedenti campagne, è stato possibile integrare dati ed elaborare informazioni funzionali alle due fasi di pianificazione del protocollo di monitoraggio.

Nella fase di **analisi preliminare**, sono state esaminate le condizioni locali di ciascun lago: le caratteristiche geomorfologiche, climatiche, la direzione e intensità dei venti prevalenti, la distribuzione delle aree maggiormente antropizzate. Sulla base di questa indagine, sono state identificate aree di accumulo e zone critiche, e stimate le possibili fonti di inquinamento in relazione alla presenza di attività antropiche locali. Nella valutazione generale dell'area di studio, un importante aspetto ha riguardato la disponibilità e tipologia di mezzi e le relative autorizzazioni per la navigazione, come nel caso specifico di Bracciano e Trasimeno, entrambi Parchi Regionali con limiti di navigabilità.

Questa fase dello studio ha permesso la definizione di un **disegno di monitoraggio comprensivo** delle indicazioni relative a numero e posizione dei transetti rappresentativi della dimensione superficiale di ciascun lago, della presenza di aree di *hot-spot* e di bianco rispetto ad attività antropiche, alla frequenza e tempistica di ogni campionamento in relazione alla variabilità stagionale dei siti.

L'elaborazione delle informazioni acquisite ha contribuito a delineare, per entrambi i laghi pilota, cinque transetti in acqua e quattro sulle spiagge, e di programmare nel primo anno di monitoraggio quattro campagne di campionamento nelle diverse stagioni (estate 2020, autunno 2020, inverno 2021, primavera 2021) funzionali a comprendere la variabilità nella presenza e distribuzione delle microplastiche associata ai percorsi di flusso nelle diverse condizioni ambientali.

Quindi, integrando pratiche comuni individuate in letteratura con l'attività di monitoraggio dei laghi pilota, è stata sviluppata una **procedura operativa standard per il campionamento** e l'estrazione di microplastiche dall'acqua e dai sedimenti delle spiagge. Per ogni matrice ambientale è stato elaborato sia un protocollo operativo di campionamento con descrizione delle attrezzature necessarie sia un protocollo operativo di analisi dei campioni prelevati.

Il protocollo è quindi strutturato in quattro fasi:

1. l'**analisi preliminare**, con la quale si analizzano le condizioni locali: caratteristiche geomorfologiche, proprietà idrologiche e situazione meteorologica; si identificano *hot-spot* e aree

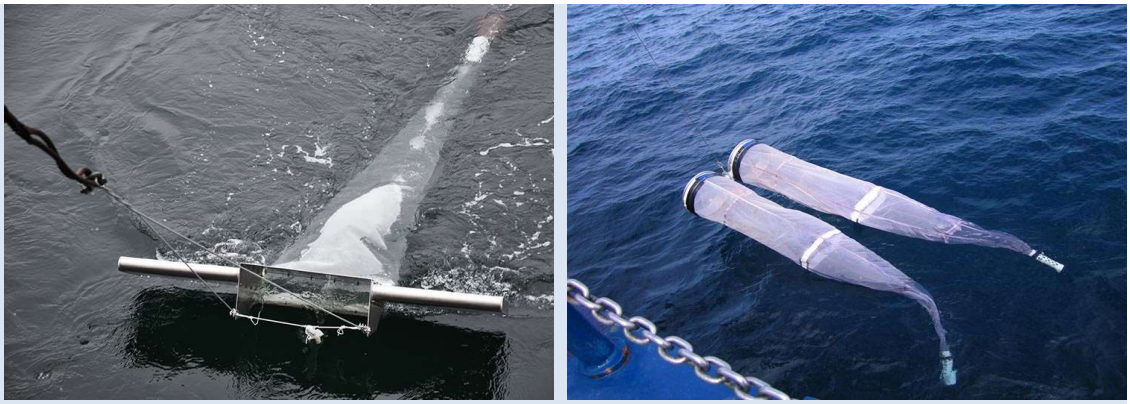
[6] https://www.legambiente.it/campagna/golettadeilaghi/

critiche; si valutano le possibili fonti di inquinamento in relazione alla presenza di pressione umana; si verifica la disponibilità di natanti idonei all'attività di campionamento e autorizzazioni per la navigazione.

2. il **disegno di monitoraggio**, in cui vengono scelti numero e posizione dei siti di campionamento; frequenza e tempistica di campionamento. Le informazioni acquisite nell'indagine preliminare consentono di delineare il transetto in acqua e sulle spiagge, e di programmare la campagna di campionamento nelle quattro stagioni.
3. l'**attività di campo,** attraverso il campionamento delle microplastiche nelle diverse matrici, sulla superficie, nella colonna dell'acqua e nei sedimenti della spiaggia. Per ogni matrice ambientale è presente il relativo protocollo di campionamento specifico e l'attrezzatura necessaria. Nello specifico delle campagne *Blue Lakes*, i campionatori utilizzati per le acque superficiali sono il retino Manta (in accordo con il protocollo *Marine Strategy*) e retino Bongo, adatti ad eseguire retinate a velocità e durata costanti, sia in orizzontale sia in verticale. Le retinate verticali sono state eseguite con entrambi i retini mentre in verticale solo con il Bongo, in modo da valutare l'idoneità di quest'ultimo nel campionamento di superficie e migliorare quello in colonna, nonché a confrontare maglie di dimensioni diverse: infatti il retino Manta in uso è caratterizzato da maglie di dimensioni di 330µ mentre il retino Bongo da maglie di 100µ. Per il prelievo dei sedimenti viene utilizzato un carotatore cilindrico in metallo in acciaio inox di 5 cm di diametro e 15 cm di altezza nei due transetti di campionamento di ogni spiaggia: transetto della battigia e transetto di primo deposito materiale. Ogni transetto è composto da due sub-transetti che rappresentano le repliche dello stesso campione, distanziati l'uno dall'altro di almeno 20 m.
4. l'**attività di laboratorio** con la quale il campione d'acqua e di sabbie viene trattato. Attraverso la setacciatura, cernita visiva e separazione si procede alla conta delle particelle e alla caratterizzazione fisica eseguita allo stereo-microscopio per determinare dimensione (tra 100µ e 5 mm), forma (frammento, filamento/fibra tessile, film, *pellet/beads*, foam/pallina polistirolo), colore (nero/blu, bianco, trasparente, altri colori), e infine mediante la tecnica di spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier all'identificazione della composizione chimica dei polimeri, con la quale si corregge il dato quantitativo finale nell'analisi dei dati.

La presenza di microplastiche viene determinata per ogni campionamento stagionale. In questo modo è possibile evidenziare la variabilità della quantità di microplastiche nel tempo e migliorare la comprensione dei percorsi delle MP nei sistemi di acqua dolce esaminati. I dati elaborati per ciascun lago monitorato nelle diverse stagioni vengono raccolti in un database funzionale alla condivisione con le Agenzie regionali per la protezione ambientale (ARPA) insieme alle informazioni e risultati dell'attività di monitoraggio in corso e di quelle programmate.

Figura 3 – Il retino Manta (a sinistra) e il retino Bongo (a destra) utilizzati nel progetto Blue Lakes



Stima dei costi di monitoraggio delle microplastiche nei corpi idrici (laghi)

La fase di analisi preliminare e disegno di monitoraggio richiede l'impegno medio di 3 giornate/uomo di un tecnico laureato senior per la raccolta e valutazione i delle informazioni locali note, funzionali alla definizione del numero e della posizione dei transetti, e sopralluogo del corpo idrico

L'attività di campo prevede l'impegno di 3/4 giornate/uomo di cui una giornata per pianificare la campagna di campionamento: allestimento di imbarcazione, attrezzatura e materiali necessari; una/due giornate per la realizzazione dei campionamenti e, infine, una giornata per la sistemazione dei campioni e dei materiali utilizzati. Il numero di transetti è variabile e dipendente dalla dimensione del lago: nel caso dei laghi, Trasimeno e Bracciano sono stati realizzati cinque transetti ciascuno; sul Lago d'Orta ne sono stati realizzati tre, mentre su laghi di dimensioni maggiori come Garda e Maggiore ne richiederebbero almeno 9-10 e relative repliche. Per l'attività di campionamento sono necessarie da 2 a 3 persone e oltre ad una persona per manovrare la barca. Per attrezzatura e materiali di campionamento (retini Manta, Bongo, flussimetri, contenitori, ecc.) è previsto un investimento iniziale compreso tra i 20.000 e i 25.000 euro. Per quanto riguarda l'imbarcazione da utilizzare, nel caso di affitto è necessario prevedere una spesa compresa di circa 500 euro/giorno[7]. Il costo giornaliero di utilizzo nel caso di una imbarcazione di proprietà dell'ente non è al momento quantificabile.

L'attività di laboratorio richiede la presenza di strumentazione idonea alla caratterizzazione dei campioni pertanto occorre prevedere l'acquisto di uno spettrometro infrarosso, nello specifico ATR micro-FT-IR. L'investimento iniziale è di circa 120.000 euro e i costi di gestione e manutenzione sono quantificabili in 10.000 euro/anno. In alterativa, occorre prevedere ad accordi o contratti di servizi per le analisi con laboratori attrezzati il cui costo è stimabile in 40.000 euro/anno. I costi relativi alla fase di pretrattamento e preparazione dei campioni su cui effettuare successivamente l'analisi spettrale sono quantificabili in un investimento iniziale di 20.000 euro di materiali (capsule Petri, setacci, stereomicroscopio).

Per svolgere le diverse fasi delle attività di laboratorio dei campioni prelevati in una campagna stagionale, le ore/uomo previste su cui valutare i costi di personale sono: per attività di pre-trattamento, *sorting* e caratterizzazione fisica sono necessarie mediamente 5 giornate/uomo; per la caratterizzazione chimica sono necessarie ulteriori 5 giornate/uomo. Le figure professionali richieste sono tecnici laureati di laboratorio. Per la validazione dei risultati derivante da una campagna di misura è da prevedere inoltre 1 giornata/uomo del dirigente responsabile.

3.2. Il protocollo di monitoraggio negli impianti di potabilizzazione e depurazione

Nelle acque che alimentano gli impianti del servizio idrico integrato (SII) circolano microplastiche provenienti da un'ampia varietà di fonti: le fibre da bucato tessile, le materie plastiche nei prodotti per la cura della persona, nonché la frammentazione di oggetti di plastica più grandi scaricati nel sistema fognario o presenti nelle acque di dilavamento, le materie plastiche negli scarichi industriali e le particelle di usura di pneumatici e strada. Gli impianti di depurazione sono spesso considerati erroneamente come una fonte di microplastiche per l'ambiente, tuttavia, la maggior parte delle microplastiche rilasciate non origina dai processi interni agli impianti. Per questo motivo, la definizione più appropriata delle sezioni impiantistiche del servizio idrico è quella di elementi funzionali che fungono da "percorso di rilascio". In realtà, si evidenzia che gli impianti di potabilizzazione e depurazione effettuano, in modo indiretto, una rimozione consistente delle microplastiche tramite i processi, prettamente fisici o fisico-chimici, convenzionalmente presenti nelle configurazioni impiantistiche tipiche di trattamento. Tuttavia, ad oggi risulta essenziale approfondire la misurazione delle microplastiche nei flussi in ingresso ed in uscita dagli impianti, per l'effettiva quantificazione e l'individuazione di valori tipici, e dunque per indirizzare appropriate soluzioni tecnologiche di mitigazione. In questo senso, ad oggi non esistono metodologie

[7] Si intende un'imbarcazione autorizzata alla navigazione nel lago da campionare e attrezzata per attività di monitoraggio ambientale.

standard di campionamento e determinazione delle microplastiche applicate alle acque potabili ed alle acque reflue.

Il protocollo tecnico per il monitoraggio delle microplastiche negli impianti di potabilizzazione e di depurazione delle acque reflue urbane, elaborato nell'ambito del progetto LIFE *Blue Lakes,* ha l'obiettivo di proporre un protocollo normalizzato applicabile, a supporto della fase fondamentale di assessment conoscitivo da applicare nel Servizio Idrico Integrato.

Il protocollo si articola in sette fasi successive (Figura 5).

Campionamento di matrici del Servizio Idrico Integrato per l'analisi delle microplastiche (MP) e Microfibre (MF)

Piano di campionamento

Per consentire un'analisi completa della presenza e del "destino" delle microplastiche e microfibre negli impianti di depurazione e potabilizzazione delle acque si suggerisce di raccogliere oltre all'affluente e l'effluente, campioni intermedi dalla linea acque e fanghi dopo trattamenti meccanici, chimici o biologici in base allo specifico *layout impiantistico*. Si consiglia, inoltre, di ripetere il campionamento almeno due o tre volte l'anno per rilevare eventuali variabilità, anche stagionali. I volumi da campionare devono essere scelti funzionalmente al punto di prelievo, ma si consigliano quantità comprese tra 200 e 1000 litri per ovviare agli aspetti di rappresentatività dei risultati finali.

Procedure di campionamento

Il prelievo dei campioni può essere effettuato attraverso diverse modalità, la cui applicabilità dipende dal tipo di matrice da analizzare e dalle condizioni operative dell'impianto di trattamento.

Le procedure sono state ottimizzate per: i) limitare la contaminazione esterna da MP e MF (Microfibre), ii) consentire il campionamento di elevati volumi in modo da aumentare la rappresentatività del risultato, iii) registrare in maniera automatica i volumi campionati, iv) avere la possibilità di modulare durata e frequenza del campionamento, v) fornire agli operatori dell'impianto un dispositivo facile da utilizzare per il monitoraggio delle MP.

Di seguito si riportano opzioni e configurazioni diverse attuabili per il campionamento dei flussi della linea acque o principale di trattamento all'interno degli impianti di depurazione, di potabilizzazione o nelle linee di distribuzione. Tutto il materiale plastico eventualmente utilizzato in fase di campionamento va verificato ed acquisito in fase di analisi di laboratorio, per ovviare a potenziali contaminazioni; un campione di bianco va raccolto in fase di campionamento.

Il sistema più elementare è costituito da batterie di setacci in acciaio posti in serie, utilizzati solitamente in caso di campionamenti istantanei e per quantità limitate di volume.

I sistemi filtranti chiusi vengono preferibilmente applicati quando vi è la possibilità di collegare il sistema filtrante ad un punto di prelievo esistente dell'impianto con sufficiente pressione per ottenere una filtrazione di volumi rappresentativi di campione. La filtrazione diretta consente di ottenere campioni compositi durante il tempo di filtrazione e può processare volumi elevati.

I sistemi di campionamento automatico chiusi sono da preferire per versatilità e rappresentatività dei risultati finali. Un prototipo specifico è stato sviluppato durante il progetto LIFE *Blue Lakes* da parte dell'Università Politecnica delle Marche. Tutte le parti costituenti il sistema sono in acciaio e chiuse evitando o, comunque, minimizzando al massimo le eventuali contaminazioni ambientali esterne. Il sistema è mobile per consentire punti diversi di campionamento.

Il campionamento dei fanghi attraverso filtrazione *in situ* non è applicabile a causa della tipologia di matrice. Occorre, pertanto, recuperare il campione in appositi contenitori e sottoporlo a processamento direttamente in laboratorio.

Processamento dei campioni in laboratorio per l'isolamento delle MP e MF

Una volta raccolti, i campioni di acqua e i rispettivi campioni di bianco vengono filtrati attraverso un sistema di filtrazione sottovuoto. I campioni mantenuti nei contenitori in vetro vengono riposti in una stufa e digeriti fino a quando la soluzione perderà di torbidità, successivamente vengono filtrati sottovuoto su una membrana in cellulosa. Per i campioni di fango, invece, data la complessità della matrice, è necessario effettuare ulteriori fasi di processamento (pre-filtrazione, essiccamento in stufa e prima digestione della materia organica, triturazione e ulteriore digestione, separazione per gradiente di densità).

Identificazione e caratterizzazione delle MP e MF estratte dai campioni

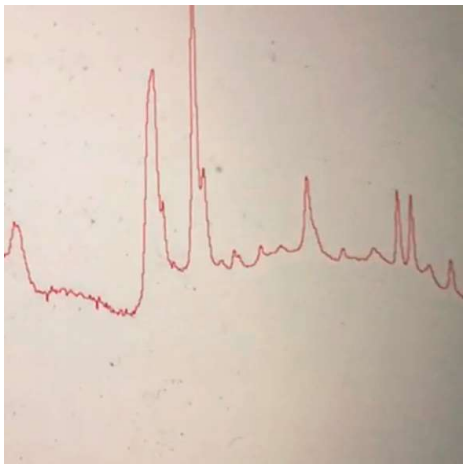
I filtri ottenuti dalla procedura di estrazione vengono esaminati visivamente attraverso l'uso di uno stereomicroscopio: tutte le particelle somiglianti a plastica e le fibre vengono isolate con l'impiego di pinzette e ago montato e trasferite su una membrana filtrante di cellulosa pulita.

Una volta che le MP e le fibre sono state isolate, vengono classificate per forma e colore su un foglio di lavoro, in cui viene registrata successivamente anche la taglia e la tipologia di polimero dopo la caratterizzazione chimica.

Caratterizzazione fisica delle particelle isolate

Le particelle possono essere classificate in base alla forma e al colore come suggerito da Bessa *et al*. (2019, vedere par 2.1). Gli oggetti isolati vengono misurati, registrando la lunghezza massima della particella, utilizzando un *software* di analisi delle immagini. Vengono identificate delle classi dimensionali principali (5 -1 mm, 1-0.5 mm, 0.5-0.1 mm, 0.1-0.02 mm). L'identificazione polimerica delle particelle isolate viene eseguita mediante spettroscopia infrarossa in Trasformata di Fourier (FT-IR) in modalità di riflettanza totale attenuata (ATR). Uno spettrofotometro FT-IR dotato di accessorio UATR viene utilizzato per analizzare particelle visibili a occhio nudo mentre uno spettrofotometro FT-IR accoppiato a un sistema di microscopia dotato di accessorio micro-ATR (µATR) dovrà essere utilizzato per le particelle non visibili a occhio nudo.

Figura 4 – Esempio di firma spettrale prodotta da spettrofotometro FT-IR



Buone pratiche per il controllo della contaminazione esterna

Durante tutte le fasi di campionamento e processamento dei campioni (acqua e fango), devono essere adottate appropriate misure di prevenzione per controllare la contaminazione esterna da MP e

soprattutto da MF. Si consiglia di indossare guanti in nitrile, vestiti in cotone e camice da laboratorio; utilizzare, quando è possibile, strumenti in vetro e metallo, precedentemente sciacquati con acqua deionizzata, puliti con aria compressa e coperti da fogli di alluminio, che vengono mantenuti anche nelle fasi successive al campionamento (risospensione, decantazione e filtrazione). Nel caso in cui venissero utilizzati strumenti o parti di essi in materiale plastico, questi devono essere caratterizzati chimicamente in modo da confrontare la tipologia del materiale con le MP estratte dal campione, per una revisione dei risultati. Si sottolinea l'importanza di eseguire dei campioni di bianco come descritto nei paragrafi precedenti: è preferibile effettuare un campione di bianco per ogni campione reale.

Elaborazione e presentazione dei risultati

Le proprietà delle particelle registrate in fase di caratterizzazione vengono riportate per l'elaborazione dei dati quantitativi e qualitativi. Vengono considerate microplastiche solo le particelle e le fibre di natura sintetica e di dimensione inferiore ai 5 mm. Se nei campioni vengono riscontrate particelle o fibre uguali per forma, colore e polimero a particelle o fibre ritrovate nei bianchi, vengono eliminate dal conteggio.

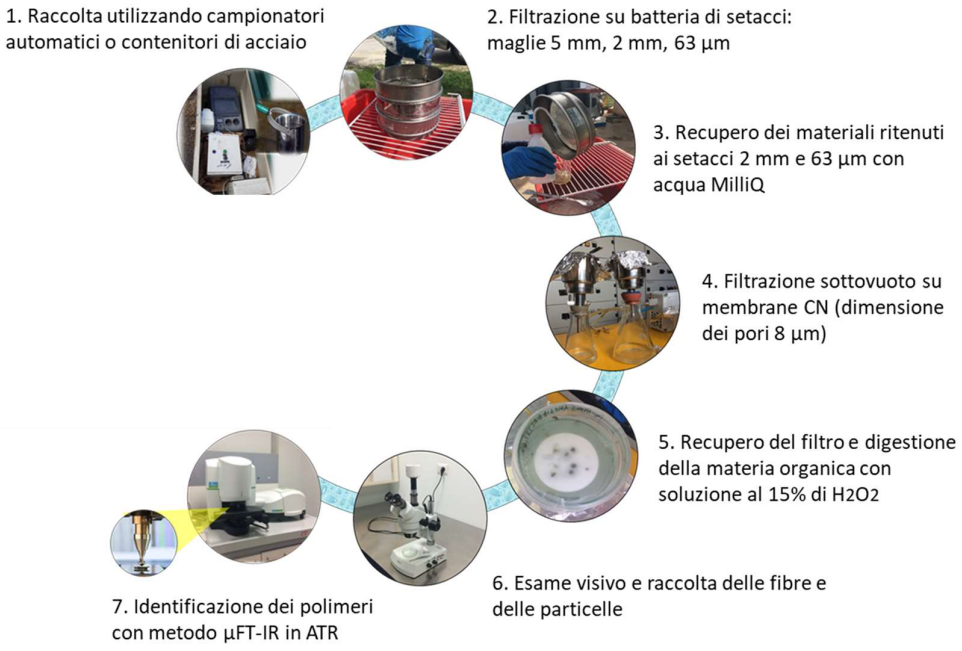
I dati di quantificazione sono espressi come numero di particelle estratte su litro (L) o su m^3 o su grammo (g) di campione in base alla tipologia della matrice analizzata.

I dati di caratterizzazione fisica e chimica sono espressi come contributo percentuale (frequenze) di ogni forma, classe dimensionale, colore e polimero sul totale di MP estratte.

Si suggerisce di elaborare e mostrare il dato relativo alle microfibre di origine naturale come segue:

- Numero di MF estratte su litro (L) o su m^3 o su grammo (g) in base alla tipologia della matrice analizzata, considerando sia quelle di origine sintetica che naturale.
- Contributo percentuale di MF naturali rispetto a MF sintetiche sul totale delle MF caratterizzate.

Figura 5 – Fasi del protocollo tecnico per gli impianti di potabilizzazione e di depurazione per acque reflue urbane



3.3. La Carta del lago

La Carta del Lago è un impegno volontario degli *stakeholder* pubblici e privati che operano nelle aree lacustri finalizzato ad adottare una serie di misure normative, di *governance* e di sensibilizzazione, volte a ridurre il problema delle microplastiche nei laghi. La definizione di questo strumento volontario è stata effettuata, nel corso del progetto, attraverso un percorso partecipato con tutti gli *stakeholder (Enti e istituzioni con competenze nella gestione del territorio e del lago, operatori economici, turistico-ricettivi in particolare, terzo settore, settore ricreativo, sportivo, del tempo libero, dell'agro-alimentare e i residenti del territorio)* di tre casi pilota italiani: i laghi di Garda, Bracciano e Trasimeno[8]. Un'attività analoga è stata svolta in Germania dai partner Global Nature Fund e Lake Constance Foundation, presso i laghi Costanza e Chiemsee.
Per ogni lago pilota è stata redatta una specifica Carta del Lago che tiene conto delle peculiarità e criticità a livello locale. I documenti, pertanto, sono stati sviluppati in coerenza con il contesto territoriale, sociale e amministrativo locale e in linea con le politiche, i piani, i programmi e gli altri strumenti già operanti sui territori.

In linea con la Strategia Europea per le Plastiche nell'Economia Circolare[9], la Carta del Lago raccoglie indicazioni condivise ed impegni concreti volti a ridurre la minaccia costituita dalle microplastiche all'ecosistema dei laghi e a migliorare la qualità della vita delle comunità lacustri.

La Carta del Lago individua gli ambiti strategici prioritari, gli obiettivi specifici e le azioni che ogni attore locale può sviluppare autonomamente o attraverso l'organizzazione che rappresenta. Gli ambiti strategici individuati, attraverso il percorso partecipativo, sono i cardini operativi delle Carte del Lago, per i quali è prioritaria un'azione coordinata ed efficace multilivello, come riportato in (Tabella 5).

Tabella 5 – Ambiti strategici delle 3 Carte del Lago

Ambiti strategici prioritari	Obiettivi e azioni specifiche	Bracciano	Garda	Trasimeno
CAMBIAMENTO	Promuovere una gestione accorta delle risorse e dei rifiuti attraverso la responsabilizzazione	✓		
CONOSCENZA	Completare la conoscenza al riguardo alle MP	✓	✓	
MANUTENZIONE E INQUINAMENTO	Agire direttamente sull'inquinamento lacustre e sulle attività di manutenzione del lago			✓
PARADIGMA	Sostenere il cambio di paradigma nell'utilizzo della plastica		✓	✓
REFLUI	Migliorare la gestione delle acque di scarico		✓	
SENSIBILIZZAZIONE	Migliorare l'informazione e la prevenzione	✓	✓	✓
UNIONE E COORDINAMENTO	Promuovere le opportunità per coordinare i processi di gestione del lago	✓	✓	✓
3R	Migliorare il Recupero, il Riutilizzo e il corretto smaltimento dei Rifiuti		✓	✓

Gli obiettivi identificati per ciascun ambito strategico si concretizzano mediante diverse azioni da realizzarsi attraverso l'impegno degli attori territoriali, i quali, durante il percorso partecipativo iniziale manifestano volontà ed interesse. Le Carte del Lago riportano infatti la descrizione di ogni singolo obiettivo, il riferimento agli interlocutori a cui questa attività si rivolge prioritariamente, le attività già in essere in linea con questo ambito di azione, le azioni che si potrebbero attivare per concretizzare

[8] Per approfondire è possibile accedere alla Carta del Lago di Bracciano, alla Carta del Lago di Garda e alla Carta del Lago Trasimeno attraverso il sito di progetto (https://lifebluelakes.eu/documenti/).

[9] Commissione Europea. 2018. Strategia Europea per le Plastiche nell'Economia Circolare. https://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF

l'obiettivo, e le organizzazioni che hanno manifestato l'interesse a prendere un impegno per la realizzazione delle attività[10].

Lo strumento della Carta del Lago non è da intendersi sostitutivo, bensì preparatorio, a quello del Contratto di Lago che, al pari del Contratto di Fiume (Art. 68 Bis del D.Lgs. 152/2006), resta il riferimento ufficiale per la definizione e l'attuazione degli strumenti di programmazione strategica che perseguono la tutela, la corretta gestione delle risorse idriche e la valorizzazione dei territori.

[10] Ad esempio, all'interno dell'ambito strategico REFLUI, la Carta del Lago di Garda identifica due obiettivi; il primo di questi "*Stimolare investimenti per interventi di miglioramento degli impianti di trattamento delle acque e della rete di scarico e degli scarichi a lago*" vuole: favorire la normazione delle microplastiche nonché l'evoluzione e rinnovamento della struttura del Collettore del Garda in modo che sia un impianto sicuro, che non scolmi a lago se non in rari casi e la definitiva rimozione delle tubature sublacuali nonché focalizzare le azioni per una gestione delle acque piovane ottimizzata per minimizzare gli eventi di scolmo. L'obiettivo si concretizza attraverso il dialogo con le Amministrazioni locali e con le Imprese di gestione delle risorse che potrebbero concretizzarlo in una serie di attività (Proporre una revisione del progetto del nuovo sistema di collettamento e depurazione; Creare bacini di fitodepurazione; etc.) per le quali vengono indicati gli attori che hanno manifestato interesse allo sviluppo delle stesse.

4. Verso una strategia nazionale in risposta al problema delle microplastiche nelle acque interne

Questo capitolo è dedicato alle proposte del progetto LIFE *Blue Lakes* per rendere operativi gli strumenti elaborati (protocolli e carta del lago) e, più in generale, per ridurre l'immissione di microplastiche negli ambienti lacustri.

4.1. Proposta per l'applicazione operativa del protocollo di monitoraggio delle microplastiche nei corpi idrici

Il protocollo di monitoraggio delle microplastiche nei corpi idrici, elaborato dal progetto LIFE *Blue Lakes*, fornisce un contributo fondamentale verso lo sviluppo e condivisione di metodologie armonizzate per la progettazione e attuazione di un programma di monitoraggio stagionale delle microplastiche, funzionale alle autorità di gestione responsabili della qualità delle acque dolci e di quadri politici comunitari.

Il Protocollo è stato condiviso con il Centro Nazionale per la rete nazionale dei laboratori (CN-LAB) di ISPRA, e si sta valutando una successiva condivisione a livello di Sistema nazionale protezione ambiente (SNPA) sia del Protocollo, sia dei risultati finali delle due annualità di monitoraggio stagionale svolte all'interno del progetto LIFE *Blue Lakes*.

Si ritiene che l'entrata a regime del protocollo possa avvenire attraverso fasi con tempistiche dilazionate nel tempo.

Una **prima fase**, con un orizzonte temporale di breve-medio termine (entro 2 anni dalla fine del progetto), vuole testare l'operatività del protocollo di monitoraggio attraverso le seguenti azioni:

- integrare le microplastiche come parametro/descrittore nella Rete di Monitoraggio nazionale delle Acque Superficiali già esistente, in modo da ottimizzare la fase di campionamento delle MP con quella prevista per le componenti biologiche da parte del personale tecnico ARPA precedentemente formato;
- testare la fattibilità dello sforzo del suddetto campionamento combinato da parte delle Agenzie Regionali, partendo da una prima selezione di siti di interesse regionale oggetto di studi pregressi e aree pilota di progetti di ricerca;
- comprendere quali soggetti dovrebbero essere coinvolti nell'implementazione del "modello" (Autorità di Distretto, Agenzie Regionali di Protezione Ambientale afferenti al bacino, ENEA nelle sue sedi competenti, Università Politecnica delle Marche, ed eventuali Poli Universitari del territorio di riferimento);
- costituire un *network* istituzionale di supporto per la programmazione e realizzazione delle attività di laboratorio e gestione dati delle campagne proposte nella sopracitata Rete di Monitoraggio, avvalendosi quindi di *facilities* e competenze già presenti a livello territoriale attraverso specifici accordi triennali con Università e Centri di Ricerca;
- testare il modello a scala regionale per quantificare e ridistribuire risorse e funzioni già disponibili e determinare costi aggiuntivi.

La **seconda fase**, con una prospettiva a medio termine (entro 4 anni dalla fine del progetto), si pone l'obiettivo di consolidare quanto fatto nella prima fase individuando soluzioni logistiche che consentano di attuare la centralizzazione delle procedure analitiche senza comprometterne la qualità, con l'obiettivo di sviluppare un numero limitato di centri specializzati sul territorio per contenere le risorse necessarie e, allo stesso tempo, sviluppare grandi competenze. I risultati dei monitoraggi dovranno infatti essere integrati con altre informazioni essenziali per la comprensione del fenomeno microplastiche nel bacino di interesse, tra cui: le dinamiche idrologiche, le caratteristiche morfologiche, climatiche e soprattutto sociali (al fine di comprendere la pressione antropica sui corpi idrici). La raccolta di tutti questi dati non potrà essere delegata ad un solo ente e richiederà idealmente la cooperazione tra diversi attori i quali,

eventualmente, potrebbero creare dei *pool* di *expertise* o centri d'eccellenza condivisi e operativi su ampie porzioni di territorio. L'eventuale creazione di centri d'eccellenza specializzati, proposta emersa durante gli incontri con gli *stakeholder*, (vedere Tabella 1) permetterebbe inoltre un efficientamento dei processi, costi di analisi, condivisione di competenze.

Attraverso un coordinamento delle AdBD e la supervisione di ISPRA, si vorrebbe mettere in pratica un modello sinergico descritto come "*Rete di monitoraggio MP Acque Interne*" attraverso l'attivazione di circuiti interlaboratoriali di servizi e di studi a livello di distretto idrografico tra gli enti pubblici di ricerca, agenzie regionali, associazioni e aziende produttrici di strumentazione analitica e sviluppo *software*.

4.2. Proposta per l'applicazione operativa del protocollo tecnico per le infrastrutture del servizio idrico urbano

Il protocollo di campionamento e caratterizzazione delle microplastiche per le infrastrutture del servizio idrico urbano, sviluppato nel corso del progetto LIFE Blue Lakes, si è basato sull'analisi della letteratura tecnico-scientifica di settore e sulle evidenze sperimentali riscontrate, oltre che sulle competenze e sulle esperienze acquisite dal gruppo di ricerca dell'Università Politecnica delle Marche. In questo modo, il protocollo elaborato può essere implementato nelle procedure di gestione esistenti negli impianti di potabilizzazione e depurazione, dato che le operazioni di campionamento e pre-processamento possono essere effettuate anche da personale formato in sito e che le metodologie sono state sviluppate per essere facilmente adattabili anche a diverse esigenze impiantistiche. Il protocollo di campionamento ed analisi necessita di essere valutato e testato nelle procedure operative aziendali, differenziando le specifiche finalità (conteggio complessivo, differenziazione MP e MF, diversificazione granulometrica, riconoscimento delle diverse tipologie di polimeri).

Ad oggi, il protocollo è stato presentato, durante corsi di formazione, ad alcuni gestori del SII. E' necessario prevedere, nei prossimi anni, percorsi formativi per gli operatori aziendali, sia quelli che realizzano il campionamento che quelli che effettuano analisi e caratterizzazione, sul modello dei corsi realizzati nel corso del progetto LIFE *Blue Lakes*.

In ottica di affidabilità dei dati rilevati e della confrontabilità tra i diversi impianti, dovrà essere verificata l'acquisizione, negli impianti, dei sistemi più opportuni di campionamento e, nei laboratori aziendali, della strumentazione necessaria per la corretta quantificazione delle MP.

Il protocollo dovrà essere validato anche per ottenere risultati di caratterizzazione a supporto della costruzione di una solida base dati, che permetta di stabilire, su scala aziendale o di impianto, i valori tipici e sito-specifici di MP nei diversi flussi del SII. In questo senso, il protocollo andrà testato in impianti di riferimento in base alle specifiche tipologie aziendali.

Sarà necessario definire come far interagire il protocollo *Blue Lakes* con i Piani di sicurezza dell'Acqua (*Water Safety Plan* – WSP) dei gestori e con i nuovi protocolli che verranno emanati entro il 12 Gennaio 2024 da parte della Commissione Europea e del Centro Nazionale per la Sicurezza delle Acque, come riportato nel nuovo Decreto Legislativo di recepimento nazionale n.18 del 23 febbraio 2023 (GU n.55 del 6-3-2023).

Il monitoraggio periodico delle MP potrà quindi essere inserito tra le misure adoperate dall'azienda ed incluse come misura generica di monitoraggio nei WSP aziendali, anche in linea con quanto previsto nella nuova direttiva europea per le acque potabili (UE 2020/2184) e nel relativo Decreto Legislativo n.18 del 23 febbraio 2023. I risultati permetteranno anche di attuare, qualora ritenuto necessario, opportune azioni di mitigazione. Tuttavia, per supportare il completo inserimento del parametro MP nei WSP, oltre al monitoraggio, sarà necessario anche acquisire nel tempo i risultati, ad oggi del tutto incompleti, relativi ad apposite quantificazioni tossicologiche che individuino valori soglia di riferimento a supporto della finalizzazione dell'analisi di rischio.

4.3. Le proposte per nuove policy

Implementazione e attuazione delle normative e regolamenti europei

Il primo aspetto è sicuramente la corretta, tempestiva e virtuosa implementazione delle normative e regolamenti della Commissione Europea, che sta lavorando molto dal punto di vista legislativo sul tema, sebbene spesso il nostro Paese recepisca con tempi troppo lunghi le norme emanate. Ci si riferisce in particolar modo all'attuazione delle seguenti normative:

- Direttiva (UE) 2019/904 sulla riduzione dell'incidenza di determinati prodotti di plastica sull'ambiente, recepita con il D. Lgs. 196/2021, ma non ancora operativa a tutti gli effetti;
- Direttiva 2020/2184 sulla qualità delle acque destinate al consumo umano, di recente adozione nell'ordinamento italiano (D.Lgs. 18/2023), che considera le microplastiche come inquinanti emergenti da monitorare e controllare,
- revisione della Direttiva sulle acque reflue urbane (Direttiva 91/271/CEE), che includerà anche l'inquinamento da MP,
- legge di iniziativa nazionale Salvamare (L. n. 60/2022) che contiene "d*isposizioni per il recupero dei rifiuti in mare e nelle acque interne e per la promozione dell'economia circolare*" per la cui applicazione si stanno aspettando anche i decreti attuativi.
- Per finire, si richiama l'attenzione sull'entrata in vigore della *Plastic Tax*, rimandata a più riprese dal 2020.

Le microplastiche dovrebbero essere considerate elemento di valutazione della qualità delle acque, incluse negli elenchi di controllo per le acque superficiali (e sotterranee, con la revisione della Direttiva 2006/118/CE), e dovrebbero essere monitorate non appena saranno individuati, a livello comunitario, metodi adeguati per farlo. La Direttiva Acque è in fase di revisione con alcune significative implicazioni rispetto al tema delle microplastiche, come la Direttiva Acque Potabili, la Direttiva Acque Reflue Urbane ed altre importanti direttive figlie. Vale la pena evidenziare che la proposta in discussione prevede l'ampliamento della lista delle famiglie di inquinanti dell'allegato VIII ("elenco indicativo dei principali inquinanti"), con l'aggiunta di microplastiche, microorganismi e geni di resistenza antimicrobica.

La Commissione Europea sta ora lavorando su altre iniziative importanti, tra le quali un regolamento per l'aggiornamento della Direttiva 94/62/CEE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio, la proposta di restrizione delle microplastiche intenzionalmente aggiunte nei prodotti immessi sul mercato europeo per evitarne o ridurne il rilascio nell'ambiente, il riesame del Regolamento 2019/2023, che stabilisce specifiche per la progettazione ecocompatibile delle lavatrici per inserire regole specifiche volte a contenere la fuoriuscita di MP (riesame previsto per il 2025). Tali iniziative, se non precedentemente anticipate, dovranno essere recepite in modo rapido e virtuoso a livello nazionale. In particolare ulteriori iniziative legislative e di regolamentazione dovrebbero essere rivolte a definire *target* di riduzione per il rilascio di MP dagli impianti di riciclaggio nella fase di triturazione dei rifiuti per raggiungere l'annullamento delle emissioni di microparticelle di plastica, come si sta cercando di fare con il rilascio di *pellet* in plastica; iniziativa questa che dovrebbe essere promossa e allargata a tutte le industrie che maneggiano questo tipo di prodotti e che si trovano nei territori dell'entroterra, non solo sulle coste.

Tra le ultime novità, il 16 febbraio scorso il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) ha avviato una procedura di consultazione pubblica per lo schema di decreto finalizzato a recepire, nel settore della moda in Italia, il concetto di Responsabilità Estesa del Produttore precedentemente introdotto dalla Direttiva (UE) 2018/851. Tra gli obiettivi centrali del decreto c'è la sostenibilità dei prodotti, nonché "una progettazione degli stessi e dei loro componenti volta a ridurre gli impatti ambientali e la generazione dei rifiuti", che comprende l'eliminazione di componenti e sostanze pericolose, con riferimento anche alle microplastiche rilasciate nell'ambiente (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2023).

L'implementazione della normativa deve tenere conto che:

- lo sviluppo di standard tecnici è un supporto necessario alla definizione di una normativa implementabile[11];
- è importante essere consistenti nell'utilizzo di definizioni e misure, allineandosi con la ricerca e le altre esperienze, al fine di costruire una base comune. La difficoltà e anche la necessità di armonizzare derivano dalla varietà nelle forme, dimensioni, materiali delle MP;
- potrebbe essere adottata/sarebbe auspicabile adottare la definizione proposta nel 2019 da Hartmann *et al.*

Differenziazione settoriale

In sinergia con le disposizioni già illustrate sopra, si ritiene necessario implementare delle azioni normative per specifici settori.

Per quanto riguarda gli **impianti di trattamento delle acque reflue**, pur svolgendo questi un ruolo di trattenimento delle microplastiche e sebbene non siano stati progettati per trattare specificatamente le MP, si ritiene importante prevedere, anche grazie all'applicazione del monitoraggio definito dal progetto LIFE *Blue Lakes,* la definizione di norme tecniche impiantistiche e la definizione di limiti allo scarico, così come avviene per altri tipi di inquinanti.

Maggiori definizioni normative di *command and control*, ma anche incentivanti, si rendono necessarie per i molteplici comparti produttivi industriali generatori di microplastiche. In particolare, alla luce delle evidenze sulla rilevante **presenza di fibre tessili sintetiche nei reflui e nei corpi idrici,** si ritiene fondamentale stimolare il legislatore europeo e italiano a non limitare l'attenzione alle norme tecniche per le lavatrici domestiche ma di sviluppare analoghe azioni per le lavatrici industriali, in modo da sottoporle a periodici monitoraggi, con norme e limiti allo scarico. Connesso al tema dei lavaggi e quindi al **rilascio di fibre** sintetiche, è necessario stimolare l'opinione pubblica attraverso una chiara etichettatura con informazioni tecniche sulla tipologia di tessuto e lavaggio migliore da effettuare. Questo potrebbe essere un utile sistema sia per sensibilizzare sia per cercare di ridurre il carico di MP rilasciate nei lavaggi.

Come evidenziato da alcuni ricercatori intervistati nel corso della costruzione di questo libro bianco, il **settore dell'agricoltura** non è esente dal rilascio di microplastiche in ambiente. È necessario avviare un percorso di maggiore consapevolezza per un corretto smaltimento dei prodotti plastici utilizzati in agricoltura o per l'uso di prodotti alternativi.

Infine, parallelamente al lavoro di **prevenzione**, si propone di incentivare, l'installazione di barriere che intercettano i macro-rifiuti lungo i fiumi, in modo da evitare il loro deterioramento a dimensioni troppo piccole per essere raccolte.

Sensibilizzazione

Si rende necessario incorporare il tema dell'inquinamento da plastica, incluso da MP, nei **programmi scolastici,** sia da un punto di vista scientifico che da un punto di vista di educazione civica. A questo proposito quanto previsto sulla legge Salva mare (L. 60/2022) potrebbe rappresentare sicuramente un buon punto di partenza. Le campagne scientifiche che permettono il coinvolgimento dei cittadini (***citizen science***) sono importanti e da implementare per coinvolgere ed educare, approntando un contributo alla ricerca. Necessario continuare con la sensibilizzazione attraverso campagne di comunicazione che devono raggiungere un pubblico sempre più ampio, sui principali temi relativi all'inquinamento da plastica (riduzione del consumo, riuso e riparazione degli oggetti, corretto uso e raccolta di oggetti in plastica biodegradabile, compostabile e riciclabile). Sarebbe utile includere messaggi nella segnaletica

[11] Tenendo conto anche dell'obiettivo di standardizzare le tecniche di campionamento e analisi delle MP, è necessario prendere in esame gli standard a livello internazionale; tra questi vi è l'ISO/CD 5667-27.2 *Water quality — Sampling — Part 27: Sampling for microplastic particles and fibres in water*.

lungo i fiumi e sui litorali per prevenire la dispersione dei rifiuti e sulle conseguenze dell'inquinamento da plastica.

Network e condivisione

Le Carte dei Laghi, sviluppate per i laghi di Garda, Bracciano e Trasimeno, devono essere esportate agli altri laghi italiani, coinvolgendo i vari attori in modo da mettere in campo azioni, norme, regolamenti comuni quanto più condivisi. Anche la pratica della messa in rete e condivisione delle buone pratiche con risvolti positivi può essere un passo importante per la diffusione di norme e comportamenti efficaci.

Interconnessione tra scienza e politica

Grazie alle analisi e alla comparazione dei risultati ottenuti dalle azioni di monitoraggio è possibile pianificare ed attuare azioni di mitigazione mirate ed efficaci nelle aree investigate. I monitoraggi scientifici che si avvalgono di protocolli standardizzati sono necessari per ottenere informazioni specifiche sull'abbondanza e distribuzione dei rifiuti nell'ambiente acquatico (macro e micro, ad esempio) nei diversi comparti ambientali (litorali, superficie, colonna d'acqua, fondali). L'utilizzo di tali protocolli condivisi durante i monitoraggi permette inoltre la comparazione dei dati raccolti nelle diverse aree di campionamento da parte dei diversi enti coinvolti (Università, Enti di ricerca, Agenzie di protezione ambientale, ad esempio).

5. Conclusioni

Il Libro Bianco dei Laghi rappresenta un contributo per affrontare il problema delle microplastiche nelle acque interne, fornendo informazioni sullo stato dell'arte, le azioni intraprese dal progetto LIFE *Blue Lakes* nonché le proposte per un monitoraggio e gestione innovativi ed efficaci condivisi da molteplici *stakeholder*.

È importante sottolineare che la ricerca scientifica sulle microplastiche è ancora in fase di approfondimento, le indagini sulla loro presenza nelle acque interne italiane sono limitate solo ad alcuni corpi idrici. Inoltre, la mancanza di metodi standardizzati di monitoraggio rende difficile l'immediata comparazione dei risultati. È quindi necessario arrivare ad una **definizione condivisa[12] delle procedure di monitoraggio** per conoscere meglio la reale presenza di microplastiche in ambiente. Inoltre è fondamentale **mettere in atto azioni di contrasto** per ridurre l'immissione di MP nell'ambiente ed adeguarsi alle normative europee ad oggi in evoluzione, a pari passo con le nuove evidenze scientifiche.

A questo scopo il progetto LIFE *Blue Lakes* è pioniere grazie alla presentazione di ben due proposte standard di monitoraggio (nelle acque superficiali e nel sistema idrico integrato), condivise con tutti gli attori del territorio e della gestione delle risorse idriche. A questi si affiancano azioni di *governance*, campagne di sensibilizzazione e formazione degli attori locali.

Si può quindi applicare da subito quanto proposto dal progetto in azioni anche pilota negli strumenti esistenti di pianificazione e programmazione relativi alla gestione delle risorse idriche.

I risultati degli incontri svolti con stakeholder hanno evidenziato l'importanza del miglioramento dei processi di monitoraggio, affinché possano adeguarsi alle vigenti normative, tenendo in considerazione la fattibilità e la sostenibilità economica nel lungo termine per gli attori che dovranno poi sostenere le analisi.

A seguito delle interviste, in funzione delle tipologie di acque monitorate e dell'ente interessato, **emergono due maggiori criticità:** la prima riguarda l'analisi dei corpi idrici superficiali, che essendo caratterizzati da contesti geografici e idrologici differenti richiedono la raccolta propedeutica di dati addizionali meteo-climatici e idrologici. È dunque emersa la necessità di collaborazione tra diverse *expertise*. Soltanto sulla base di queste collaborazioni, per le quali sarà necessario definire un'area di intervento ottimale, sarà possibile produrre banche dati utili sul lungo termine per l'avanzamento della conoscenza del problema microplastiche a livello nazionale.
La seconda criticità riguarda il monitoraggio delle acque gestite dagli attori del Servizio Idrico Integrato, non sono infatti ancora disponibili stime di costo omogenee, tempistiche e frequenza delle analisi richieste e della compatibilità con l'attuale sistema di gestione. Ulteriori studi di fattibilità sono dunque necessari in questo contesto. Inoltre, gli attori del settore privato e dell'industria che hanno partecipato al progetto LIFE *Blue Lakes* sono stati minoritari: una tale bassa rappresentanza evidenzia il bisogno di segnali forti da parte dei *policy-maker* di voler affrontare il problema delle MP con un approccio più integrato, processo al quale questo libro bianco partecipa.

Al contrario, grazie al confronto con altri attori pubblici attivi sul problema microplastiche, si è riscontrato che il protocollo realizzato nell'ambito del progetto LIFE *Blue Lakes* ben si integra con altri esistenti (tra

[12] Dalle interviste effettuate nell'ambito del progetto LIFE *Blue Lakes* è emersa non solo la necessità di uniformare gli indicatori, ma anche quella di sviluppare indicatori qualitativi che tengano conto della tipologia, dimensione e forma delle microplastiche. A tal riguardo, si ritiene necessario favorire la ricerca scientifica in questa direzione. Un primo passo è stato fatto dalla proposta di protocollo elaborata dai partner del progetto LIFE *Blue Lakes*, il quale supera gli standard d'analisi della Direttiva Europea *Marine Strategy*, includendo nel processo d'analisi l'identificazione della composizione delle microparticelle tramite spettroscopia.

cui quello dell'Istituto Superiore della Sanità per le acque devolute al consumo umano o il protocollo di Regione Lombardia,Tartari *et al.*, 2020), con i quali si possono creare interessanti sinergie, lasciando spazio ad ulteriori ricerche e collaborazioni. In futuro la ricerca dovrà estendere i protocolli ad altri contesti, tra cui il monitoraggio dei sedimenti nei fondali, le fonti aeree e la gestione dei fanghi di depurazione.

Riferimenti

Bibliografia

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, 2020. Manta River Project. Le microplastiche nel fiume Po: risultati prima sperimentazione. Presentazione Novembre 2020. Link Visitato il 13 Marzo 2023.

Barboza, L., Gimenez, B., 2015. Microplastics in the marine environment: Current trends and future perspectives. *Marine Pollution Bulletin*, 97, 5-12

Binelli A., Pietrelli L., Di Vito S., Coscia L., Sighicelli M., Della Torre C., Parenti C.C., Magni S., 2020. Hazard evaluation of plastic mixtures from four Italian subalpine great lakes on the basis of laboratory exposures of zebra mussels. Science of the Total Environment.

Binelli, A., Magni, S., Negrini, B., 2021. *Microplastiche a Milano: scienza e conoscenza. Principali risultati di un gruppo di ricerca italiano.* Fondazione AquaLAB.

Blue Lakes, 2022. Microplastiche nei laghi. Comunicato stampa: Piediluco, 12 luglio 2022.

Brennholt, N., Heß, M., & Reifferscheid, G., 2018. Freshwater microplastics: challenges for regulation and management. Freshwater Microplastics: Emerging Environmental Contaminants?, 239-272.

Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. Environmental science & technology, 45(21), 9175-9179.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011, Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Mar Pollut Bull*., 62(12), 2588-97.

Da Costa, J. P., Santos, P. S., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T.,2016. (Nano) plastics in the environment–sources, fates and effects. Science of the total environment, 566, 15-26.

de Carli, A., Zanini, S.F., 2021. Gli impatti economici delle microplastiche. Rassegna della letteratura sui costi delle azioni per limitare l'immissione delle microplastiche in ambiente. Fondazione AquaLab.

Duis, K., Coors, A., 2016. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(2).

Commissione europea, 2019. Commission Staff Working Document Evaluation of the Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991, concerning urban waste-water treatment. SWD (2019) 700 final PART 1/2. Brussels, 13 December 2019.

Commissione europea, 2022. Commission Staff Working Document Executive Summary of The Impact Assessment Report Accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council concerning urban wastewater treatment (recast). SWD(2022) 544 final. Brussels, 26 October 2022.

European Investment Bank, 2023. Microplastics and micropollutants in water: Contaminants of emerging concern. Link. Visitato il 20 Aprile 2023.

Falcieri, M. F., Laforsch, C., Piehl, S., Ricchi, A., Atwood, E. C., Carniel, S., & Sclavo, M., 2017. Circulation and microplastic dispersion in the Chiemsee (Germany) investigated with numerical modeling. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 13153).

Faure, F., Demars, C., Wieser, O., Kunz, M., & De Alencastro, L. F., 2015. Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants. *Environmental chemistry*, *12*(5), 582-591.

Galafassi, S., Nizzetto, L., & Volta, P., 2019. Plastic sources: A survey across scientific and grey literature for their inventory and relative contribution to microplastics pollution in natural environments, with an emphasis on surface water. *Science of the Total Environment*, *693*, 133499.

Galafassi, S., Sighicelli, M., Pusceddu, A., Bettinetti, R., Cau, A., Temperini, M. E., Gillibert, R., Ortolani, M., Pietrelli, L., Zaupa, S. and Volta, P., 2021. Microplastic pollution in perch (Perca fluviatilis, Linnaeus 1758) from Italian south-alpine lakes. *Environmental Pollution*, *288*, 117782.

Global Administrative Areas, 2012. *GADM database of Global Administrative Areas*, version 2.0. URL: www.gadm.org.

Tartari G., Bergna G., Lietti M., Rizzo A., Lazzari F. e Brioschi C. (a cura di), 2020. *Inquinanti Emergenti*, Lombardy Energy Cleantech Cluster, Milano. 249 pp.

Hann, S., Sherrington, C., Jamieson, O., Hickman, M., Kershaw, P., Bapasola, A., & Cole, G. 2018. Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products. *Final Report. London/Bristol*.

Hartmann N.B., Hüffer T., Thompson R.C., Hassellöv M., Verschoor A., Daugaard A.E. Rist S., Karlsson T., Brennholt N., Cole M., Herrling M.P., Hess M.C., Ivleva N.P., Lusher A.L., Wagner M., 2019. Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. Environ Sci Technol, 53(3),1039-1047.

HydroLaKES - Messager, M.L., Lehner, B., Grill, G., Nedeva, I., Schmitt, O., 2016. Estimating the volume and age of water stored in global lakes using a geo-statistical approach. *Nature Communications*, 7, 13603.

Imhof, H. K., Ivleva, N. P., Schmid, J., Niessner, R., & Laforsch, C., 2013. Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current biology*, *23*(19), R867-R868.

Istituto Superiore di Sanità, 2021. Strategie di campionamento di microplastiche negli ambienti acquatici e metodi di pretrattamento. Rapporti ISTISAN Febbraio 2021.

Istituto Superiore di Sanità, 2022. Microplastiche nelle acque potabili, 'call to action' per i contributi italiani alle azioni europee. Ufficio stampa, news. Link. Visitato il 27 Aprile 2023.

Kershaw, P. J., & Rochman, C. M., 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. *Reports and Studies-IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) Eng No. 93*. Legambiente, La Goletta dei Laghi - Campagna 2019. Comunicato stampa 29 giugno 2019

Magni S., Binelli A., Pittura L., Avio C.G., Della Torre C., Parenti C.C., Gorbi S., Regoli F., 2018. The fate of microplastics in an Italian Wastewater Treatment Plant. Science of The Total Environment, Pages 602-610.

Magni S., Nigro L., Della Torre C., Binelli A., 2021. Characterization of plastics and their ecotoxicological effects in the Lambro River (N. Italy). Journal of hazardous materials, 412, 125204-125204.

OIKOS, 2022. Ma cos'è la plastica. Report Istituto OIKOS. Link Visitato il 15 Marzo 2023.

Repubblica e Cantone Ticino (2023). Sito e report campagna: Microplastiche nelle acque dolci. Link report, Link sito. Visitati il 26 Febbraio 2023.

SAM, 2018. Microplastic Pollution. The Policy Context - Background Paper. The Scientific Advice Mechanism Unit of the European Commission.

Sighicelli, M., Pietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., Di Vito, S., Nuglio, S. & Zampetti, G., 2018. Microplastic pollution in the surface waters of Italian Subalpine Lakes. *Environmental Pollution*, 236, 645-651.

Scudo *A.*, Liebmann, B., Austria, V., Corden, C. & Tyrer, D., 2017. *Intentionally added microplastics in products - Final report of the study on behalf of the European Commission*. Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Limited.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., McGonigle, D., & Russell, A. E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, *304*(5672), 838-838.

Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbens, J., & Janssen, C. R. 2015. Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. *Marine environmental research*, *111*, 5-17.

Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C., & Galloway, T. S., 2013. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*, *23*(23), R1031-R1033.

Sitografia

Provincia Autonoma Bolzano-Alto Adige, 2022. Link. Visitato il 28 Febbraio 2023.

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2023). Link. Visitato il 15 Aprile 2023.