

I microinquinanti organici e le microplastiche nel ciclo integrato delle acque

I microinquinanti emergenti di origine antropica in acque reflue e acque dolci superficiali sono oggetto di numerosi studi per comprendere gli effetti su ecosistemi e salute umana e per identificare tecnologie idonee a rimuoverli. Per contribuire ad ampliare lo stato di conoscenze sulla diffusione delle MPs, ENEA ha condotto attività sperimentali presso impianti di trattamento con caratteristiche differenti per quanto riguarda quantità e tipologia di reflui trattati e per i processi impiegati nel trattamento.

DOI 10.12910/EAI2023-013

di **Roberta Guzzinati, Simone Busi, Stefania Casu, Carmela Maria Cellamare, Luigi Petta**, Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui; **Maria Sighicelli, Patrizia Menegoni, Francesca Lecce**, Laboratorio di Biodiversità e Servizi Ecosistemici - ENEA

La tutela della risorsa idrica dall'inquinamento legato a sostanze di origine antropica rappresenta una delle principali sfide da affrontare per salvaguardare ambiente e salute umana. In tale contesto, una posizione di rilievo è occupata dallo studio della distribuzione di microinquinanti emergenti (MIE) nelle acque reflue e nelle acque dolci superficiali.

I MIE comprendono un ampio numero di composti di origine sintetica o naturale presenti in traccia nelle acque (concentrazioni di ng/L). Queste sostanze mostrano una certa mobilità all'interno dei vari comparti ambientali e possono avere la tendenza ad accumularsi, **diventando una potenziale fonte di pericolo per l'uomo e l'ecosistema**. Comprendono composti persistenti, biologicamente attivi, di nuova generazione o di recente utilizzo, ma anche composti già presenti in ambiente da lungo tempo i cui effetti sono stati evidenziati solamente negli ultimi

periodi. Tra i MIE di sintesi rientrano le microplastiche (MPs), categoria rappresentata da ogni tipologia di frammento di materiale plastico avente diametro (o lato più lungo) compreso tra 1 μm e 5 mm.^[1, 2]

Per alcune di queste sostanze non è ancora disponibile un numero sufficiente di dati scientifici che consenta di valutare il rischio di effetti eco-tossicologici in relazione alla concentrazione. Inoltre, allo stato attuale, in particolare per le MPs, non esistono metodiche standardizzate di campionamento e analisi e ciò porta a dover confrontare dati estremamente differenti tra loro.

Ad oggi, questi limiti impediscono che la maggior parte dei MIE rientrino nei programmi di monitoraggio di qualità delle acque a livello comunitario o nazionale per la regolamentazione della concentrazione soglia, sebbene le ultime bozze di revisione delle direttive e delle leggi nazionali di settore ne prevedano l'inserimento tra i parametri di controllo. **La raccolta di dati significa-**

tivi ed informazioni risulta quindi indispensabile per identificare le fonti di emissione e conoscere la distribuzione nei vari comparti ambientali, ai fini della successiva definizione di linee guida per il monitoraggio e di policy adeguate a livello europeo e nazionale, come già evidenziato dalla nuova



Fig. 1: Identificazione morfologica allo stereomicroscopio di una microparticella rinvenuta in un campione di un impianto di trattamento reflui.

Direttiva UE 2020/2184 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano^[3].

Le attività ENEA

Il Laboratorio Tecnologie per l'uso e la gestione efficiente di acqua e reflui del Centro di Ricerche ENEA di Bologna e il Laboratorio di Biodiversità e Servizi Ecosistemici del Centro di Ricerche ENEA Casaccia hanno collaborato per implementare metodiche di campionamento e di analisi di MPs e MIE nella linea acque dei depuratori e nei corpi idrici recettori. I dati ottenuti hanno fornito una stima delle concentrazioni dei contaminanti esaminati e fornito informazioni in merito all'efficacia dei trattamenti di depurazione dei sistemi depurativi analizzati.

Per quanto riguarda il comparto depurativo, sono stati analizzati il destino e il comportamento di MPs e di alcune classi di MIE organici ad esse associati (ftalati e bisfenolo A) all'interno di alcuni impianti di depurazione di acque reflue municipali in scala reale. **Gli impianti di depura-**

zione delle acque di scarico collettano quotidianamente, attraverso la rete fognaria o il dilavamento, grandi volumi di reflui di origine municipale ma anche produttiva, che possono contenere classi di sostanze intrinsecamente legate alle attività umane e industriali. I processi chimico-fisici e biologici che avvengono in questi impianti sono indispensabili per l'abbattimento della sostanza organica e dei nutrienti, ma non sempre sufficienti a degradare altri contaminanti^[4]. La letteratura scientifica riporta che gli impianti di trattamento delle acque reflue, grazie alla presenza di tecnologie convenzionali e innovative, pur essendo in grado di rimuovere molti tra MIE e MPs presenti nei reflui influenti, possono al contempo rappresentare potenziali fonti di immissione in ambiente dal momento che le tecnologie di trattamento applicate non sono specifiche per la loro rimozione^[5]. I MIE e le MPs residui possono quindi raggiungere i corpi idrici superficiali attraverso i cospicui volumi di effluenti in

uscita, oltre che risultare trattenuti nei fanghi di supero prodotti. Relativamente al settore dei corpi idrici, ENEA in questi anni ha maturato una notevole esperienza sul monitoraggio delle MPs nei principali laghi e fiumi italiani, immissari ed emissari lacustri con l'obiettivo di valutare le diverse fonti d'immissione delle MPs nell'ambiente acquatico. I fiumi attraversano ampie porzioni di territorio trasportando ciò che ricevono in termini di rifiuti, mal gestiti a livello urbano o portati dal dilavamento delle acque meteoriche, e di scarichi depurati e no. I depuratori, in particolare, ricevono tutto ciò che proviene direttamente dalle abitazioni, incluse le MPs. In particolare, l'analisi delle MPs raccolte nelle acque a monte e a valle degli impianti di depurazione presenti in importanti fiumi italiani, oggetto di indagini di campagne di monitoraggio, ha evidenziato una differenza tra l'ingresso e l'uscita che può arrivare fino all'80% di particelle/m³.

Per contribuire ad ampliare lo stato di conoscenze sulla diffusione

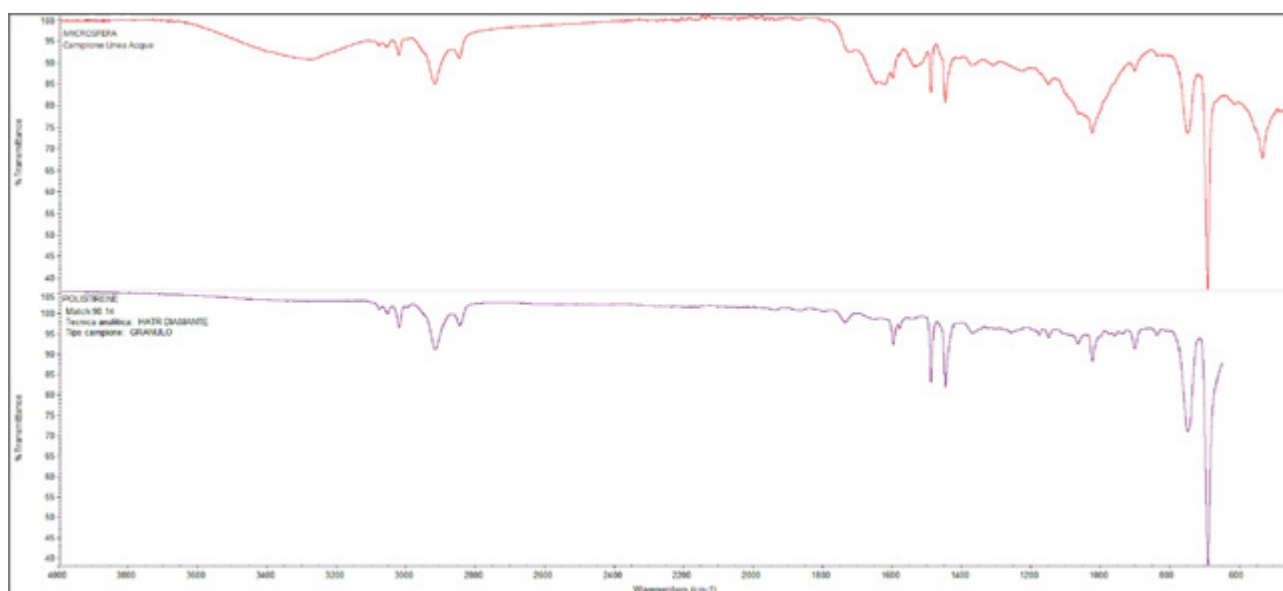


Fig. 2: Identificazione polimerica della microparticella di figura 1 mediante analisi ATR-FTIR.

delle MPs, le attività sperimentali sono state condotte presso impianti di trattamento con caratteristiche differenti sia per quanto riguarda quantità e tipologia di reflui trattati sia per i processi impiegati nel trattamento degli stessi. Il prelievo è stato eseguito in ingresso/uscita degli impianti o a monte/valle di specifiche unità di processo e, parallelamente, nei corpi recettori a monte e a valle di ciascun impianto. È stato così possibile raccogliere dati in merito alla presenza di MPs e MIE e all'efficacia di abbattimento della porzione di impianto testato.

Una strumentazione specifica

Per procedere al campionamento negli impianti di depurazione esaminati, è stata messa a punto una strumentazione specifica per il campionamento finalizzata al prelievo contestuale delle MPs, raccolte per filtrazione mediante una pila di setacci, e delle acque per le analisi dei MIE organici prelevate in uscita dalla stessa pila di setacci mediante contenitori in materiale idoneo. Per il prelievo nei fiumi, sono state utilizzate due tipologie di retini commerciali, Manta e Bongo, rispettivamente per il campionamento stazionario da ponte e quello dina-

mico da imbarcazione. **I campioni raccolti per l'indagine delle MPs sono stati sottoposti a pretrattamenti ossidativi fondamentali per l'eliminazione selettiva di tutta la frazione organica ed inorganica interferente e che, nei reflui di un depuratore, può costituire una parte consistente del materiale presente.** Differenti pretrattamenti ossidativi sono stati testati, in ottica di futura implementazione di una procedura analitica standardizzata. I campioni trattati sono stati successivamente osservati mediante stereomicroscopio, consentendo di effettuare la stima e la classificazione per forma, dimensione e colore del materiale di interesse. Le MPs sono state catalogate in microparticelle e microfibre e la loro concentrazione è stata espressa in Numero di MPs/L e, nel caso dei campioni delle acque superficiali, in MPs/m³.

All'analisi microscopica, è stata affiancata l'analisi polimerica mediante spettroscopia infrarossa con trasformata di Fourier in riflettanza totale attenuata (ATR-FTIR) e micro-FTIR. Tale strumentazione restituisce lo spettro infrarosso della molecola analizzata che viene confrontato con spettri di riferimento di molecole note presenti in libreria, ri-

uscendo a determinare, con una certa percentuale di affinità, la struttura molecolare della particella. Si tratta di una tecnica non distruttiva che risulta particolarmente adatta, grazie all'alta sensibilità nei confronti dei gruppi funzionali e alla rapidità di esecuzione. L'indagine risulta utile in caso di particelle di dubbia composizione e particolarmente abbondanti nel campione. L'identificazione della composizione polimerica ha permesso di ridurre il numero di falsi positivi e di confermare la presenza o meno di determinati tipi di microplastiche (Fig 1 e 2).

La ricerca dei MIE associati alle MPs è stata invece effettuata mediante pre-concentrazione su fase solida (SPE-Offline) e analisi mediante gas-cromatografo interfacciato con detector massa.

I risultati ottenuti hanno confermato la presenza di MIE, in particolare modo di MPs, nelle acque degli impianti di trattamento esaminati. Le concentrazioni rilevate evidenziano una riduzione nelle acque in uscita dall'impianto rispetto all'ingresso, confermando l'efficacia degli impianti di depurazione nel loro abbattimento. **L'efficienza di rimozione delle MPs varia notevolmente a seconda della configurazione di pro-**

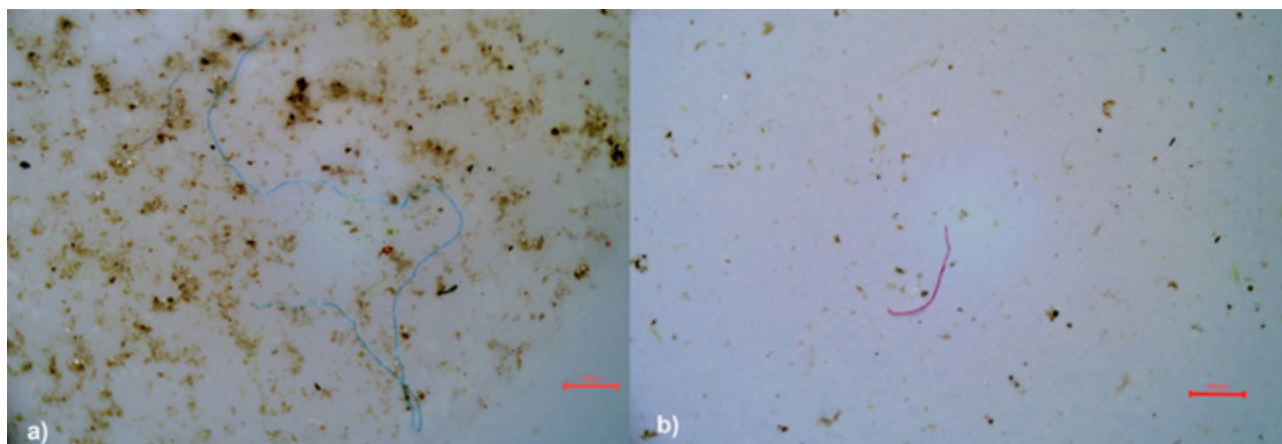


Fig. 3: Campioni a confronto: a) all'ingresso del trattamento terziario, b) all'uscita del trattamento terziario.

cesso applicata e delle specifiche tecnologie impiegate, in particolare si è notato che la presenza di unità di trattamento terziarie influisce notevolmente sulla percentuale di rimozione finale (Fig.3).

Conclusioni

È opportuno precisare che, in linea generale, non esiste una tecnologia adatta a ridurre le concentrazioni

di tutte le tipologie di MIE e MPs essendo questi estremamente differenti e appartenenti a classi con differenti caratteristiche chimico fisiche.

In relazione ad ogni caso specifico è necessario individuare le principali classi di contaminanti presenti nella matrice studiata e adottare i sistemi idonei per ogni tipologia di refluo. In quest'ottica, **la predispo-**

sizione di metodiche analitiche standardizzate, che ne consentano l'identificazione e la quantificazione, e l'up-grade delle tecnologie di depurazione per ottimizzare la rimozione possono contribuire ad aumentare il benessere degli ecosistemi e la salvaguardia della nostra salute.

per info: roberta.guzzinati@enea.it

Bibliografia:

1. Sighicelli, M., Pietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., Zampetti, G. (2018). Microplastic pollution in the surface waters of Italian Subalpine Lakes. *Environmental Pollution*, 236, 645-651.
2. Xu, Z., X. Bai, and Z. Ye (2021), Removal and generation of microplastics in wastewater treatment plants: A review. *Journal of Cleaner Production*, 291: p. 125982.
3. White Paper (2022), Water Europe, Towards a zero-pollution strategy for contaminants of emerging concern the urban water cycle. Brussels.
4. Hidayaturrehman, H. and T.C. Lee, (2019) A study on characteristics of microplastic in wastewater of South Korea: Identification, quantification, and fate of microplastics during treatment process. *Marine Pollution Bulletin*, 146: p. 696-702.
5. Barceló, D. and Y. Picó, (2019), Microplastics in the global aquatic environment: Analysis, effects, remediation and policy solutions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5).